http://cnum.cnam.fr
Conservatoire numérique des Arts & Métiers

Titre général : Etudes sur l'exposition universelle Paris 1878, Annales et archives de l'industrie au XIXe siècle
Auteur : Exposition universelle. 1878. Paris
Titre du volume :

Mots-clés : Exposition universelle (1878 ; Paris)
Description : XVI-600 p. ; 25 cm
Adresse : Paris : Librairie scientifique, industrielle et agricole E. Lacroix, 1878
Cote de l'exemplaire : CNAM 8 Xae 268.3

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE268.3

La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres fins, notamment commerciales, sont soumises à autorisation, et/ou au règlement d'un droit de reproduction.

You may make digital or hard copies of this document for personal or classroom use, as long as the copies indicate *Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*. You may assemble and distribute links that point to other *CNUM* documents. Please do not republish these PDFs, or post them on other servers, or redistribute them to lists, without first getting explicit permission from *CNUM*.

PDF créé le 4/9/2010

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ÉTUDES SUR L'EXPOSITION DE 1878

## TOME III

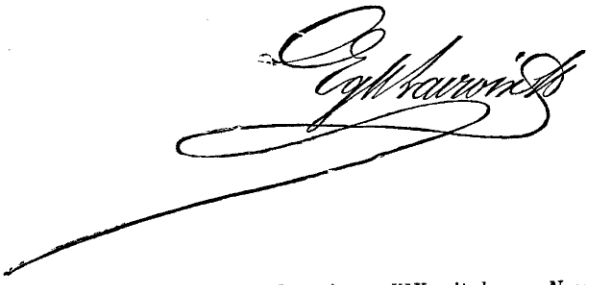
LA MÉTALLURGIE. — LES ARTS TEXTILES.
APPENDICE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous nous réservons le droit de traduire ou de faire traduire cet ouvrage en toutes langues. Nous poursuivrons conformément à la loi et en vertu des traités nternationaux toute contrefaçon ou traduction faite au mépris de nos droits.

Le dépôt légal de cet ouvrage a été fait en temps utile, et toutes les formalités prescrites par les traités sont remplies dans les divers Etats avec lesquels il existe des conventions littéraires.

Tout exemplaire du présent ouvrage qui ne porterait pas, comme ci-dessous, notre griffe, sera réputé contrefait, et les fabricants et les débitants de ces exemplaires seront poursuivis conformément à la loi.



La 1re partie des *Annales et Archives de l'industrie au XIXe siècle*, ou *Nouvelle technologie des arts et métiers*, est composée des *Études sur l'Exposition de 1867*, 8 vol. et un atlas de 250 planches. Prix : br., 80 francs ; rel., 100 francs.

Paris. — Imprimerie et librairie de E. Lacroix, rue des Saints-Pères, 54.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

V 579

8° Xae 268

# ÉTUDES

SUR

# L'EXPOSITION DE 1878

## ANNALES ET ARCHIVES DE L'INDUSTRIE AU XIX$^{e}$ SIÈCLE

(2$^{e}$ PARTIE)

PUBLIÉES PAR MM.

LES RÉDACTEURS DES *ANNALES DU GÉNIE CIVIL*

AVEC LE CONCOURS D'INGÉNIEURS ET DE SAVANTS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS

E. LACROIX

Chevalier de la Légion d'honneur. — Ancien officier d'infanterie de marine.
Ingénieur civil. — Membre de l'Institut Royal des Ingénieurs de Hollande, de la Société Royale des Ingénieurs de Hongrie, de la Société industrielle de Mulhouse, de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, etc.

**Directeur de la Publication.**

---

TOME TROISIÈME

**Les Arts textiles :**

1° LA SOIE, LE COTON, LA LAINE, LE CHANVRE, LE PHORMIUM, LE JUTE, LE LIN,
2° LES DENTELLES, LES TULLES, LES BRODERIES, LES TRICOTS,
3° LES PASSEMENTERIES, LES RUBANS ÉPINGLÉS, LES FILETS DE PÊCHE, (*fabrication, production, commerce*).

**La Métallurgie :**

LE, FER, L'ACIER, LA FONTE, L'OR, L'ARGENT, LE CUIVRE, LE BRONZE, LE PLOMB, L'ÉTAIN, LE ZINC, LE NICKEL, ETC.

**Appendice :**

PROGRÉS ACCOMPLIS DANS L'INDUSTRIE DES MINES DEPUIS 1867. — NOTES DIVERSES, etc.

1 vol. grand in-8 de 616 pages, avec 176 figures intercalées dans le texte et 23 planches in-f°.

PARIS

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE

**Eugène LACROIX, Imprimeur-Éditeur**

du *Bulletin officiel de la Marine*, Libraire de la Société des Ingénieurs civils de France, de la Société des Conducteurs des ponts et chaussées, etc.

**54, RUE DES SAINTS-PÈRES, 54**

(Près le boulevard Saint-Germain)

Propriété de l'Éditeur. Reproduction du texte et des planches interdite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ÉTUDES SUR L'EXPOSITION DE 1878

## TOME III

LA MÉTALLURGIE. — LES ARTS TEXTILES.
APPENDICE.

## TABLE DES MATIÈRES


I. — **LA MÉTALLURGIE**, par MM. Anceau (Georges), Dalifol, Delaporte, Dufrené (Hector), et Dupuis, pages 65 à 428.

1° **Introduction**, par M. Hector Dufrené, page 269.

2°. **Le fer**, par M. G. Anceau.

| | Pages. |
|---|---|
| Transformation de la fonte en fer brut ou ébauché | 65 |
| Considérations générales sur l'état actuel de la métallurgie | 65 |
| Puddlage | 66 |
| Puddlage à la main dans les fours ordinaires | 66 |
| Théorie du puddlage | 68 |
| Four à deux soles | 70 |
| Foyers à gaz | 70 |
| Foyer Bernau et Sommer | 70 |
| Four à gaz, système Bicheroux | 71 |
| Four Price, dit *Four à cornue* | 73 |
| Puddlage mécanique | 73 |
| Travail mécanique des fours ordinaires | 74 |
| Puddleur mécanique, système Lemut | 75 |
| Fours rotatifs | 76 |
| Fours Danks | 76 |
| Foyer | 77 |
| Four Rampant | 77 |
| Avantages et inconvénients du système | 78 |
| Squeezer rotatif | 78 |
| Four Crampton | 79 |
| Distributeur de combustible | 79 |
| Four Pernot | 80 |
| Procédés d'épuration de la fonte. Procédé Sherman | 81 |
| Acier puddlé | 81 |
| Fabrication du fer, méthode directe | 82 |
| Utilisation des chaleurs perdues des fours à puddler | 82 |
| Marteau à soulèvement | 83 |
| Marteau à vapeur | 85 |
| Laminage des loupes en barres et en plaques ou couvertes | 85 |
| Classement du fer ébauché | 87 |
| Machine à casser les ébauchés | 88 |
| Transformation du fer brut en fer fini | 118 |
| Principes du laminage | 118 |
| Forme et composition des paquets | 122 |
| Fours à réchauffer | 126 |
| Fours à gaz | 126 |
| Gazogène Siemens | 127 |
| Régénérateur | 128 |
| Batterie de gazogènes | 134 |
| Gazogène soufflé, (système Tessier du Motay) | 138 |
| Chargement et déchargement des paquets | 213 |
| Transport des paquets. — Laminoirs. — Machines motrices. — Machines à mouvement continu | 215 |
| Machines à renversement ou trains reversibles | 217 |
| Trains des laminoirs | 218 |
| Laminoirs à tôles. — Cylindres à tôles | 223 |
| Bascules d'équilibre | 224 |
| Serrage des cylindres. — Appareils releveurs | 225 |
| Tôles fines. — Train universel | 227 |
| Guidage de la barre à l'entrée des cylindres horizontaux. — Laminage des barres | 228 |


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | Pages. |
|---|---|
| Dressage des larges plats. — Laminage des fers spéciaux. — Trains trio. — Trio-cylindres. Système Alph. Thomas. . . . | 229 |
| Laminoirs à trois cylindres pour tôles, système Lauth . . . . . | 231 |
| Dressage et cisaillage des fers laminés . . . . . | 232 |
| Essais de traction . . . . . | 233 |
| Épreuves des fers ordinaires. — Épreuves des fers pour les ponts de grandes dimensions. — Pliage . . . . . | 236 |
| Épreuves des tôles de chaudière. | 237 |

*Le fer* (fabrication spéciale).

| | Pages. |
|---|---|
| Fer fendu . . . . . | 239 |
| Fil de fer et tréfilerie. . . . . | 239 |
| Tréfilage. . . . . | 240 |
| Fer-blanc. — Rivets, boulons et éclisses. . . . . | 241 |
| Fabrication des centres de roues. — Composition des paquets. . | 242 |

*Le fer. — Revue de l'outillage* (Exposition de 1878).

| | Pages. |
|---|---|
| Usines du Creusot, Schneider et Cie | 244 |
| Compagnie des fonderies et forges de Terre-Noire, Lavoulte et Bességes. . . . . | 246 |
| Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer. | 248 |
| Société anonyme de Commentry-Fourchambault. — Marel frères, à Rive-de-Gier . . . . . | 249 |
| La Société de la Providence . . | 250 |
| Deflusseux frères . . . . . | 250 |
| Forges de Denain . . . . . | 250 |
| Montataire. . . . . | 250 |
| Sociétés diverses. . . . . | 251 |
| Train, machine sans serpenteur. | 253 |
| Système de Langlade. — Un nouveau puddleur mécanique, système Godefrey et How son. | 254 |
| Exposition de l'Angleterre. . . . | 256 |
| — de l'Amérique . . . . | 260 |
| — de la Suède. . . . . | 260 |
| — d'Autriche-Hongrie. . | 265 |
| — de la Russie . . . . . | 268 |
| — de l'Espagne. . . . . | 268 |


---

3° **Argent, Cuivre, Nickel, Plomb, Zinc**, par M. Dupuis.


| | Pages. |
|---|---|
| PRÉLIMINAIRES. . . . . | 89 |
| Généralités sur les mines métalliques . . . . . | 89 |
| Amas, couches et filons . . . . . | 89 |
| Caractère des filons. . . . . | 90 |
| Rejets, failles et filons croiseurs | 90 |
| Variation d'épaisseur et de teneur. . . . . | 91 |
| Richesse utile des filons. . . . . | 91 |
| Composition des filons dans la profondeur. . . . . | 92 |
| Examen de la production nationale . . . . . | 92 |
| Production des principaux minerais autres que le fer. . . . | 93 |
| District métallifère de Vialas . . | 97 |
| Préparation mécanique . . . . . | 98 |
| Triage et débourbage préliminaires . . . . . | 98 |
| Cassage et nouveau triage. . . . | 99 |
| Broyage . . . . . | 101 |
| Classement des grenailles, cribles | 103 |
| Classement des sables fins et des schlamms . . . . . | 108 |
| Enrichissement des produits classés . . . . . | 111 |
| *Le cuivre :* Minerais. . . . . | 141 |
| Traitements métallurgiques . . | 144 |
| Four Spence, four Geastenheffer. | 147 |


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | Pages. |
|---|---|
| Méthodes procédant par voie humide | 149 |
| Produits spéciaux industriels, les cuivres rouges, le cuivre noir, le maillechort, le bronze et le laiton | 152 |
| *Le plomb :* Minerais | 155 |
| Traitements métallurgiques | 157 |
| Procédés par voie humide | 164 |
| Fumées des usines à plomb | 165 |
| Affinage du plomb | 166 |
| Produits spéciaux industriels | 167 |
| *L'argent :* Minerais | 170 |
| Vente des minerais d'argent | 171 |
| Traitement métallurgique | 174 |
| Désargentation du plomb d'œuvre | 175 |
| Coupellation | 175 |
| Pattinsonnage | 176 |
| Désargentation par le zinc | 181 |
| Amalgamation | 184 |
| Traitement par voie humide | 185 |
| Produits spéciaux industriels | 188 |
| *Le nickel* | 191 |
| Métallurgie du nickel | 193 |
| Préparation des mattes ou premier traitement des minerais sulfurés | 193 |
| Préparation des speiss ou premier traitement des minerais arsenicaux | 194 |
| Traitement des mattes et des speiss, contenant le nickel et le cobalt | 196 |
| Préparation du nickel métallique | 197 |
| Traitement des minerais oxydés de la Nouvelle-Calédonie | 198 |
| Procédés de la voie sèche, appliqués par M. J. Garnier, dans le traitement des minerais calédoniens | 198 |
| Procédés de la voie humide appliqués par M. Christofle | 200 |
| Emploi industriel du nickel ou de ses alliages | 200 |
| *Le zinc :* Minerais | 203 |
| La Blende | 204 |
| Métallurgie du zinc, vente des minerais de zinc | 206 |
| Produits spéciaux industriels | 210 |


## 4° **La fonte**, par H. Dufrénoy.


| | Pages. |
|---|---|
| Préliminaires | 279 |
| Les appareils | 280 |
| Le haut fourneau | 282 |
| Les monte-charges | 284 |
| Le vent | 286 |
| Emploi de l'air chaud | 287 |
| Les produits | 290 |
| Les fontes | 290 |
| Les laitiers | 292 |
| Les gaz | 294 |
| Mise en marche. — Coulée | 295 |
| Dérangements. — Les fontes et les hauts fourneaux à l'Exposition | 296 |


## 5° **La fonte malléable**, par M. Dalifol.


| | Pages. |
|---|---|
| Historique | 298 |
| Fabrication. — Analyse | 300 |
| Fusion. — Moulage. — Décarburation | 301 |
| Cémentation. — Propriété de la fonte malléable | 302 |
| Essais de flexion | 303 |


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 6° L'acier, par M. G. Delaporte.


| | Pages. |
|---|---|
| Définition | 305 |
| Fabrication de l'acier | 306 |
| Fabrication de l'acier au moyen de la fonte | 309 |
| Acier par réaction | 315 |
| Affinage de l'acier | 316 |
| Acier phosphoré. — Acier moulé. | 317 |
| Analyses chimiques. — Généralités | 320 |
| Influence des corps étrangers. — Manganèse. — Soufre. — Silicium. — Phosphore. — Cuivre. — Tungstène | 321 |
| Chrome | 322 |
| Emploi de l'acier. — Fabrication des rails. — Ébauchage. | 323 |
| Installation des nouvelles aciéries Bessemer de la Société Cokerill | 327 |
| Aciéries du Rhin. — Aciéries Krupp | 329 |
| Le Creuzot | 331 |
| Terre-Noire | 332 |
| Aciers à doses variables de carbone | 333 |
| Aciers à doses variables de manganèse | 334 |
| Aciers à doses variables de phosphore | 336 |
| Aciers coulés sans soufflure | 337 |
| Forno-convertisseur Ponsard | 341 |
| Acier Wolfranique. — Acier manganèse. — Acier pour canon de fusil | 349 |
| Acier à faux. — Acier à noyau doux | 350 |


### 7° Etat actuel de la production des métaux.


| | Pages. |
|---|---|
| Préliminaires | 353 |
| La France | 354 |
| L'Algérie | 369 |
| L'Angleterre | 371 |
| La Suède | 380 |
| La Norwège | 382 |
| Autriche-Hongrie | 385 |
| Le Portugal | 393 |
| Espagne | 395 |
| Italie | 399 |
| La Belgique | 405 |
| La Russie | 411 |
| La Grèce | 420 |
| La Hollande | 426 |
| La République du Salvador | 426 |
| Le Pérou | 427 |
| La République Argentine | 428 |


## TABLE DES FIGURES. (métallurgie).

### 1° Le fer.


| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 1. | — Four système Bicheroux (coupe verticale) | 72 |
| 2. | — — — — (coupe horizontale) | 72 |
| 3, 4 et 5. | — Puddleur mécanique, système Lemut | 74-75 |
| 6. | — Squeezer rotatif | 79 |
| 7. | — Chaudière horizontale | 82 |
| 8. | — Chaudière verticale | 83 |
| 9 et 10. | — Chariot | 83 |
| 11, 12 et 13. | — Marteau à soulèvement | 84 |
| 14. | — Squeezer | 85 |
| 15. | — Dégrossisseurs et finisseurs | 85 |


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 16 et 17. | — Profils d'ébauchés | 86 |
| 18. | — Machine à casser les ébauchés | 88 |
| 19. | — Canelures ouvertes | 120 |
| 20. | — — fermées | 120 |
| 21, 22. | — — à emboitement | 120 |
| 23. | — Tracé des canelures pour cornières | 121 |
| 24, 25. | — Canelures pour fer à double T | 121 |
| 26. | — Cisaille | 122 |
| 27 et 28. | — Paquets | 123 |
| 29. | — Bancs à faire les paquets | 123 |
| 30 à 41. | — Manipulation des paquets | 124 |
| 42, 43, 44. | — Fours à réchauffer à deux portes | 127 |
| 45, 46, 47 et 48. | — Four à réchauffer (Siemens) | 129 |
| 49 et 50. | — Gazogènes surchauffés système Ponsard | 135 |
| 51, 52. | — Récupérateur Ponsard | 136 |
| 53. | — Cylindre hydraulique | 213 |
| 54, 55. | — Chargement et déchargement d'un paquet | 214 |
| 56. | — Changement de marche par embrayage | 216 |
| 57. | — Ensemble d'un train de laminoirs | 219 |
| 58. | — Allonge | 219 |
| 59. | — Manchon | 219 |
| 60. | — Tablier de cylindres grossisseurs | 219 |
| 61. | — Garde et sous-garde de cylindre finisseur | 219 |
| 62. | — Suspension des aviots | 220 |
| 63. 64. | — Cage à pignon | 220 |
| 65. | — Cage à cylindres | 221 |
| 66, 66 *b*. | — Coussinet de la vis de serrage | 221 |
| 67. | — Suspension de l'empoise | 222 |
| 68, 69. | — Cage à 3 cylindres | 222 |
| 70. | — Cage dégrossisseuse | 223 |
| 71. | — Tournage des cylindres sur place | 224 |
| 72. | — Bascules d'équilibre | 224 |
| 73. | — Support à l'entrée des cylindres | 226 |
| 74. | — Train universel | 227 |
| 75. | — Guidage de la barre à l'entrée | 228 |
| 76. | — Utilisation des chûtes de poutrelles | 233 |
| 77. | — Essais de traction | 233 |
| 78, 79, 80. | — Epreuve des tôles | 253 |


## 2° Argent. — Cuivre. — Nickel. — Plomb. — Zinc.


| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 1. | — Concasseur américain | 99 |
| 2. | — Trommel débourbeur | 100 |
| 3. | — Broyeur hyperbolique de Delnest | 101 |
| 4. | — Installation du broyeur Carr | 102 |
| 5 et 5 bis. | — Crible continu de Bleyberg | 106 |
| 6. | — Crible du Hartz | 107 |
| 7. | — Bac d'Engis | 108 |
| 8. | — Lavoir Thirion | 109 |
| 9. | — Caisse double de Schemnitz | 110 |
| 10. | — Appareil ascensionnel des mines de Cummem | 111 |
| 11. | — Appareil classeur J. Dor | 111 |
| 12. | — Distributeur Huet et Geyler | 112 |


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 13. | — Distributeur conique | 112 |
| 14. | — Table à toile sans fin et à secousses | 113 |
| 1. | — *Cuivre :* Fours Grestenhoffer | 146 |
| 2. | — Fours pour fonte crue | 150 |
| 3. | — Fours de fusion pour cuivre noir | 150 |
| 4. | — Tableau graphique | 154 |
| 1. | — *Le plomb :* Traitement métallurgique | 157 |
| 2, 3. | — Fours de Tarnowitz | 159 |
| 4. | — Fours d'Altenau | 160 |
| 5. | — Fours de La Pise | 162 |
| 6. | — Appareil de l'usine de Stokoe | 165 |
| 7. | — Appareil de l'usine d'Eglestone | 166 |
| 8. | — Tableau graphique | 168 |
| 1. | — *L'argent :* Pattinsonnage mécanique | 178 |
| 2. | — Ensemble de l'atelier de pattinsonnage | 179 |
| 3. | — Pattinsonnage; procédé Luce et Rozan | 180 |
| 4. | — Appareil Cordurié | 183 |
| 1, 2. | — *Le nickel :* Fours de fusion | 194 |
| 3, 4. | — Fours hongrois pour le rotissage | 195 |
| 5, 6, 7, 8. | — Fours de grillage de Sagmyra | 197 |
| 1. | — *Le zinc :* Ancien four anglais pour la distillation du zinc | 207 |
| 2. | — Mouffles pour le traitement des minerais | 208 |
| 3, 4, 5. | — Four à zinc de Fredrichhütte | 208 |
| 6. | — Tableau graphique | 211 |


### 3° La fonte.


| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 1. | — Coupe longitudinale d'un haut fourneau au théorique | 281 |
| 2. | — Profil du haut fourneau d'Ebwal | 283 |
| 3. | — Profil du haut fourneau de Barraw-on-Furness | 283 |
| 4. | — Profil du haut fourneau de Cron-Celyn | 283 |
| 5. | — Coupe verticale du gueulard | 285 |
| 6, 7. | — Four à chauffer l'air système Conoper-Siemens | 289 |
| 8, 9. | — Les laitiers | 294 |


### 4° La fonte malléable.


| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 1 à 9. | — Fours à recuire | 299 |


### 5° L'acier.


| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 1. | — Lingot octogonal | 325 |
| 2. | — Lingot arrondi et applati | 325 |
| 3. | — Marteau pilon conique | 326 |
| 4, 5, 7. | — Rondelle percée, débouchée et matelée | 326 |
| 6, 7 *bis*. | — Marteau pilon bigorne | 326 |


### 6° État actuel de la métallurgie.


| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 1. | — Section d'un filon | 404 |


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## TABLE DES PLANCHES. (MÉTALLURGIE).

### 1° **Métallurgie** *(le fer).*

Planches.

I. — Four à gaz (système Bernau-Sommer).
Figure 1 Coupe verticale.
— 2 Vue en plan.
— 3 Coupe transversale.
— 4 Four à puddler à deux soles.

II. — Puddlage mécanique. Four de Danks.
Figure 1 Coupe longitudinale.
— 2 Coupe transversale.
— 3 Plan.
— 4 Elévation.

III. — Fours à Puddler.
Figure 1 Four Crampton, coupe horizontale.
— 2 Coupe verticale.
— 3 Four Pernot, distributeur de combustible.
— 4 Coupe transversale.
— 5 Vue en plan.
— 6 Marteau-pilon de puddlage.
— 7 Coupe verticale.
— 8 Vue en plan.

IV. — Batterie de gazogène.
Figure 1 Gazogène Siemens. Coupe verticale.
— 2 Coupe verticale perpendiculaire à l'axe de la batterie.
— 3 Coupe verticale parallèle à l'axe de la batterie.
— 4 Vue en plan.

V. — Four à gaz avec récupérateur de chaleur (système Ponsard). Réchauffage du fer (1).
Figure 1 Coupe verticale.
— 2 Coupe horizontale.
— 3 Coupe transversale suivant EF.
— 4 — suivant GH.
— 5 Coupe horizontale dans le récupérateur suivant K*l*.
— 6 — — suivant MN.

VI. — Gazogène (système Tessié du Motay).
Figure 1 Section de face.
— 2 Section horizontale.
— 3 Section de profil.
— 4 Plan en dessus.

VII. — Figure 1 et 2 Serrage des cylindres.
— 3 Appareil releveur de train à grosses tôles. Elévation.
— 4 Plan du tablier.
— 5 et 6 Détails des coins.

VIII. — Figure 1 Puddleur mécanique. Système Godfrey et Howson.
— 2 Scie à affranchir les fers spéciaux.
— 3 Table de dressage pour larges plats.

(1) Les coupes verticales de ce récupérateur sont intercalées daus le texte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

— 4 Vue par bouts. — Vis et batoir. — Frette. — Levier pour manœuvrer le plateau. — Plateau-écrou.

IX. — Fabrication des roues à centre plein.
Figure 1 Roue à centre plein avec toile ondulée.
— 2 Paquets pour roue.
— 3 et 4 Premier forgeage.
— 5 2e forgeage.
— 6 Roue forgée préparée pour le réchauffage.
— 7 et 8 Fourche.
— 9 Chariot.
— 10 Laminoir. Vue en plan.
— 11 Laminoir. Vue de face.

X. — Laminage à trois cylindres.
Figure 1, 2 et 3 Trio cylindre breveté S. G. D. G. système Alph. Thomas.
— 4 Cylindre à deux.
— 5 et 6 Trio-cylindres ordinaires.
— 7 Trio-cylindres breveté S. G. D. G. Système Alph. Thomas.
— 8 Trio-cylindres breveté S. G. D. G. système Alph. Thomas.

XI. — Plan des usines du Creusot.

**Métallurgie** *(l'acier).*

I. — Aciéries de la société John Cockerill à Seraing (Belgique).
II. — Aciéries du Rhin à Ruhrort (Allemagne).
III. — Aciéries du Rhin à Ruhrort (Allemagne). Plan de la nouvelle fonderie Bessemer.
IV. — Aciéries du Rhin. Détail des cornues.

**Métallurgie** *(la fonte).*

I. — Type de haut fourneau.
Figure 1 Coupe verticale.
— 2 Coupe par la tuyère.
— 3, 4, 5 et 6 Monte-charge métallique.

**Métallurgie** *(fonte malléable).*

I. — Four à décarburer la fonte.
Figure 1 Elévation du four et coupe dans la chambre des valves.
— 2 Vue en plan au-dessus de la sole du four et la chambre des valves découverte.
— 3 Coupe longitudinale.
— 4 Coupe transversale.
— 5 Four à fondre à 4 creusets, échelle de $5^{m}/_{m}$ par mètre (coupe verticale).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## II. — LES ARTS TEXTILES, par M. Renouard.

1re partie : **Les progrès depuis 1867** (pages 1 à 64 du tome III).


| | Pages. |
|---|---|
| Préliminaires | 1 |
| I. La matière première depuis 1867 | 2 |
| La Soie. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 | 2 |
| La laine. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 | 11 |
| Le chanvre. Découvertes et cherches diverses faites depuis 1867 | 21 |
| Le coton. Découvertes et rerecherches diverses faites depuis 1867 | 27 |
| Le Phormium. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 | 35 |
| Le jute. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 | 38 |
| Le lin. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 | 41 |
| II. La fabrication. — Coup d'œil général. | |
| La Filature | 43 |
| Le Tissage | 46 |
| Le Peignage | 57 |
| La Filterie | 58 |
| III. Production et Commerce | 59 |
| La soie | 59 |
| Le coton | 60 |
| La laine | 62 |
| Lin et chanvre | 63 |


2e partie : **Les arts textiles en 1878** (1) (pages 429 à 493 du tome III).


| | Pages |
|---|---|
| I. *La matière première à l'Exposition* | 429 |
| 1° La soie | 429 |
| 2° Le coton | 431 |
| 3° La laine | 435 |
| 4° Le lin | 438 |
| 5° Le chanvre | 443 |
| 6° Autres textiles | 445 |
| II. *Le matériel des arts textiles.* | |
| I. Matériel de la filature de coton | 448 |
| II. Matériel de la filature de laine | 454 |
| III. Matériel de la filature de lin, chanvre, jute, etc. | 457 |
| IV. Machines accessoires de la filature, retorderie | 462 |
| V. Matériel de tissage et d'apprêt | 464 |
| 1° Machines préparatoires | 465 |
| 2° Machines à tisser les étoffes | 466 |
| 3° Machines destinées à l'apprêt des tissus | 469 |
| III. *Le produit manufacturé* | 472 |
| Historique | 472 |
| 1° Fils et tissus de soie | 481 |
| 2° Fils et tissus de coton | 483 |
| 3° Fils et tissus de laine | 487 |
| 4° Fils et tissus de lin | 490 |


1) Visite à l'Exposition de 1878.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## Arts textiles.


| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 1. | — Contexture des tulles | 506 |
| 2. | — Première disposition des fils | 521 |
| 3. | — Cueillage | 521 |
| 4. | — Aménage | 521 |
| 5. | — Abattage | 521 |
| 6. | — Crochetage | 522 |
| 7. | — Étoffe à mailles | 523 |
| 8. | — Organes opérateurs du métier à faire le filet de pêche | 547 |
| 9. | — Autre disposition des filaments de laine | 23 |
| 10. | — Disposition qu'affectent ordinairement les duvets de cachemire | 23 |
| 11. | — Empontage suivi | 53 |
| 12. | — Envergure des corps | 56 |
| 13. | — Machine à égréner le lin, exposée par M. Legris | 441 |
| 14. | — Carde Plantrou, exposée par M. Delumarre de Rouen | 449 |
| 15 | — Repasseuse-Étalleuse Masurel, exposée par M. Walker. | 459 |
| 16. | — Étirage à tête radiale pour chanvre de Manille, exposée par M. Lawson, de Leeds | 461 |
| 17. | — Machine à velouter de MM. Delamarre at Chandelier | 470 |


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## III. — Les tissus réticulaires.


| | Pages |
|---|---|
| I. *Les dentelles* | 497 |
| Dentelle au point | 500 |
| Dentelles au fuseau : d'Auvergne, de Mirecourt, de Normandie, Valenciennes, point de Bruxelles, etc. | 501 |
| II. *Les tulles* | 506 |
| Tulles de France | 508 |
| Tulles de Nottingham | 509 |
| III. *Les broderies* | 510 |
| Broderies françaises | 511 |
| Broderies suisses | 512 |
| Broderies anglaises | 513 |
| Broderies orientales | 513 |
| Le métier à broder | 514 |
| IV. *Les tricots* | 516 |
| Principe du métier à tricot | 520 |
| Métier circulaire à fonture intérieure de M. Buxtorf. | 524 |
| Métier rectiligne du tricoteur omnibus | 526 |
| Appareils divers de tricot à la mécanique de M. Buxtorf. | 529 |
| Tricoteur mécanique circulaire avec appareils électriques de M. Radiguet | 531 |
| Machine à tricoter de famille de la Compagnie Américaine Bickford | 534 |
| Unification des jauges du métier à tricot | 536 |
| V. *Les passementeries* | 541 |
| Divers genres de passementeries | 542 |
| VI. *Les rubans épinglés* | 543 |
| Fabrication des rubans épinglés | 543 |
| Métier à tisser les rubans unis | 543 |
| VII. *Les filets de pêches* | 545 |
| Machine à fabriquer les filets. | 545 |


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## IV. — APPENDICE.

### Notes et documents


| | Pages |
|---|---|
| Dentelles, tulles, broderies et passementeries | 553 |
| Châles | 555 |
| Filature de laine, tissage | 556 |
| Articles de bonneterie, de lingerie | 557 |
| Soies, tissus de soie | 560 |
| Fils et tissus de lin, de chanvre, etc | 562 |
| Fils et tissus de coton | 563 |
| La corderie | 564 |
| Produits de l'exploitation des mines et de la métallurgie. | 567 |
| Matériel et procédés de l'exploitation des mines et de la métallurgie. | 573 |
| Sur les progrès accomplis dans l'art des mines | 580 |
| Bronze d'art etc. | 592 |
| Les métaux précieux appendice au chapitre métallurgie. | 594 |


FIN DES TABLES DU TOME III.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Paris. — Imprimerie et librairie de E. LACROIX, rue des Saints-Pères, 54.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES ARTS TEXTILES

PAR M. ALFRED RENOUARD, FILS, FILATEUR DE LIN
Président du Comité de filature de la Société industrielle du Nord

## PRÉLIMINAIRES.

Les industries textiles sont aujourd'hui nombreuses et variées. Elles sont à peu près de tous les pays et prennent, de jour en jour, une part des plus larges dans les préoccupations économiques de chaque contrée. En France, il n'est guère de département qui ne soit obligé de s'en préoccuper, sinon au point de vue manufacturier, du moins sous le rapport agricole.

Chez nous, d'ailleurs, les manufactures de textiles ont pris une importance dont il est nécessaire d'expliquer la signification. Ce n'est pas qu'il y ait beaucoup plus de filatures, de tissages ou de peignages, aujourd'hui qu'en 1867, la statistique en accuserait plutôt un moindre nombre. Mais si le chiffre de nos établissements industriels n'a pas augmenté, ces établissements eux-mêmes se sont succédé en grand nombre. Pour des causes que nous n'avons pas à examiner ici, les uns sont tombés, d'autres se sont soutenus ou relevés, mais ce sont justement ces chutes, ces efforts, ces luttes, enfin, qui nous ont amené à de nombreux essais et qui nous ont porté à expérimenter comme à inventer de nouvelles machines et de nouveaux appareils de transformation. L'esprit s'est aussi appliqué à l'étude de la matière première, de la connaissance exacte de laquelle dépend souvent toute une fabrication, et la science par elle-même n'a pas dédaigné de pousser le plus loin possible ses investigations sur les fibres que nous employons couramment comme sur celles que nous pourrions employer.

Donc, depuis 1867, l'industrie des matières textiles a pris, au point de vue du classement, une importance plus grande, elle a été aussi plus étudiée, plus approfondie. Ajoutons aussi que la connaissance plus parfaite qu'on en a généralement aujourd'hui est un peu due à cet essor de vulgarisation scientifique qui caractérise particulièrement ces dix dernières années; on peut dire aujourd'hui qu'il n'est presque personne qui ne connaisse, du moins en principe, comment on cultive le lin ou comment on récolte la laine, personne qui ne sache d'où nous viennent le jute, le coton ou le chinagrass. Pareille chose n'aurait pu être affirmée il y a dix ans.

Aussi, pour étudier les textiles à l'*Exposition de 1878*, devrons-nous les prendre sous leurs différents états sans exception et les suivre dans les diverses transformations auxquelles ils donnent lieu, sans en oublier aucune. Nous prendrons comme point de départ la *matière première*, qui, depuis 1867, a amené à des découvertes si importantes, après viendra la *fabrication* elle-même, qui se subdivisera, selon le cas, en peignage, filature, tissage, retorderie, etc., et dont les détails seront parfois si intéressants à approfondir, et enfin le *produit fabriqué*, qui varie avec chaque contrée et qui nous donnera lieu d'étudier le commerce des différents pays textiles.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## I. — LA MATIÈRE PREMIÈRE DEPUIS 1867.

**Soie.** — On sait que la soie est le produit de la chenille, dite *ver à soie* (1), et que c'est par l'assemblage des brins de plusieurs cocons que l'on parvient à former un fil. Les cocons sont pour cela jetés dans une bassine remplie d'eau chauffée à 70 ou 75 degrés, et ils se déroulent avec la plus grande facilité lorsqu'au bout de quelque temps la substance gommeuse qui les entoure a été suffisamment ramollie. On retire ainsi en moyenne une longueur totale de 250 à 350 mètres par cocon.

Nous rappellerons en quelques mots comment on fait le fil de soie du commerce. On envide tout d'abord en écheveaux réguliers ou flottes le fil qui se trouve sécrété de la manière la plus irrégulière par le ver : c'est ce qu'on appelle *mouliner*. Les écheveaux sont ensuite enroulés sur de grosses bobines dites *roquettes*, et le fil en même temps débarrassé de toutes les impuretés dont il est entouré en passant de la flotte à la bobine sur un morceau de lisière de drap ou au travers d'une pièce de liége fendue. Ce fil est ensuite tordu tout d'abord sur lui-même, ensuite, avec un autre fil; on termine en donnant à ces deux fils un tors en sens contraire du premier pour les unir et n'en faire qu'un. A cet état, le fil de soie peut sans trop de fatigue supporter les diverses opérations de la teinture, du dévidage, de l'ourdissage et du tissage.

### Découvertes et recherches diverses faites sur la soie depuis 1867.

§ 1. *Études chimiques.* — Les recherches les plus originales qui aient été faites sur la soie depuis la dernière exposition sont dues à M. Paul Francezon, filateur à Alais, qui est parvenu à démontrer de la façon la plus complète combien étaient erronées les analyses de ce textile, dues au chimiste hollandais Muller et qui remontent à 1836. Nous devons dire que, pour notre part, nous avons aussi refait en entier plusieurs analyses de la soie d'après la méthode indiquée par M. Francezon, et que, sauf quelques différences de détail, nous sommes arrivés aux mêmes conclusions :

Les analyses de Mulder sont les suivantes :

| | | Soie jaune. | | Soie blanche. | |
|---|---|---|---|---|---|
| Insoluble dans l'eau. . . . . | Fibroïne. . . . . | 53,37 | | 54,04 | |
| Soluble dans l'eau. . . . . | Gélatine. . . . . | 20,66 | | 19,08 | |
| — — l'acide acétique. . | Albumine. . . . . | 24,43 | Gomme totale =46,63 | 25,47 | Gomme totale =45,96 |
| — — l'alcool. . . . . | Cire. . . . . | 1,39 | | 1,11 | |
| — — l'éther. . . . . | Graisse, résine. . . . | 0,10 | | 0,30 | |
| — — l'alcool. . . . . | Matière colorante. . | 0,05 | | » | |
| | | 100,00 | | 100,00 | |

Ces analyses furent reprises en 1849 par Ludwig, qui y retrouva à peu près les mêmes éléments :

| | Soie jaune. | Soie blanche. |
|---|---|---|
| Matière filamenteuse. . . . . | 61,19 | 62,68 |
| Gélatine. . . . . | 21,66 | 21,31 |
| Albumine. . . . . | 18,86 | 15,17 |
| Cérine. . . . . | 1,08 | 0,66 |
| Matière colorante. . . . . | 0,04 | » |
| Graisse et résine. . . . . | 0,08 | 0,18 |
| Acide bombique. . . . . | » | » |
| | 100,00 | 100,00 |

(1) Voir le chapitre *Sériciculture*, par M. PARANT.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans tous les traités de chimie qui citent indistinctement ces analyses, il est dit que la soie a été traitée pendant douze à quinze heures par l'eau bouillante pour être séparée de ses parties solubles dans l'eau, puis par l'alcool, l'éther et l'acide acétique bouillant. La portion nommée *fibroïne* par Mulder et *matière filamenteuse* par Ludwig, n'est autre que le résidu qui, après ce traitement énergique, est supposé avoir été inattaqué.

Or, il résulte des travaux de M. Francezon :

1° Que ni la glycérine, ni l'albumine, n'existent sur le fil de soie;

2° Que les proportions entre la gomme et la fibroïne ne peuvent jamais se rencontrer dans les conditions indiquées dans l'analyse ci-dessus.

Il n'y a pas ici à s'occuper de la cire, de la graisse et de la résine, dont la présence ne peut être considérée comme démontrée et qui, du reste, ne peuvent exister dans la soie qu'en quantités tout à fait insignifiantes.

Voici d'abord les remarques préliminaires, qui sont comme la base des nouveaux travaux dont il est ici question :

Il y a, dit-on, dans la soie, de la *gélatine*. Or, le fil de soie n'est que le produit du dévidage du cocon dans l'eau à 80°, et, par conséquent, la gélatine, qui est très-soluble et en très-grande quantité dans l'eau chaude, ne peut se trouver qu'en quantité infiniment petite sur le fil de soie grége, puisque la majeure partie est restée dans la bassine du dévideur. La gélatine, du reste, ne demande pas un traitement de 12 à 15 heures pour se séparer de ce même fil, quelques minutes auraient suffi.

On cite encore dans la soie de l'*albumine* : c'est encore là une erreur, car si l'albumine a la propriété d'être soluble dans l'eau aux environs de 25°, il n'en est pas moins vrai qu'elle se coagule toujours vers 75° et qu'alors elle devient insoluble dans toute eau, tiède ou chaude. Dès lors, comme elle a déjà subi avec le cocon, dans la bassine du dévideur, une température bien supérieure à 75°, elle serait insoluble dans le fil de soie grége et ne pourrait se dissoudre aucunement par le traitement qui a été indiqué.

Mais il serait peut-être intéressant de savoir si cette albumine existe dans le cocon avant qu'il ait été soumis aux manipulations dont nous venons de parler. Ceci est facile à savoir de suite en faisant digérer des cocons frais dans de l'eau maintenue tiède, qu'on élève ensuite à 75°. On le sait, l'albumine est caractérisée par sa précipitation par le ferrocyanure de potassium, comme aussi par le fait que nous venons d'indiquer : sa solubilité dans l'eau tiède et sa coagulation vers 75°. Or, non-seulement, en faisant cette opération, il n'y a pas coagulation d'albumine, mais non plus précipitation par le ferrocyanure de potassium. Donc, pas plus dans la soie grége que dans le cocon frais, il n'y a d'albumine.

Il n'est pas moins vrai cependant que, bien que la *gomme* (appelons-la par ce nom si l'on veut) de la soie ne soit composée ni d'albumine ni de gélatine, cette gomme existe réellement. Quelle est donc la composition de ce corps? Nous répondrons que, si cette gomme avait jamais pu être obtenue telle qu'elle existe sur le fil, on pourrait peut-être connaître cette composition complexe, mais jamais on n'a pu l'extraire que dans un état d'altération plus ou moins avancé, et par suite on n'a jamais pu être fixé définitivement sur son organisation réelle.

La preuve que le produit en question ne peut être obtenu qu'à l'état plus ou moins altéré se trouve dans les trois faits suivants :

1re Expérience. — Si l'on fait subir à la soie le traitement indiqué plus haut, c'est-à-dire l'ébullition prolongée dans l'eau, le résidu évaporé au bain-marie ne jouit plus des mêmes propriétés que la gomme avant l'expérimentation. Traité de la même façon, il reste insoluble, tout en se dissolvant cependant d'une minime quantité. Le produit est donc changé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2e Expérience. — Si on concentre la liqueur obtenue dans la première ébullition, on obtient une belle gelée caractéristique, mais si, au lieu d'opérer à l'air libre, on fait intervenir une forte pression, 5 à 6 atmosphères, par exemple, on n'observe plus le même fait. Donc, encore ici, le produit a nécessairement changé de constitution.

3e Expérience. — Enfin, si l'on traite la soie comme on l'indique aussi, par l'acide acétique (au lieu de la traiter bénignement par l'eau pure, bouillante ou non) et qu'on évapore, on est désagréablement surpris par l'odeur nauséabonde du résidu, odeur tout à fait différente de celle de la soie. Il est impossible d'affirmer qu'ici encore il n'y a pas eu transformation.

Mais revenons à l'analyse en question et vérifions tout d'abord les proportions trouvées des deux matières principales prises en bloc :

| | Soie jaune. | Soie blanche |
|---|---|---|
| Gomme totale. . . . . | 46,63 | 45,96 |
| Fibroïne. . . . . | 53,37 | 54,04 |
| | 100,00 | 100,00 |

Or, en soumettant à l'analyse les soies les plus diverses, il est impossible d'en retirer plus de 27 % de résidu. Nous expliquerons plus loin, comme le fait M. Francezon, la cause de l'erreur de l'analyse dont il est ici question.

En attendant, nous pouvons affirmer que non-seulement la composition chimique de la gomme de la soie *n'est pas* jusqu'ici connue, mais encore qu'elle *ne pourrait être* connue que dans le cas où l'on parviendrait à l'extraire telle qu'elle existe réellement dans le cocon. En outre, cette composition sera toujours très-différente entre ce cocon proprement dit et le fil de soie grége qui, outre les corps nouveaux qu'y a amenés le dévidage par l'eau chaude, peut encore avoir été fraudé en filature par l'addition de matières étrangères. Ajoutons aussi que les soies chrysalidées peuvent contenir environ jusque 3 % en graisse et sels terreux des chrysalides.

### Séparation de la gomme et de la fibroïne dans les matières soyeuses.

Le procédé destiné à obtenir cette séparation, et sur lequel nous aurons à nous appesantir un peu, parce que nous voulons montrer à la suite et corollairement comment on a été amené à de graves erreurs par le traitement à l'acide acétique, est basé sur les deux faits suivants :

1° Une solution très-forte de savon blanc, pur et bouillant, dissout presque toute la gomme de la soie;

2° L'acide acétique à 8°, pur et bouillant, dissout la partie de la gomme qui reste sur la fibroïne après le traitement par le savon.

On pèse d'abord à l'absolu les matières soyeuses (à 1 milligramme près) à 125°, on les traite ensuite par le savon chimiquement pur, concentré et bouillant, puis par l'acide acétique pur à 8°. Nous ferons remarquer ici que ce poids absolu doit être pris dans l'étuve même, car la soie absorbe l'eau avec une très-grande rapidité : l'opération marchande appelée *conditionnement* n'a pour but que de la débarrasser de cette eau qui ne doit pas faire poids dans les transactions.

*Traitement par le savon.* — Pour bien opérer le traitement par le savon, il y a avantage à traiter plusieurs lots à la fois, renfermés chacun séparément dans des sacs en cuir auxquels sont suspendus des carrés en zinc indiquant leur poids absolu. On emploie toujours l'eau distillée (1 litre) dans laquelle on fait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dissoudre le savon (10 parties contre une de soie pesée à l'absolu) avant d'y mettre la soie. Une fois que les sacs y sont disposés, on laisse le tout bouillir pendant quelques heures, on en sort ensuite les échantillons, on lave ceux-ci largement à l'eau distillée pour les débarrasser des traces de savon qui les entourent et on les laisse sécher.

Nous ferons remarquer que, lorsqu'on traite directement le cocon, il n'y a pas à craindre de prolonger l'ébullition, car certains cocons ont la coque extrêmement dure, et que cette ébullition peut même être prolongée sans inconvénient si l'on traite la soie grége, car la petite partie de gomme qui reste sur la soie (et il en reste certainement, on s'en aperçoit au toucher), cette gomme, dis-je, est inattaquée par le savon.

*Traitement par l'acide acétique.* — On fait usage, pour ce traitement, de deux vases en verre bien distincts réunis chacun par un serpentin à un ballon sur lequel circule constamment un courant d'eau froide. Par l'ouverture de ces vases, bouchée à l'émeri, on introduit l'acide acétique, qu'on amène rapidement à l'ébullition, puis on met dans le premier un échantillon de soie. Après 20 ou 25 minutes, on le retire au moyen d'une baguette de verre recourbée en forme de crochet à l'extrémité, pour le remplacer par un second; on le tord pour le débarrasser de l'acide qui l'imprègne et qui tombe tout chargé de gomme, et on le fait passer dans le second vase. Là, il ne reste que 10 minutes; on le lave à l'eau distillée jusqu'à ce que le tournesol n'indique plus de réaction acide, et l'on constate, par différence entre son poids actuel et celui qu'il avait avant l'opération, quelle est la perte de gomme qu'il a subie dans le traitement. Le second échantillon suit la même route que le premier, pour être remplacé par un troisième, et ainsi de suite.

Nous ferons remarquer que, pendant l'ébullition de l'acide acétique, une grande partie de ses vapeurs s'est rendue dans le ballon à eau froide communiquant avec le vase dans lequel il se trouvait : il peut encore resservir. En outre, quand il a supporté dans la première cornue 15 à 20 échantillons (de 500 grammes environ), il est devenu jaunâtre : on le laisse refroidir, il devient laiteux; on le filtre et on le distille avec soin pour le joindre à de l'acide pur. Le second vase prend alors la place du premier, c'est-à-dire qu'il sert aux premiers bains des échantillons, et il est remplacé par un autre contenant de l'acide pur et où l'on fait les seconds bains; quand l'acide de ce second vase a pris un aspect jaunâtre par la gomme dont il est chargé, on le laisse refroidir et on le distille aussi pour le remplacer par un autre.

Mais comment l'auteur de l'analyse citée plus haut, qui devait suivre en principe la même méthode, se trompait-il? C'est ce que nous allons voir.

### Action spéciale de l'acide acétique sur les matières soyeuses.

Ce traitement par l'acide acétique demande des précautions infinies et ne peut être prolongé au-delà de 20 à 25 minutes pour le premier bain et au-delà de 10 minutes pour le second. En dehors du temps fixé, il ne se dissout plus de gomme, puisqu'il n'y en a plus ; mais les fibrilles de la soie qui, comme on le sait, sont extrêmement ténues et délicates, se désagrégent peu à peu et, en faisant poids avec la gomme, faussent considérablement les résultats. C'est ce qui a dû arriver. On a dosé comme gomme ce qui n'était que des flocons de fibroïne et on est arrivé à des chiffres erronés.

Pour faire saisir plus intimement l'erreur à laquelle on peut arriver, voici l'expérience qui a été faite. On a analysé une soie grége jaune Cévennes d'après

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la méthode indiquée plus haut, puis on a traité à nouveau à plusieurs reprises cette fibroïne par l'acide acétique à 8°, et on a constaté la perte.

L'analyse primitive a donné 2ᵍ,215 après traitement par savon et acide contre 2ᵍ,937 accusés tout d'abord à l'absolu. La perte en gomme est de :

$$2{,}937 - 2{,}215 = 0^{g}{,}722,$$

soit 24,58 % de gomme et 75,42 % de fibroïne.

La perte constatée au traitement subséquent à l'acide, en faisant suivre chaque opération d'un lavage à l'eau distillée et en reprenant à l'absolu le poids de chaque échantillon, a été de :

| POIDS ABSOLU de la fibroïne. | NUMÉROTATION des traitements. | DURÉE DE L'ÉBULLITION. | POIDS APRÈS ÉBULLITION. | PERTE. |
|---|---|---|---|---|
| | | heures. | grammes. | grammes. |
| 2 gr. 215 | 1 | 0 1/2 | 2.200 | 0,015 |
| | 2 | 1 1/2 | 2.142 | 0,058 |
| | 3 | 2 » | 2,025 | 0,117 |
| | 4 | 2 1/2 | 1,985 | 0,040 |
| | 5 | 2 1/2 | 1,959 | 0,026 |
| | 6 | 1 » | 1,887 | 0,072 |
| | 7 | 1 » | 1,820 | 0,067 |
| | 8 | 3 1/2 | 1,515 | 0,305 |
| | 9 | 1 » | 1,450 | 0,065 |
| | 10 | 1 » | 1.386 | 0,064 |
| | 11 | 0 3/4 | 1,352 | 0,034 |
| | 12 | 4 » | 1.050 | 0,302 |
| | 13 | 1 » | 0,975 | 0,075 |
| | 14 | 0 1/2 | 0,902 | 0,073 |

En laissant refroidir l'acide qui a servi à l'expérience, on voit qu'il laisse précipiter peu à peu une myriade de fibrilles suspendues dans le liquide. Au bout de 24 heures, la couche qui se forme au fond du vase n'augmente plus. Recueillie sur un filtre taré à 125° et lavée à fond, elle donne un poids à l'absolu de 0ᵍ,902.

Le tableau précédent montre d'autre part pour la fibroïne une perte absolue de :

$$2{,}215 - 0{,}902 = 1^{g}{,}313,$$

et il n'y a rien qui s'oppose à ce qu'on puisse croire qu'elle ne se serait totalement désagrégée si on avait continué l'ébullition. C'est ce qui montre que l'albumine et la gélatine, comme aussi une partie de la gomme recueillie par l'auteur de l'analyse citée plus haut, ne devaient être autre chose que de la fibroïne désagrégée.

Mais, nous dira-t-on, rien dans les expériences ci-dessus exposées ne prouve que, durant le temps de l'*ébullition réglementée*, il ne se dégage pas de fibrilles; rien ne prouve non plus que, durant le temps de l'*ébullition prolongée*, il ne se dissolve plus de gomme.

Voici cependant deux faits qui le prouvent :

1° La liqueur dans laquelle on a fait bouillir la soie après qu'elle a été traitée par le procédé en question ne se trouble pas par le ferrocyanure de potassium. Donc, elle ne contient pas de gomme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Il est impossible, même au microscope, d'apercevoir dans les deux vases qui ont servi à l'analyse aucune trace des fibrilles qui se voient en si grand nombre lorsqu'on continue l'ébullition au-delà du temps réglementaire. Donc, cette liqueur ne contient pas de fibroïne et l'autre au contraire la renferme à l'état pur.

### Analyse de divers produits soyeux par cette méthode.

1. *Blaise.* — La blaise contient une quantité de gomme qui n'a pas été soupçonnée jusqu'ici. Voici les résultats sur cinq échantillons :

| ÉCHANTILLONS. | GOMME. | FIBROINE. |
|---|---|---|
| 1 | 44,2 | 55,8 |
| 2 | 44,8 | 55,2 |
| 3 | 44 | 56 |
| 4 | 45 | 55 |
| 5 | 44,1 | 55,9 |
| Moyennes. . . . . | 44,4 | 55,6 |

Avant de procéder à l'analyse, il est nécessaire d'enlever au moyen d'une petite pince toutes les impuretés, pailles, bruyères, etc., qu'une forte loupe permet d'apercevoir sur la blaise.

2. *Coque.* — L'analyse, portant chaque fois sur 10 ou 15 coques, a donné :

| ÉCHANTILLONS. | GOMME. | FIBROINE. |
|---|---|---|
| 1 | 29,3 | 70,7 |
| 2 | 29,5 | 70,5 |
| 3 | 29,1 | 70,9 |
| 4 | 29,3 | 70,7 |
| 5 | 29,3 | 70,7 |
| Moyennes. . . . . | 29,3 | 70,7 |

Elle a été faite sur des coques jaunes Cévennes, débarrassées au préalable des chrysalides et des petites peaux détachées qui les accompagnaient.

3. *Des diverses couches soyeuses de la coque.* — Dans la coque du cocon, la proportion de gomme va en diminuant, depuis les premiers mètres de fi sécrétés par le ver et qui forment la blaise jusqu'aux derniers mètres qui forment une pellicule indévidable.

Pour s'en convaincre, on coupe le cocon en deux dans le sens de la longueur, puis on voit sur l'épaisseur, au moyen d'une loupe, le point de séparation des deux couches intérieure et extérieure, on enfonce le canif à ce point, et on finit par retirer séparément l'une et l'autre couche en les tirant fortement avec l'ongle.

Voici les résultats sur une coque jaune Cévennes :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| ÉCHANTILLONS. | COUCHES INTÉRIEURES. | | COUCHES EXTÉRIEURES. | |
|---|---|---|---|---|
| | GOMME. | FIBROINE. | GOMME. | FIBROINE. |
| 1 | 31,45 | 68,55 | 26,40 | 73,60 |
| 2 | 31,80 | 68,19 | 25,85 | 74,15 |
| 3 | 31,16 | 68,84 | 26,70 | 73,30 |
| 4 | 31,30 | 68,72 | 26,75 | 73,25 |
| 5 | 31,65 | 68,35 | 27,91 | 72,09 |
| Moyennes. . . . . | 31,47 | 68,50 | 26,72 | 75,28 |

ce qui donne en résumé pour les trois analyses de la blaise, de la coque et des couches :

| ÉCHANTILLONS. | GOMME. | FIBROINE. |
|---|---|---|
| Blaise. . . . . | 44,40 | 55,60 |
| Coque entière. . . | 31,87 | 68,53 |
| 1re couche. | 29,30 | 70,70 |
| 2e couche. | 26,72 | 73,28 |

où il est facile de constater une marche descendante dans la quantité de gomme et ascendante dans la quantité de fibroïne.

En effectuant l'analyse d'une coque jaune Cévennes d'après les résultats indiqués plus haut, on trouve :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Coupe de la coque. | Blaise. . . . . | | 44,40 | |
| | Frison. . . | 33,60 calculé. . . . . | 32,5 | Gomme %. |
| | | 31,47 par expérience. . . . | | |
| | Soie grége. | 29,30 — . . . . | 27,89 | |
| | | 26,70 — . . . . | | |
| | | 24,11 calculé. . . . . | | |

En déduisant de la coque 2 1/2 %, poids de la blaise, on trouve que le fil sécrété contient en moyenne 29,66 % de gomme.

4. *Frison donné directement par la coque.* — On le débarrasse de tous les débris de chrysalides et de bruyères, comme on l'a fait pour la blaise et on opère. Voici les résultats :

| ÉCHANTILLONS. | GOMME. | FIBROINE. |
|---|---|---|
| 1 | 27,6 | 72,4 |
| 2 | 27,2 | 72,8 |
| 3 | 27,3 | 72,3 |
| 4 | 27,3 | 72,7 |
| 5 | 27 | 73 |
| Moyenne. . . . . | 27,3 | 72,7 |

5. *Fil de soie grége.* — Il est formé, comme on le sait, par la réunion des fils de plusieurs cocons neufs, demi-cocons et peaux mélangés, qui sont soudés ensemble par leur gomme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un fil dévidé dans une eau très-limpide a donné :

| ÉCHANTILLONS. | GOMME. | FIBROINE. |
|---|---|---|
| 1 | 26 | 74 |
| 2 | 26,2 | 73,8 |
| 3 | 27 | 73 |
| 4 | 26,9 | 73,1 |
| 5 | 26,8 | 73,2 |
| Moyenne. . . . . | 26,6 | 73,4 |

Donc, la composition de la partie de la coque *qui donne le frison* est, en moyenne, de :

Gomme. . . . . 32,5
Fibroïne. . . . . 67,5

celle du frison qui en résulte, de :

Gomme. . . . . 27,3
Fibroïne. . . . . 72,7

Le poids de gomme restant sur les 67,5 de fibroïne après le battage pendant lequel s'est fait le frison est de :

$$\frac{27,3 \times 67,5}{72,7} = 25,34,$$

ce qui donne 7.15 % de perte à la bassine pour la partie de la coque qui donne ce frison.

Et la composition de la partie de la coque *qui donne le fil de soie grége* est de :

Gomme. . . . . 27,89
Fibroïne. . . . . 72,11

celle de la soie produite est de :

Gomme. . . . . 26,60
Fibroïne. . . . . 73,40

et en opérant comme plus haut, la perte de la coque pendant le tirage est de 1,7 %.

Tout ceci montre qu'il y a une grande différence entre le fil de soie grége et la soie qui l'a produite.

Le procédé que nous avons examiné, appliqué à diverses soies gréges, a donné : (voir page 10).

Au moment où deux chimistes italiens songent en ce moment à ressusciter les analyses de Mulder, les nouveaux travaux de M. Francezon nous paraissent avoir une grande importance.

Mais, à côté de la gomme de la soie, rappelons-nous qu'il y a encore *la fibroïne*, dont la composition chimique n'a jamais pu être que vaguement établie et dont les formules proposées par Vogel et Granier pour la représenter sont bien sujettes à critique. Nous aurions voulu voir M. Francezon étudier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

spécialement la fibroïne comme il l'a si bien fait pour la gomme, mais, avec une modestie qui l'honore, M. Francezon a engagé ceux que la question pourrait intéresser à se reporter aux travaux qui devaient être publiés par M. Schutzenberger sur la constitution chimique des corps albuminoïdes. Ces travaux, aujourd'hui publiés en partie, ont en effet jeté une grande lumière sur la composition de ces corps, restée si obscure jusqu'ici : nous engageons nos lecteurs à s'y reporter.

| | | GOMME. | FIBROINE. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| Jaune Cévennes. . . . | 1873 | 25 à 26,5 | 75 à 73.5 | Filées à l'eau limpide. |
| — — . . . . | 1874 | 24 26.2 | 76 73.8 | » |
| Blanche — . . . . | 1873 | 25.7 26.8 | 74.3 73.2 | » |
| Japon vert— . . . . | 1874 | 25.1 24.5 | 76.9 75.5 | » |
| Brousse blanche. . . . | 1873 | 24.2 25.5 | 75.8 74.7 | » |
| Italie Japon vert. . . . | 1874 | 22 23.5 | 78 76.5 | » |
| Italie jaune. . . . , . . | 1874 | 23.5 24.5 | 76.5 75.5 | » |
| Japon vert Cévennes. | 1874 | 25 26.2 (1) | 75 73.8 | Filées à l'eau chrysalidée. |
| Espagne, Japon. . . . | 1874 | 25 26 | 75 74 | » |
| Jaune Cévennes. . . . | 1874 | 26 28.5 | 73 71.5 | » |

§ 2. *Études micrographiques.* — Les deux savants allemands Schlesinger et Wiesner sont ceux qui, depuis 1867, ont le mieux étudié les fibres de la soie au point de vue micrographique. Comme ce textile n'a ni écailles, ni lumière, ils en distinguent les différents genres par la comparaison de leurs diamètres.

Voici le résumé des remarques faites par Wiesner (*Mikroskopische untersuchungen*, etc., Stuttgard, 1872) :

*Bombyx Cynthia.* — Diamètre, 0,14; couleur brunâtre; forme générale, héliçoïdale; couche gommeuse, granuleuse et peu visible.

*Bombyx Faidherbii.* — Diamètre, 0,24; couleur jaunâtre (la feuille blanc d'argent et la ouate de soie brunâtre); forme générale, héliçoïdale, sauf pour la filoselle.

*Bombyx mori.* — Diamètre, 0,18; couleur jaunâtre; forme générale, lisse, mais parfois striée parallèlement à l'axe, généralement sans structure aucune.

*Bombyx mylitta.* — Diamètre, 0,052; couleur gris foncé; forme générale, stries obliques assez larges sur la soie fine et la ouate de soie; couche gommeuse, granuleuse et très-épaisse.

*Bombyx Selene.* — Diamètre, 0,034; couleur presque nulle; forme générale, souvent héliçoïdale, sans couche gommeuse apparente ou avec une couche très-épaisse et granuleuse.

*Bombyx Yama-maï.* — Diamètre, 0,027; couleur jaune plus intense; forme générale, aplatie, la couche gommeuse est épaisse dans la filoselle, intermittente et mince sur la soie fine, granuleuse sur la ouate de soie.

Les couleurs de polarisation sont généralement très-nettement apparentes sur toutes ces soies, sauf sur celles du B. Mylitta et du B. Yama-maï.

D'après des expériences faites par Ozanam au moyen de l'appareil phrosodynamique Alcan, expériences qui datent, il est vrai, d'avant 1867, mais qui sont peu connues, nous ajouterons comme complément, les résultats suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Longueur de la fibre primitive. . . . . | 50 mètres. | (1) |
| Persistance à la traction. . . . . | 0,01 grammes. | (2) |
| Allongement sans rupture. . . . . | 0m,001. | (2) |
| Résistance à la torsion. . . . . | 0 ,038. | (1) |

(1) Y compris 2.5 à 3 % de graisse et sels terreux des chrysalides.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme point de comparaison, nous dirons que les chiffres 1 sont beaucoup plus élevés, les chiffres 2 beaucoup plus faibles que pour tout autre textile d'un usage courant.

Schlesinger, de son côté, dresse les soies de la façon suivante :

| TYPES. | SOIES DONT LE DIAMÈTRE S'ÉLÈVE | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | TOUT AU PLUS A 0m,034. | | | A 0,034 AU MOINS. | | |
| | Cynthia. | Mori. | Faidherbii. | Yamamaï. | Selene supérieur à 0,027. | Mylitta supérieur à 0,027 |
| Soie. . . . . | 0,014 | 0,018 | 0,024 | 0,027 | 0,034 | 0,052 |
| Filoselle. . . . . | 0,014 | 0,010 | 0,021 | 0,017 | | 0,041 |
| Soie fine. . . . . | 0.010—0.017 | 0,016—0,004 | 0,014—0,030 | 0,017—0,045 | 0,034 | 0,017—0,075 |
| Ouate de soie. . | 0,014 | 0,010 | 0,021 | 0,025 | | 0,034 |

## II. — LE COTON.

Le coton est le textile le plus répandu en Europe. Ce n'est autre, comme on le sait, que le duvet, fig. 1, qui entoure les graines des différentes espèces du genre *gossypium*, fig. 2. Les espèces qui fournissent la majeure partie du coton que l'on rencontre dans le commerce sont les *Gossypium indicum Lam.*, *barbadense Sw.*, *vitifolium Lam.*, *hirsutum Sw.*, *micrantum cav.*, *arboreum W.*, *accuminatum Roxbu herbaceum L.* Il règne d'ailleurs une incertitude des plus grandes sur les espèces du genre *gossypium*; certains auteurs, tels que Forbes Royles, dans son ouvrage *Fibrous of India*, ne veulent en admettre que trois espèces, tandis qu'au contraire d'autres en comptent plus de vingt.

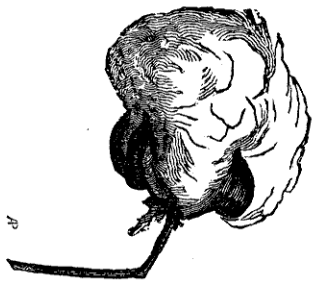


Fig. 1. — Capsule de cotonnier montrant le duvet prêt à s'échapper.

Les analyses du coton n'ont pas été officiellement refaites depuis 1867. La plus ancienne que voici a été publiée par le Dr Ure dans les *Ann. de chim. et de phys.* (t. XXIII, p. 385) :

| | |
|---|---|
| Carbone. . . . . | 42,11 |
| Hydrogène. . . . . | 5,06 |
| Oxygène. . . . . | 52.83 |
| | 100,00 |

Elle a été reprise plus tard par Payen qui, dans la *Rev. scient. et ind.* (t. XIV, p. 479), l'a donnée comme suit :

| | |
|---|---|
| Carbone. . . . . | 44,35 |
| Hydrogène. . . . . | 6,14 |
| Oxygène. . . . . | 49,51 |
| | 100,00 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En somme, ces deux analyses ne nous apprennent qu'une chose, c'est que la composition du coton se rapproche beaucoup de celle de la cellulose pure et que ce textile doit renfermer bien peu de corps étrangers. En le débarrassant de ces substances par les alcalis, le chlore et les acides, on constate en effet la présence d'une matière résinoïde qui représente en moyenne 0,08 % de son poids et d'une autre matière jaune en quantité inférieurement petite. Ces deux produits constituent en quelque sorte, en dehors de la finesse et de la longueur des fibres, les diverses variétés de coton, et lorsqu'on en a dépouillé une mèche de fibres, il n'existe plus guère de différence entre le coton de l'Inde, par exemple, qui en est très-chargé et le coton de Géorgie, qui en possède peu. Il y a en outre dans le coton une substance céreuse, un acide gras et les acides pectique et parapectique.

Fig. 2. — Plant de cotonnier Louisiane blanc.

Donc, si nous voulions étudier chimiquement le coton, ce serait pour nous en quelque sorte étudier la cellulose. Nous n'avons pas l'intention de le faire et nous rappellerons simplement :

1° L'action des acides métalliques, et principalement du lait de chaux sur le coton, que le contact de l'air seul peut préserver d'un affaiblissement complet, action dont on fait son profit dans le *blanchiment* (*Bull. de la Soc. ind. de Mulhouse*, t. XXVIII, p. 375);

2° L'action des alcalis caustiques concentrés, commune d'ailleurs à toutes les fibres végétales, ce qui rend le coton plus dense et plus serré, action dont on fait aussi son profit pour le *mercerisage* des tissus;

3° L'action de l'acide azotique concentré à chaud, utilisée pour la fabrication du *fulmi-coton;*

4° L'action de l'acide acétique signalée par Berthelot, et qui a été mise en œuvre par Schutzenberger pour transformer le coton en *cellulose acétique* ;

5° L'action de l'acide sulfurique à 45° B. pendant 12 heures, qui a permis à M. Aimé Girard, au mois de février dernier, d'obtenir un nouveau corps friable, *l'hydro-cellulose*, dont la composition est en effet celle de la cellulose sur laquelle serait fixé un équiv. d'eau, et dont la production, préliminaire à l'hydratation totale de la matière cellulosique et à sa transformation en glucose, a permis d'expliquer un certain nombre de faits industriels dont on ne possédait pas jusqu'ici une interprétation satisfaisante, tels que la production du papier parchemin, la friabilité des papiers et tissus imprégnés de chlorure par suite d'un lavage insuffisant, etc. (*Comptes-rendus* 1877.)

6° Enfin, l'action de l'acide avec lequel on fait intervenir une forte pression et le concours de diverses autres substances, comme le camphre et certaines matières colorantes, qui sert à obtenir un corps très-dur, pouvant se travailler comme l'ivoire, la corne, le corail, l'ébène, avec lesquels il peut entièrement se comparer, et que l'industrie a récemment utilisé sous le nom de *celluloïde*,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour la fabrication des billes de billard, peignes, lunettes, bijoux ciselés, etc. (*Soc. ind. de Rouen*, t. IV, 1877.)

Nous pourrions aussi ajouter combien la fibre du coton a d'affinité pour les matières colorantes, mais nous ne ferons que signaler cette propriété bien connue et constatée, sans nous y arrêter.

Nous dirons quelques mots du coton au point de vue micrographique.

C'est J. Heilman qui, le premier, a étudié au microscope, fig. 3, les fibres du coton. Les données qu'il publia sont à peu près exactes, mais il faut y relever plusieurs erreurs, notamment la description de la fibre du coton comme un tuyau toujours percé par les deux bouts; Walter Crumm, dans les *Bulletins de la Soc. ind. de Mulhouse* (t. XXXIV, p. 385), a bien prouvé depuis qu'il n'en était pas ainsi et qu'il y avait deux sortes de fibres dans une masse de coton, celles du coton *mort*, c'est-à-dire non arrivé à maturité, qui n'offrent aucune cavité centrale et qui se présentent sous formes de lames minces, transparentes, deux fois plus larges que les filaments ordinaires, et celles du coton *mûr*, qui ont l'apparence de tiges presque entièrement solides avec une petite cavité au centre. Néanmoins, il est certains principes qu'il faut retenir dans le mémoire d'Heilmann, notamment ceux qui ont rapport aux deux caractères principaux du coton, la force et la finesse. Nous les résumerons plus loin.

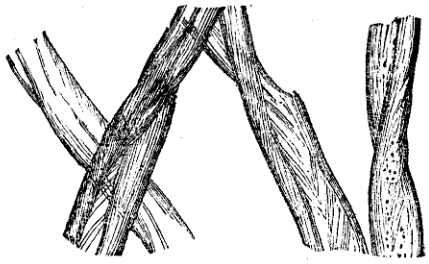


Fig. 3. — Vue du coton au microscope.

L'aspect héliçoïdal de la fibre est celui qui frappe tout d'abord lorsqu'on examine le coton au microscope, de même qu'aussi l'on aperçoit toujours sur les bords de la fibre une bordure brillante en forme de bourrelet. Cette bordure est caractéristique, elle indique tout d'abord le peu d'épaisseur des bords de la fibre, et il est fort à supposer qu'elle n'existe pas dans la fibre fraîche et qu'elle a été amenée par la dessiccation qu'elle a subie dans son transport des pays chauds en France. Ce qui confirme surtout cette opinion, ce sont les formes très-variées qu'accuse ce bourrelet : tantôt il est ondulé, tantôt il est tout à fait parallèle à l'axe, tantôt (alors sans doute que la dessiccation est complète), il prend une direction oblique et complétement en forme de tire-bouchon. Les extrémités de la fibre sont arrondies et spatuliformes. La fibre elle-même paraît complétement transparente lorsqu'on la couvre d'une légère couche d'eau.

Fig. 4. — Entrelacement des fibrilles du coton.

La longueur de la fibre élémentaire est d'environ 0,05 cent., moyenne très-approximative; son épaisseur de $0^{mill}.001 - 0,003$; le diamètre de $0^{mill}.011 - 0,035$; sa résistance à la torsion de 696 tours, l'allongement sans rupture de 0,004 par mètre. La fig. 4 donne une idée des diverses dispositions dans lesquelles se trouvent ordinairement dans le commerce les fibrilles du coton.

Les coupes du coton au microscope ont toujours l'air d'un haricot et jamais on ne voit les fibres groupées autour les unes des autres. La légère cavité centrale est toujours indiquée par une ligne, quelquefois un peu ouverte, qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suit parallèlement les contours du haricot et qui indique bien certainement un affaissement de la tige par dessiccation.

La finesse et la force, les deux propriétés caractéristiques de la fibre au point de vue commercial, ont été l'objet d'études générales.

Il faut dire cependant que la finesse, c'est-à-dire la grosseur des filaments du coton, ne peut être déterminée avec précision, pour les raisons suivantes :

1° Cette grosseur diffère réellement d'une espèce à l'autre dans le rapport de 1 à 2;

2° Elle diffère encore entre les filaments d'une même espèce, dans le rapport de 1 à 3, surtout dans les *courte-soie*;

3° Elle varie notablement dans les diverses qualités d'une même espèce;

4° Elle peut varier de 4 à 1 dans un même filament de la base au sommet;

5° Parce qu'un filament se présente à la fois sous des formes différentes.

La forme de la fibre a été déterminée par Heilmann en comptant le nombre de brins composant les fils différents de numéros connus. Voici ces rapports, qui doivent cependant différer probablement suivant les échantillons sur lesquels on opère :

| GENRES DES COTONS. | NOMBRE DE BRINS NÉCESSAIRES pour couvrir la largeur d'une ligne. |
|---|---|
| Géorgie longue-soie. . . . . | 160 |
| Saint-Domingue, Porto-Rico, Jumel, Bourbon. . . . . | 150 |
| Louisiane. . . . . | 135 |
| Quaraque. . . . . | 125 |
| Castellamare, Cayenne, Carthagène, Géorgie courte-soie, Bengale, Surate 1re qualité, Fernambouc. . . . . | 120 |
| Macédoine, Guadeloupe. . . . . | 100 |
| Altah, Salonique, Para, Adenos, Surate qualité inférieure. . . . . | 80 |

Ce qui montre facilement que la finesse du coton peut varier du simple au double depuis $^1/_{80}$ de ligne pour le coton *Surate qualité inférieure* jusque $^1/_{60}$ de ligne pour le *Géorgie longue-soie.*

Ces chiffres, soumis à l'examen du comité de mécanique de la Société industrielle de Mulhouse, à l'époque où ils ont été indiqués pour la première fois, ont été trouvés justes; il a été remarqué cependant que le numérotage des fils dépendant de leur poids, M. Heilmann avait obtenu les rapports réels entre les poids des brins de coton à longueurs égales, et non les rapports entre leurs grosseurs, à moins de supposer les grosseurs proportionnelles aux poids, ce qui n'a pas lieu, attendu que plusieurs cotons, entre autres le *Fernambouc*, ont des tubes peu larges à parois très-épaisses, ce que l'on reconnaît à leurs bourrelets qui sont très-saillants, et que d'autres cotons, tels que le *Géorgie longue-soie*, ont des parois si minces que leurs bourrelets sont à peine sensibles, et qu'ils peuvent par conséquent avoir un large tube sous un petit poids,

Ajoutons que, lorsque le coton est mouillé, les bourrelets qui se sont formés sur les bords à cause de son état de siccité se déroulent un peu, et le filament devient en moyenne trois fois plus large qu'auparavant : en cet état, il ne faudrait donc que le tiers du nombre de brins indiqués ci-dessus pour couvrir la largeur d'une ligne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'autre part, la force du filament n'a été mesurée que sur quatre espèces de fibres, le n° 30 Louisiane (fr.), le n° 80 jumel (fr.), le n° 80 Géorgie longue-soie (fr.) et le n° 110 Géorgie courte-soie (ang.).

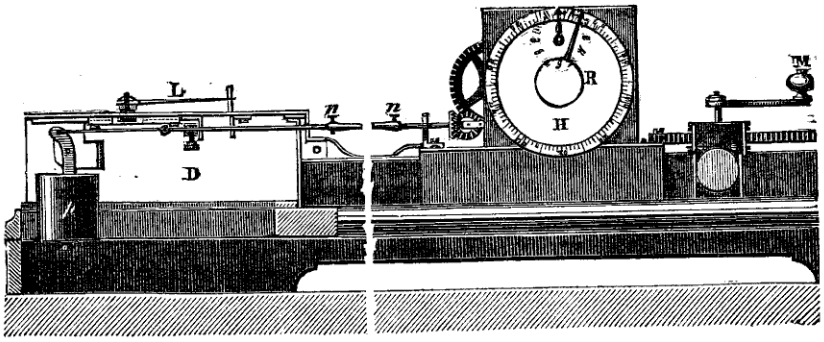



Fig. 5. — Appareil phrosodynamique pour déterminer la résistance, l'élasticité et la torsion des fils.

*n, n*, crochets destinés à recevoir les extrémités du fil, tordeurs ou détordeurs à volonté et pouvant se rapprocher ou s'éloigner. — HR, compteur d'ouvraison à cadran, dont les aiguilles déterminent la quantité de tours par unité de longueur. — D, dynamomètre avec aiguille L mobile sous l'influence de la traction, et poids constant *p*. — M, manivelle. — *o*, crémaillère.

Les résultats, obtenus au moyen de l'appareil dit phrosodynamique, fig. 5, sont consignés dans le tableau suivant :

| ESPÈCE DE FIL. | NUMÉROS. | FORCE EN GRAMMES. | | | | FORCE moyenne. | NOMBRE DE BRINS. | | | | NOMBRE MOYEN. | FORCE d'un brin en grammes. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1re expérience. | 2e expérience. | 3e expérience. | 4e expérience. | | 1re expérience. | 2e expérience. | 3e expérience. | 4e expérience. | | |
| Louisiane. . . | 30 | 50 | 120 | 200 | 300 | 167 | 33 | 50 | 87 | 105 | 69 | 2 1/2 |
| Jumel. . . . . | 80 | 60 | 80 | 110 | 130 | 95 | 14 | 20 | 26 | 30 | 22 | 4 1/2 |
| Géorgie l.-s. | 80 | 60 | 80 | 110 | » | 83 | 15 | 21 | 28 | 30 | 23 | 3 2/3 |
| Géorgie c.-s. . | 110 | 65 | 80 | 90 | 100 | 84 | 17 | 19 | 21 | 24 | 20 | 4 1/5 |

## Découvertes et recherches diverses faites sur le coton depuis 1867.

§ 1. *Études chimiques.* — Jusqu'ici, on ne s'était guère préoccupé d'étudier la matière colorante du coton *nankin* : ce n'est que tout récemment que M. Edward Schunck nous a renseigné à ce sujet dans une communication intéressante qu'il a faite à la Société des sciences de Manchester.

Comme on le sait, le coton nankin varie du jaune pâle au brun rougeâtre : il est employé depuis longtemps par les Chinois, qui en confectionnent une étoffe dite *nankin* très-connue. Il se rencontre dans l'Inde, l'Amérique, l'Afrique occidentale et sur les rivages de la Méditerranée; à Malte, il est plus commun que le coton blanc.

Voici d'abord ce qu'en pensent les auteurs anglais :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on en croit M. Fortune, celui-ci affirme, dans une *note adressée au docteur Lindley* et accompagnée de nombreux échantillons de coton, que le coton blanc et le coton nankin proviendraient d'un même végétal et que ce seraient les Chinois qui en sépareraient les deux espèces sur le même arbre. Parlatore, dans son ouvrage sur les *espèces du coton*, est du même avis et dit que le coton rouge n'est qu'une variété du *G. arboreum* et du *G. hirsutum*. M. Thomas Clegg, de Manchester, abonde dans le même sens; il ajoute que ce n'est que dans des pays très-chauds et sur un sol assez aride que se produit le vrai nankin foncé et que, si on se livrait à des expériences suivies pendant trois ou quatre années, le coton maltais jaune, transplanté sur la côte occidentale d'Afrique, prendrait l'aspect du coton africain blanc, et que la graine du cotonnier d'Afrique, semée à Malte, deviendrait du coton Maltais. Enfin, le lieutenant-colonel Clarke, à qui l'on doit une étude assez étendue sur cette question, affirme que ce n'est que par *atavisme*, c'est-à-dire par retour au type, que le cotonnier blanc redevient jaune et que cette couleur était autrefois propre aux cotonniers sauvages que la culture a profondément modifiés et dont l'espèce est aujourd'hui éteinte.

La composition de la couleur naturelle de ce coton a été étudiée par M. Edward Schunck. En incinérant par comparaison, suivant son avis, du coton blanc et du coton nankin, on ne trouve pas une proportion d'oxyde de fer plus grande dans l'un que dans l'autre : ce n'est donc pas à cet agent qu'est due la couleur en question. Ce qui confirme encore cette opinion, c'est que cette couleur jaunâtre n'est pas détruite par les acides minéraux dissolvants de l'oxyde de fer. il s'ensuit aussi de ce dernier fait que la couleur nankin n'est pas due à la présence d'une laque d'alumine ou d'une autre couleur analogue.

Seule, une lessive alcaline bouillante, en agissant lentement sur le coton nankin, en fait disparaître la couleur. Cette couleur n'existe aussi qu'en très-petite quantité sur la fibre, qui ne paraît foncée que vue en masse.

Voici d'ailleurs comment a été traité le coton nankin par M. Schunck :

Les échantillons, provenant de la côte de Coromandel et de l'espèce dite *coconado*, du nom du port d'expédition, furent traités pendant plusieurs heures par une lessive alcaline bouillante. On en obtint un liquide brun qui, après décantation, donna avec un excès d'acide un précipité floconneux d'un brun foncé. Ce précipité contient deux matières colorantes qui existent dans le coton blanc, mais qui prédominent dans le nankin, l'une soluble dans l'alcool et qui se dépose par évaporation, l'autre soluble dans l'alcool à chaud et que l'on obtient par refroidissement.

Le premier est une résine brillante et transparente dont la composition est

| | |
|---|---|
| Carbone | 58,25 |
| Hydrogène | 5,42 |
| Azote | 3,73 |
| Oxygène | 32,63 |
| | 100,00 |

L'autre est une poudre d'un brun clair, qui contient sur 100 parties :

| | |
|---|---|
| Carbone | 57,70 |
| Hydrogène | 5,66 |
| Azote | 4,99 |
| Oxygène | 31,71 |
| | 100,00 |

§ 2. *Études microchimiques.* — La principale réaction chimique connue sur le coton était celle de la liqueur d'iode (iode et acide sulfurique) qu'on savait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

colorant la fibre en bleu et permettant d'apercevoir çà et là sur la surface des plaques d'une matière brunâtre qui semble y adhérer : les coupes, sous ce réactif, décèlent parfois la présence dans le canal central d'une matière grenue, jaune ou brune.

*Tableau des réactions microchimiques dont nous parlons page* 18.

| COULEURS à L'ŒIL NU. | COULEURS au MICROSCOPE. | IODE. | ACIDE CHROMIQUE. | ACIDE SULFURIQUE étendu. | LESSIVE de SOUDE. | AMMONIURE DE CUIVRE. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AVEC LES COULEURS D'ANILINE, LES RÉACTIONS ONT ÉTÉ LES SUIVANTES : | | | | | | |
| Dahlia M. | Violet. | Jaune orange. | Violet clair. | Se décolore. | Violet clair ou jaune. | Jaune clair. |
| Bleu magnifique. | Bleu clair. | Vert sale. | Jaune clair. | Jaune clair. | Rose jaunâtre. | Rose jaunâtre. |
| Vert à l'iode. | Vert clair. | Orange. | Vert clair. | Vert jaune clair. | Vert jaune clair. | Verdâtre. |
| Jaune d'aniline. | Jaune. | Jaune orange. | Jaune clair. | Se décolore. | Jaune très-clair. | Violet clair. |
| Orange à l'iode | Jaune paille. | Brun clair sale | Jaune paille. | Se décolore. | Jaune paille. | Jaune verdâtre. |
| Brun nouveau | Jaune et brun. | Orange. | Jaune paille. | Jaune clair. | Jaune clair. | Jaune. |
| Marron. | Rouge vineux. | Brun clair sale | Rose sale. | Rose sale. | Se décolore et passe au jaune clair. | Jaune rouge. |
| Safranine. | Rose clair. | Rouge orange clair. | Jaune clair. | Jaune clair. | Rose jaunâtre. | Rose jaunâtre. |
| Fuchsine diamant. | Violet jaune | Orange. | Violet clair. | Se décolore. | Violet clair. | Se décolore. |
| AVEC LES COULEURS VAPEURS, CES RÉACTIONS SUR COTON ONT ÉTÉ : | | | | | | |
| Violet. | Violet. | Jaune pâle. | Se décolore. | Se décolore. | Se décolore. | Se décolore. |
| Gris. | Gris. | Gris. | Gris. | Gris. | Gris. | Gris. |
| Bleu foncé. | Bleu foncé. | Vert bleu foncé | Bleu clair. | Bleu clair. | Se décolore. | Bleu foncé. |
| Bleu clair. | Bleu. | Vert bleu sale | Vert bleu. | Se décolore. | Se décolore. | Bleu clair. |
| Vert. | Vert jaune. | Jaune. | Vert jaune. | Vert jaune. | Jaune d'or. | Jaune clair. |
| Orange jaune. | Jaune. | Orange. | Jaune. | Jaune. | Jaune. | Jaune verdâtre. |
| Brun clair. | Brun clair à peine sensible. | Jaune pâle. | Jaune clair. | Brun clair à peine sensible. | Jaune pâle. | Se décolore |
| Brun. | Brun clair. | Jaune. | Se décolore. | D'abord rose, puis rose très-clair. | Se décolore. | Se décolore. |
| Rose. | Rose très-clair | Orange. | Jaune clair. | Rose très-clair. | Se décolore. | Se décolore. |
| Rouge. | Rose. | Rouge. | Jaune. | Rose clair. | Se décolore et passe au violet clair. | Violet. |
| AVEC LES COULEURS DE GARANCE : | | | | | | |
| **1° Garancine.** | | | | | | |
| Rouge. | Rouge. | Orange rouge. | Rouge clair. | Rose. | Rose. | Violet rouge. |
| **2° Rouge turc.** | | | | | | |
| Rouge. | Rose et rouge. | Orange. | Rose. | Rose. | Rouge. | Rouge. |
| AVEC LE CARTHAME : | | | | | | |
| Rose. | Rose. | Brun-rouge. | Rouge. | Rose clair. | Se décolore. | Orange sale. |
| ENFIN, AVEC L'INDIGO (BLEU D'INDIGO :) | | | | | | |
| Bleu. | Bleu clair, | Vert et jaune sale. | Bleu vert. | Bleu. | Bleu. | Bleu vert sale |



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Plusieurs réactions ont aussi été indiquées ultérieurement, mais elles sont moins nettes. Les principales sont les suivantes :

L'acide azotique aplatit complétement la fibre et détruit les bourrelets (Schlesinger); les lessives alcalines donnent lieu à une coloration brune (Kuhlmann); le bichlorure d'étain colore en noir (Maumené); la teinture de garance en jaune (Elsner); la fuchsine donne une teinte rouge qui disparaît au contact de l'ammoniaque (Boettger); l'acide sulfurique dissout (Payen).

Depuis 1867, Wiesner a surtout étudié l'action de l'ammoniure de cuivre sur le coton. D'après lui, ce réactif produit un gonflement vésiculaire allant souvent jusqu'à $0^{mill}.07$, et alors la cuticule reste appliquée autour des cellules ou bien elle est déchirée en lambeaux; après une longue action de l'ammoniure, la membrane utriculaire disparaît et la cutile devenue jaune clair flotte dans le liquide, le plus souvent sous forme d'un anneau. La membrane interne se comporte de la même manière : elle flotte sous forme d'une utricule enroulée épaisse de $0^{mill}.002$—0,006, jusqu'à ce que, comme le fait aussi plus tard la cuticule, elle se soit transformée peu à peu en une masse gélatineuse. Cependant, ajoute-t-il, quelques espèces de *Gossypium*, comme le *G. flavidum* et le *G. religiosum* n'éprouvent pas de gonflement vésiculaire au contact de l'ammoniure de cuivre, mais se dissolvent cependant dans ce réactif, qui ne laisse que la cuticule.

Mais les réactions microchimiques les plus intéressantes sur le coton sont celles qui ont été essayées en Allemagne sur des échantillons teints avec les couleurs les plus en usage. Nous les énumérons dans le tableau de la page 17 :

Toutes ces réactions, on le pense bien, présentent pour l'industriel le plus grand intérêt, car, dans beaucoup de cas, il est très-important de savoir avec quelle couleur une fibre textile est teinte. Elles varient, comme on le verra plus loin, avec chaque espèce de filament.

## III. — LA LAINE.

Nous ne voulons parler ici que du poil brut du mouton (*ovis aries*), fig. 6. Nous avons affaire à un produit qui, contrairement à ceux dont nous venons de parler, a été soigneusement étudié par nos plus savants chimistes modernes et particulièrement par M. Chevreul.

Voici la plus ancienne analyse qui ait été faite de la laine, elle est due au Dr Ure (*Annal. de chim. et de phys.*), t. XXIII, p. 385) :

| | |
|---|---|
| Carbone | 53,07 |
| Hydrogène | 2,80 |
| Oxygène | 31,02 |
| Azote | 12,03 |
| | 98,92 |

Plus tard, Scheerer, en reprenant ces chiffres, nous les donne de la façon suivante (*Rev. scient. et ind.*, t. VIII, p. 42) :

| | |
|---|---|
| Carbone | 50,653 |
| Hydrogène | 7,029 |
| Oxygène et soufre | 24,608 |
| Azote | 17,710 |
| | 100,000 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous avons ici un nouvel élément, le soufre. Les auteurs qui se sont ultérieurement occupés de ce textile ont trouvé des quantités tout à fait différentes de soufre : Bibra, 0,08 à 0,09 %, Chevreul, 1,78 %, etc., enfin le Dr Hermann Grothe, de Berlin, dit que cette quantité s'élève parfois jusque 3,4 % et ne descend jamais au-dessous de 1,3 %.

La composition de la laine est en somme celle des tissus épidermiques, cornes, ongles, etc. (épidermose). Pour l'obtenir pure, on la lave jusqu'à épuisement à l'eau chaude, l'alcool et l'éther. D'après le *Tr. de chim.* de Dumas (t. VIII, p. 167), on retirerait de cette façon, de la laine proprement dite, 68,77 % de matières étrangères qui sont :

| | | |
|---|---|---|
| Matière terreuse qui s'est déposée dans l'eau distillée dans laquelle on a lavé la laine. . . . . | 26,06 | 68,77 |
| *Suint* dissous dans l'eau distillée froide. . . . . | 32,74 | |
| Matière grasse formée de stéarine et d'élatérine. . . . . | 8,57 | |
| Matière terreuse fixée à la laine par la matière grasse. . . . | 1,40 | |
| Laine dégraissée par l'alcool. . . . . | | 31,25 |
| | | 100,00 |

Il était admis jusqu'ici que la laine pure renfermait 3,23 % de son poids de cendres, M. Gorup-Basanez avait même reconnu dans ces cendres 0,29 % de silice. Cette affirmation a trouvé des contradicteurs. En analysant une vingtaine d'échantillons de laine filées et peignées, c'est-à-dire presque pures, M. Ladureau n'a trouvé qu'une moyenne de 0g,564 de cendres, soit environ 1/2 % de son poids de sels minéraux (*Arch. de l'agr. du Nord*, t. XXIII, p. 382).

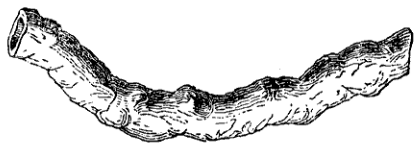


Fig. 6. — Poil grossi du mouton, coupé de façon à montrer sa structure tubulaire.

La composition de ces cendres est même, au point de vue agricole, importante à connaître en vue de la quantité des déchets de laine provenant des peignages et filatures employée chaque année comme engrais dans le Nord, et qu'on utilise souvent comme un engrais potassique. Or, la composition suivante des cendres est la preuve que la laine enfouie en terre n'est et ne sera jamais qu'un engrais azoté, et qu'elle renferme 70 % de sels de potasse, soit 0,02 de potasse pure dans ses cendres.

| | |
|---|---|
| Carbonate de potasse. . . . . | 48,30 |
| Carbonate de soude. . . . . | 17,17 |
| Chlorure de potassium. . . . . | 14,15 |
| Sulfate de potasse. . . . . | 9,24 |
| Carbonate de chaux. . . . . | 6,07 |
| Sulfate de chaux. . . . . | 2,06 |
| Phosphate de chaux. . . . . | 0,73 |
| Silice et alumine, etc. . . . . | 2,28 |
| | 100,00 |

D'après M. Chevreul, la laine pure dégraissée contiendrait un acide spécial, l'acide *lanuginique* qui se trouve dans le sel de baryte formé par la dissolution de cette laine dans une solution de baryte à l'ébullition. Cet acide est azoté, incristallisable, soluble dans l'eau et dans l'alcool et s'extrait du sel de baryte à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'aide de l'acide carbonique. Ce sel aurait, suivant M. Champion, la composition $C^{58}H^{58}Az^{10}O^{20}B_a$.

Une *huile* spéciale a été aussi obtenue de la laine pure par M. Grew. Williams, par la distillation de ce textile avec la potasse fondue. Traitée par l'acide chlorhydrique, cette huile a donné un mélange de chlorhydrate, d'amylamine et de butylamine.

D'une manière générale, on peut dire que cette laine pure contient moins de carbone et plus d'azote et de soufre que les matières albuminoïdes proprement dites.

La matière grasse, dite *suint*, extraite de la laine, a été tout aussi étudiée que le poil proprement dit qui l'a produite.

La première analyse de cette matière date de 1803; elle est due à Vauquelin, qui y a trouvé les substances suivantes (*Ann. de chim. et de phys.*, t. XLVII, p. 283) :

Savon à base de potasse qui en fait la plus grande partie;
Petite quantité de carbonate de potasse;
Quantité notable d'acétate de potasse;
Chaux combinée à un acide inconnu;
Muriate de potasse;
Matière animale donnant l'odeur du suint.

Plus tard, en 1857, une analyse définitive de M. Chevreul fit voir que l'on avait en main l'un des corps les plus complexes du règne animal, et on y découvrit 29 substances. Nous rappelons cette analyse pour mémoire :

1. Eau,
2. Ammoniaque,
3. Acide carbonique,
4. Arome des bergeries,
5. Arome *y*,
6. Acide phocénique,
7. Acide volatil *x*,
8. Stéarérine,
9. Elaiérine,
10. Principe immédiat gras cristallisable à la limite des acides,
11. Stéarénate de potasse,
12. Élaiérate de potasse,
13. Phocénate de potasse,
14. Acide volatil *x* uni à la potasse,
15. Acide incolore cristallisable (1),
16. Acide orangé incristallisable (1),
17. Acide azoto-sulfuré brun (1),
18. Matière acide azoto-sulfurée insoluble dans l'eau,
19. Carbonate de potasse,
20. Sulfate de potasse,
21. Silicate de potasse,
22. Chlorure de potassium,
23. Oxalate de chaux,
24. Phosphate de chaux,
25. Phosphate ammoniaco-magnésien,
26. Carbonate de chaux,
27. Oxyde de fer,
28. Oxyde de manganèse,
29. Oxyde de cuivre.

Dans des travaux ultérieurs, d'autres corps ont en outre été signalés dans le suint :

30. Acide valérianique, par Chevreul;
31. Cholestérine, par Hartmann;
32. Isocholestérine, par Schulze;
33. Un autre alcool moins riche en carbone (et en faible quantité) par Schutzenberger.

Nous n'ajouterons rien de plus sur cette matière étudiée sous toutes les formes dans les travaux de Chevreul, Maumené et Rogelet, Cloez, Havrey, et que

(1) Les substances 15, 16 et 17 sont unies à la potasse dans le liquide brun.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chacun peut aisément consulter, puisqu'ils ont été pour la plupart reproduits dans les *Ann. de chim. et de phys.*

Le suint a été utilisé comme source de potasse, fabrication des prussiates, etc.

## Découvertes et recherches diverses faites sur la laine depuis 1867.

§ 1. *Étude chimique de la laine.* — 1° *Peigné et fil de laine :* Les matières autres que la laine pure contenues dans le peigné et le fil de laine sont très-diverses. Elles ont été indiquées dernièrement por M. A. Thomas (*Soc. ind. du nord de la France*, t. III, p. 113). Nous ne ferons que les mentionner :

*a.* Celles qui ont été introduites dans la laine pour les besoins du travail, telles que les savons alcalins, qui ont pour effet de fixer sur la laine les bases terreuses ou métalliques contenues à l'état de dissolution dans les eaux employées pour les opérations ultérieures, ainsi que les sels terreux existant primitivement dans la laine brute et qui n'auraient pas complétement été éliminés par le lavage; la glycérine, qui facilite le mouillage et rend la laine plus souple et plus nerveuse, et les huiles d'ensimage qui empêchent la laine de se mouiller uniformément.

*b.* Celles qui se forment dans le cours du travail, telles que les savons de chaux, de magnésie, de fer, de plomb, qui proviennent de l'action des savons alcalins contenus dans les laines quand on les rince dans des eaux d'une pureté insuffisante, les sulfates insolubles ou peu solubles préexistant, et même l'arsenic, dans les laines tombées à l'orpin.

*c.* Enfin, celles qui ont été introduites volontairement et qui constituent une fraude proprement dite, telles que les sels de baryte, le kaolin, etc.

2° *Déchets de l'industrie lainière.* — La composition de ces déchets a été déterminée à plusieurs reprises, au point de vue agricole, par MM. Corenwinder et Meurein (*Arch. de l'agr. du Nord*, t. I, p. 10, 2e série et *Bull. de la Stat. agr.*, 1867-70), et tout récemment ils ont fait l'objet d'une étude spéciale de M. Petermann (*Ann. agr.*, t. II, p. 616).

Comme nous l'avons indiqué tout à l'heure ils constituent généralement un engrais presque exclusivement azoté et il y a presque toujours lieu de les associer à des engrais phosphatés à cause de la faible quantité d'acide phosphorique qu'on y rencontre. Mille procédés sont employés par l'industrie pour en faciliter la décomposition; on les traite par les alcalis, les acides, on les expose à l'action de la vapeur surchauffée, on les soumet enfin à la torréfaction en vase clos. Néanmoins, l'agriculture les emploie encore à l'état brut, soit en les faisant fermenter en en préparant des compost ou en les incorporant tout simplement dans des tas de fumier. Les composés obtenus industriellement renferment ordinairement environ la dixième partie de leur titre total en azote sous forme d'ammoniaque, produit de la réaction de la chaleur ou des vapeurs sur les matières organiques azotées.

On peut également comprendre parmi les déchets de l'industrie lainière le produit dit *tourteau de suint*, les boues provenant du *lavage des laines* et le liquide ayant servi à l'*épaillage chimique*. Le premier peut être employé avantageusement en agriculture, quant aux autres il ne faut pas oublier qu'ils renferment certains produits, tels que l'acide sulfurique libre, et qu'il ne faut les employer qu'après y avoir ajouté du phosphate de chaux, des phosphorites ou des os en rapport avec la quantité d'acide libre qu'ils contiennent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

§ 2. *Étude microscopique de la laine.* — 1° *Laine pure* : Examinée au microscope, la laine paraît fortement ondulée, constituée par des écailles de forme toujours irrégulière et qui diffèrent avec chaque espèce, fig. 7. On rencontre fréquemment à la surface des îlots des cellules nédullaires. On peut distinguer toujours la laine de première tonte en ce que celle-ci, n'ayant jamais été brisée, a toujours une pointe fine et lisse, tandis que les autres tontes fournissent un poil dont la base et l'extrémité ont le même diamètre. On pourra aussi remarquer combien les dispositions contournées des poils de laine sont caractéristiques, fig. 8 et 9, et combien elles diffèrent essentiellement des autres duvets du même genre, fig. 10.

Dans un récent travail sur les propriétés physiques des laines (*Ann. agron.*, t. II, p. 364), et en comparant les chiffres obtenus avec les laines actuelles au microscope d'avec ceux donnés antérieurement sur les laines non améliorées, M. Gobin a résumé les propriétés relatives à la longueur de la mèche, au diamètre du brin, au nombre des ondulations et des écailles de l'épidermicule, à l'élasticité et à la finesse. Sans vouloir ici résumer cette étude, nous nous con-

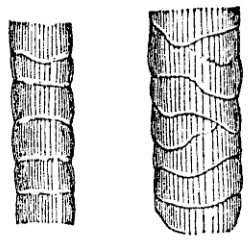


Fig. 7. — Laines vues au microscope.

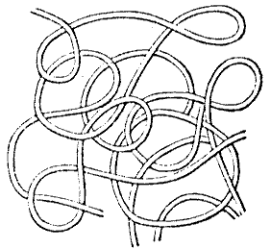


Fig. 8. — Disposition contournée des filaments de laine.

tenterons d'appuyer sur les conclusions qu'il en tire et que voici en peu de mots :

1° La *finesse* du brin est généralement proportionnelle à la longueur de la mèche, mais en raison inverse, exception faite pour certaines laines lisses, comme le mauchamp;

2° Le *nombre des ondulations* est généralement proportionnel à la finesse du brin, exception faite encore pour certaines laines lisses, comme le mauchamp;

3° Il en est de même du *nombre des lamelles* de l'épidermicule, témoin la laine du mérinos mauchamp, qui pourrait d'ailleurs bien être du poil et non du duvet;

4° Le *diamètre* du brin augmente, le nombre des ondulations et sans aucun doute aussi celui des écailles épidermiques diminuent à mesure que s'accroit la longueur de la mèche, mais non pas dans un rapport tout à fait proportionnel;

5° L'*élasticité* constitue pour les laines une précieuse qualité industrielle, c'est elle qui contribue à donner à certains tissus leur souplesse, leur moelleux et même leur résistance;

6° L'*élasticité de frisé* prend surtout de l'importance dans la fabrication des étoffes rases, tissées et foulées, les draps, par exemple; elle en perd notamment pour les tissus lisses, comme orléans, popeline, etc.;

7° L'*élasticité de rétirement* est un premier indice de la qualité qu'on appelle le nerf; elle contribue à donner aux tissus la force de résistance proportionnelle à leur prix et nécessaire pour résister à l'usure, elle acquiert plus d'importance

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaque jour à cause du mélange de vieille laine, que l'on pratique universellement depuis un certain nombre d'années et pour tous les tissus foulés et feutrés;

8° L'*élasticité de rupture* est la preuve décisive du nerveux de la laine, mais doit être considérée relativement au diamètre du brin et non pas d'une manière absolue;

9° Il ne paraît pas y avoir de relation régulière entre la ténacité et le diamètre.

Toutes ces conclusions résultent d'expériences qui ont été faites sur des poils de laine *améliorée*.

C'est au microscope surtout que l'on s'aperçoit exactement de la véritable amélioration qu'ont produit sur le poil de laine les nouvelles méthodes d'élevage des moutons. Pour en faire saisir exactement les caractères, nous indiquerons le résumé du travail de M. Gobin relatif à la longueur, au diamètre et au nombre des ondulations.

D'après lui, le *mérinos pur français*, examiné comparativement dans la

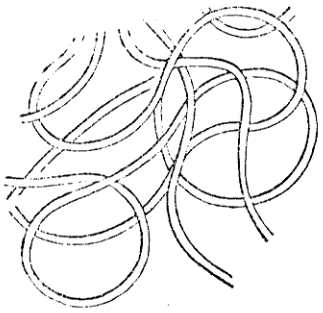


Fig. 9. — Autre disposition des filaments de laine.

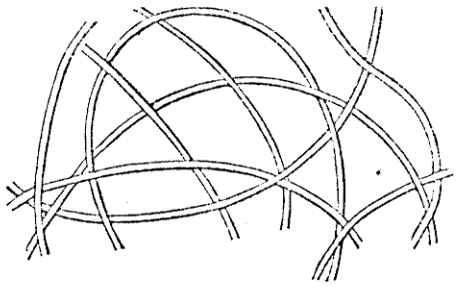


Fig. 10. — Disposition qu'affectent ordinairement les duvets de cachemire.

première moitié de ce siècle, puis dans la seconde, a vu graduellement s'allonger sa mèche (0m,04,652 à 0m,06,240), s'accroître le diamètre de son brin (0mill.02,448 à 0,03,390) et diminuer le nombre de ses ondulations sur une longueur donnée (9,44 à 7,84). Les *anciens mérinos allemands*, comparés aux *anciens mérinos français*, se montrent au contraire plus courts de mèche (0m,03,886 à 0m,04,652), plus fins de brin (0mill.02,255 à 0,02,438) et un peu plus ondulés (9,55 à 4,4). Les *mérinos allemands actuels* comparés aux *anciens* ont gagné en longueur de mèche (0m,04,529 à 0,03,886), en diamètre du brin (0mill.02,809 à 0,02,255) et cependant aussi en ondulations (10,17 contre 9,55). Si on les compare aux *mérinos français actuels*, ceux allemands leur seraient inférieurs en longueur de mèche (0m,04,529 à 0,06,240), supérieurs en finesse du brin (0mill.02,809 à 0,03,390) et notablement plus ondulés (10,17 contre 7,84). Le *mérinos mauchamp* pur est un peu plus fort que la moyenne des *mérinos français 1867* (0m,03,25 à 0,03,39), il est surtout plus long de mèche, à brin presque lisse, c'est-à-dire à peine ondulé, et jouit d'une haute estime industrielle pour la confection de certains tissus. Enfin les *laines south-down* sont parfois plus fines que nos *mérinos français*, mais d'autres qualités, qui paraissent leur faire défaut, les laissent dans une certaine infériorité.

En résumé, comme on le voit, l'amélioration est généralement très-sensible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Laine renaissance.* — On appelle *laine régénérée*, *shoddy*, *mungo-renaissance*, la laine qui provient des déchets résultant du détramage des vieux draps et des chiffons.

Pour étudier si un poil de laine est pur ou provient de chiffons il faut en observer la couleur et la structure.

La couleur, tout d'abord, n'est que rarement uniforme : elle le paraît à l'œil nu, parce que les poils sont ou régulièrement disséminés sur la surface, ou que l'une ou l'autre teinte prédomine dans le fil, mais au microscope il est facile de voir quels sont les poils teints dont la nuance est très-prononcée ou a été mal enlevée par le blanchiment et quels sont les poils non teints qui sont d'un blanc pur.

Mais c'est surtout l'irrégularité du diamètre qui accuse la présence de la renaissance : ce diamètre tantôt est uniforme, tantôt s'élargit démesurément ou d'autres fois est plus étroit que partout ailleurs. D'un autre côté, les écailles sont quelquefois perdues et le poil est tellement morcelé qu'il est facile de le distinguer du fil de laine pure à la première observation; il n'a jamais non plus la même uniformité de longueur.

Pour voir quelles sont les sortes de textiles qui sont mélangées à la laine, il faut avoir soin de faire quelques préparations de renaissance en ayant soin de disposer les fibres le plus parallèlement possible. On note alors quelle est la quantité de chaque filament qui s'offre à l'œil et l'on se guide autant que possible d'après les caractères connus de chaque filament pour en indiquer le genre et l'espèce.

§ 3. *Étude microchimique de la laine.* — 1° *Laine pure* : D'après Grothe et Bareswill, l'acide azotique la dissout très-difficilement avec une couleur jaune; on sait d'autre part que l'acide chlorhydrique la dissout avec une coloration rouge; Liebermann indique comme l'une de ses réactions microchimiques caractéristiques sa coloration en rouge foncé par l'alloxanthine et en rouge par la rosaniline, Boettger dit aussi que la fuchsine produit la même coloration, Schlesinger mentionne l'azotate d'argent comme la colorant en violet ou en brun noir, et le sulfate de cuivre ou de fer en noir; ajoutons enfin que l'ammoniure de cuivre produit sur la laine un faible gonflement qui rend les écailles plus apparentes, et l'acide sulfurique, une action toute spéciale sur laquelle un auteur allemand a dernièrement attiré l'attention (*Deutsche Wollen-Gewebe*, juin 1873). Cet acide concentré a la propriété de faire disparaître tout à fait la structure primitive du poil, dont les écailles se gonflent et se relèvent peu à peu durant l'action de l'acide et qui enfin finit par présenter l'apparence d'une fibre couverte de fissures pour se résoudre enfin en une myriade de filaments si on prolonge l'action.

Nous donnons ci-contre, comme nous l'avons fait pour le coton et d'après les mêmes autorités, les réactions microscopiques sur une grande partie des couleurs actuellement employées sur laine.

Sur les couleurs, vapeurs d'abord, voici, pour les mêmes teintes que sur le coton, les diverses observations auxquelles on a été amené (v. les tabl. ci-contre).

2° *Renaissance.* — C'est surtout lorsqu'il s'agit de la laine régénérée que les études microchimiques deviennent surtout intéressantes. Nous allons essayer d'en rendre compte le plus clairement possible d'après les travaux étrangers les plus récents.

L'ammoniure de cuivre tout d'abord sert à déceler la présence des différents textiles, la soie et le coton sont rapidement détruits, le fil de lin est légèrement attaqué après cette dissolution, le fil de laine n'est que gonflé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour distinguer la laine renaissance de la laine pure, on peut se servir de la lessive de potasse ou de soude, qui attaque plus rapidement la première que la

*Étude michromique de la laine.*

| COULEURS à L'ŒIL NU. | COULEURS au MICROSCOPE. | IODE. | ACIDE CHROMIQUE. | ACIDE SULFURIQUE étendu. | LESSIVE de SOUDE. | AMMONIURE de CUIVRE. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Violet. | Violet. | Jaune. | Violet jaunâtre. | Violet. | Se décolore. | Se décolore. |
| Gris. | Gris clair. | Gris clair. | Gris clair. | Gris clair. | Gris clair. | Gris clair. |
| Bleu foncé. | Bleu foncé. | Jaune vert. | Bleu. | Bleu foncé. | Se décolore. | Bleu. |
| Bleu clair. | Bleu. | Vert jaunâtre. | Vert jaunâtre. | Bleu clair. | Se décolore rapidement. | Se décolore lentement. |
| Vert. | Vert foncé. | Jaune. | Vert jaunâtre. | Vert foncé. | Jaune d'or. | D'abord jaune, puis se décolore. |
| Orange jaune. | Orange. | Orange foncé. | Orange. | Orange. | Jaune clair. | Orange. |
| Brun-clair. | Presque incolore. | Jaune pâle. | Brun clair. | Coloration rose légère. | Jaune pâle. | Se décolore. |
| Brun. | Brun clair. | Orange. | Rose. | D'abord rose, puis rose pâle. | Se décolore. | Se décolore. |
| Rose. | Rose. | Orange. | Orange. | Rose. | Se décolore. | Se décolore. |
| Rouge. | Rouge de sang. | Rouge de sang. | Rose. | Rose. | Violet clair. | Violet. |

L'essai sur les couleurs de garance a donné :

| ESPÈCE DE LA FIBRE. | COULEUR à L'ŒIL NU. | COULEUR au MICROSCOPE. | IODE. | ACIDE CHROMIQUE. | ACIDE SULFURIQUE étendu. | LESSIVE de SOUDE. | AMMONIURE de CUIVRE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1° Purpurine.** | | | | | | | |
| Laine avec mordant d'alun. | Rouge foncé | Rouge foncé | Orange foncé. | Orange rouge. | Rouge clair | Rose. | Violet rouge. |
| Laine avec mordant d'étain. | Orange rouge. | Rouge. | Orange. | Orange foncé. | Rouge jaunâtre. | Rose violet | Rouge violet foncé. |
| **2° Cochenille.** | | | | | | | |
| Cochenille naturelle. | Rouge. | Rouge. | Orange rouge. | Rose. | Rose. | Rose clair. | Violet rouge. |
| Cochenille ammoniacale. | Rouge. | Rouge clair. | Orange rouge clair. | Rose clair. | Rose clair. | Violet. | Violet. |
| SUR L'ORSEILLE, ON A OBTENU : | | | | | | | |
| Laine. | Brun rouge. | Brun rouge. | Rouge. | Rouge. | Rouge sale | Violet. | Violet foncé. |
| AVEC LE JAUNE DE NAPHTALINE : | | | | | | | |
| Laine. | Jaune. | Jaune. | Jaune foncé | Jaune. | Jaune. | Jaune. | Devient bleu lentement. |
| ET ENFIN SUR L'INDIGO (ACIDE SULFO-INDIGOTIQUE) : | | | | | | | |
| Laine. | Bleu. | Bleu clair. | Vert jaune. | Bleu vert. | Bleu foncé. | Se décolore | Bleu. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seconde. Cette action est la même quand on emploie l'acide sulfurique concentré, mais beaucoup plus caractéristique. Pour s'en convaincre, voici l'expérience qui a été faite : on a placé sur le microsope un poil de renaissance et un poil de laine pure placés en croix, on a déposé sur le point de contact une goutte d'acide concentré à 66° B., et, après avoir placé le couvre-objet sur la préparation, on l'a examinée à 65 diamètres. On voit alors la renaissance se gonfler plus rapidement que le poil pur, le shoddy se décolore peu à peu jusqu'au moment ou à peu près où elle perd sa forme écailleuse pour prendre la forme d'une fibre fissurée. Une série de quinze essais exécutés sur des renaissances de diverses provenances et différemment colorés, a donné par comparaison avec le poil de laine pur :

| ÉCHANTILLONS. | LE POIL DE RENAISSANCE PASSE | TEMPS EMPLOYÉ par la renaissance pour perdre sa structure. | TEMPS EMPLOYÉ par la laine pure. |
|---|---|---|---|
| | | min. sec. | min. sec. |
| 1 | Du vert au jaune. . . . . | En 3 45 | En 4 05 |
| 2 | — brun au brun clair. . . . . | — 3 15 | — 4 15 |
| 3 | — violet à l'incolore. . . . . | — 3 15 | — 2 55 |
| 4 | — noir au rouge. . . . . | — 2 10 | — 4 00 |
| 5 | — rouge au rouge clair. . . . | — 1 45 | — 6 05 |
| 6 | — bleu à l'incolore. . . . . | — 1 45 | — 1 25 |
| 7 | — jaune au jaune sale. . . . . | — 1 30 | — 3 45 |
| 8 | — rose au jaune. . . . . | — 1 15 | — 3 20 |
| 9 | — noir au jaune. . . . . | — 1 05 | — 5 10 |
| 10 | — vert foncé au gris. . . . . | — 1 05 | — 1 50 |
| 11 | — jaune foncé au jaune clair. . | — 1 00 | — 1 45 |
| 12 | — brun foncé au jaune rouge. . | — 1 00 | — 1 15 |
| 13 | — gris clair à l'incolore. . . . | — 0 45 | — 1 30 |
| 14 | — gris clair à l'incolore. . . . | — 0 30 | — 1 10 |
| 15 | — De l'incolore à l'incolore. . . | — 0 15 | — 4 30 |

Ainsi donc, l'acide sulfurique détruit plus rapidement la laine renaissance que la laine neuve et le temps de cette destruction peut être caractérisé dans l'un et l'autre cas par les changements de couleurs opérés à l'aide des réactifs cités plus haut.

Il convient d'observer cependant que des expériences aussi délicates ne doivent pas être notées comme des calculs d'une exactitude absolue. La qualité du poil, la quantité d'acides, l'intensité du courant qui se produit sur l'objectif, le frottement et la pression du couvre-objet, sont autant de causes qui peuvent plus ou moins modifier les données établies. Si cependant les expériences dont nous venons de rendre compte ne peuvent faire force de loi, il n'en est pas moins vrai cependant que les résultats obtenus doivent être, à peu de chose près, exacts dans la plupart des cas et peuvent servir de base dans les contrôles et les expertises auxquels peuvent donner lieu les transactions industrielles.

3° *Micmac.* — On appelle de ce nom singulier le fil laine et coton. Comme ce produit, contrairement à la laine renaissance, n'est formé que de matières pures et sans mélange, il nous semble inutile de faire autre chose que de le signaler, les deux textiles qui le composent ayant été étudiés précédemment.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## IV. — LE CHANVRE.

La plus ancienne analyse du chanvre desséché à 100° date de 1845; elle est due à R. Kane et ne nous apprend pas grand' chose. Nous la donnons à titre de renseignement :

| | |
|---|---|
| Carbone | 39,94 |
| Hydrogène | 5,06 |
| Oxygène | 48,72 |
| Azote | 1,74 |
| Sels | 4,54 |
| | 100,00 |

C'est là la composition de la tige. Le même auteur a trouvé dans les feuilles :

| | |
|---|---|
| Carbone | 40,50 |
| Hydrogène | 5,98 |
| Oxygène | 1,82 |
| Azote | 29,70 |
| Cendres | 22,00 |
| | 100,00 |

La composition des cendres a plus d'importance au point de vue de la comparaison de ce textile avec le lin :

| | |
|---|---|
| Potasse | 7,48 |
| Soude | 0,72 |
| Chaux | 42,05 |
| Magnésie | 4,88 |
| Alumine | 0,37 |
| Silice | 6,75 |
| Acide phosphorique | 3,22 |
| Acide sulfurique | 7,10 |
| Chlore | 1,53 |
| Acide carbonique | 31,90 |
| | 100,00 |

Des éléments principaux de cette analyse, il n'y a que la quantité de chaux qui soit supérieure à celle que contiennent les cendres du lin; il y a surtout beaucoup moins de potasse et d'acide phosphorique, et c'est ce qui nous fait de suite comprendre pourquoi cette culture épuise beaucoup moins la terre que celle du lin et pourquoi les périodes de rotation sont placées à des intervalles beaucoup moins éloignés.

En tenant compte des cendres, la partie organique se compose alors de :

| | |
|---|---|
| Carbone | 55,66 |
| Hydrogène | 8,21 |
| Azote | 6,45 |
| Oxygène | 29,68 |
| | 100,00 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bucholz a fourni de la plante *fraîche* l'analyse suivante, qui nous donne une idée *du peu de richesse en fibre* de la plante, comparativement à la quantité d'enveloppe ligneuse et de produits organiques qu'elle entoure ou entre lesquelles elle se trouve placée. (*Anc. J. de Gehlen*, t. VI, p. 615.)

| | |
|---|---|
| Huile grasse | 19,01 |
| Résine | 1,06 |
| Sucre incristallisable avec de la matière extractive un peu amère acidulée | 1,06 |
| Extrait gommeux brun | 9,00 |
| Albumine soluble | 24,07 |
| *Parties de fibre ligneuse* | 5,00 |
| Enveloppe | 38,03 |
| Perte | 0,07 |
| | 100,00 |

C'est surtout l'analyse de la graine (chènevis) due à Leuchtweiss qui nous apprend que le chanvre est une plante à potasse, surtout à chaux et contenant aussi beaucoup d'acide phosphorique. (*Rev. scient. et ind.*, 2e série, t. III, p. 22).

| | | Déduction faite du charbon, on a eu 100 parties de cendres pures. |
|---|---|---|
| Potasse | 20,81 | 21,67 |
| Soude | 0,64 | 0,66 |
| Chaux | 25,57 | 26,60 |
| Magnésie | 0,96 | 1,00 |
| Peroxyde de fer | 0,74 | 0,77 |
| Acide phosphorique | 33,52 | 40,11 |
| Sulfate de chaux | 0,18 | 1,70 |
| Chlorure de sodium | 0,09 | 1,55 |
| Acide silicique | 13,48 | 0,92 |
| Charbon | 6,19 | » |
| | 102,18 | 100,00 |

Nous donnons, pour terminer cette série d'analyses, et à titre de curiosité scientifique, la composition du *pollen* de chanvre, telle que nous l'a légué John; ce savant y a trouvé les matières suivantes (*Écr. chim.*, t. V, p. 42) :

Cire;
Résine;
Matière extractive;
Sucre;
Pollénine;
Albumine caseuse;
Sels ammoniacaux;
Malates;
Phosphate de potasse et de chaux.

Quant au tourteau, MM. Girardin et Soubeyran (*Chim. app. à l'agr.*, t. II) ont prouvé depuis longtemps qu'il serait comme engrais bien préférable à celui du colza, il est d'ailleurs de tous les tourteaux employés comme condiment le plus riche en phosphate et, sous le rapport de l'azote, il n'y a que celui d'œillette qui lui soit inférieur.

Nous ne pouvons parler de la composition chimique du chanvre sans entretenir nos lecteurs du *haschich*.

Le moyen employé pour recueillir cette résine est assez curieux. On attend les grandes chaleurs qui permettent au produit d'être secrété plus abondamment,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et on envoie au travers des chanvrières des coolies revêtus de vêtements qui agitent les tiges avec violence, la matière s'attache aux vêtements de la surface desquels on l'extrait ensuite soigneusement. Dans certains pays, les vêtements de cuir sont supprimés et les hommes sont envoyés nus à travers les champs; on gratte ensuite leur peau.

C'est cet extrait qui, mélangé en Orient à des aromates de tous genres et à des huiles végétales, constitue une sorte de confiture nauséabonde connue sous le nom de *dawamesc*, ou bien encore sous forme d'extrait aqueux et sous le nom de *hafioum*, ou sous forme de cigarettes, matière à pipe, etc.

Les phénomènes psychiques qui accompagnent l'absorption du haschich sont des plus caractéristiques. On se rappelle les *agapes* de l'hôtel Pimodan, d'il y a quarante ans, où figuraient Théophile Gauthier, Balzac et Gérard de Nerval, et où le haschich jouait le principal rôle; Th. Gauthier leur a consacré quelques pages brillantes dans le récit intitulé *Le Club des Haschichins*. On raconte qu'en Orient où le haschich est d'un usage général, on voit dans certains cafés figurer aux murs des dessins de formes bizarres, bleues ou rouges, des chameaux, bonshommes grotesques, etc.; aux yeux des fumeurs de haschich ces dessins revêtent, durant l'absorption du produit, des formes délicieuses, et ils se croient transportés dans le paradis de Mahomet.

Dans le récit d'un voyage récent en Egypte, M. Richet nous donne une idée des effets du haschich, voici ce qu'il dit :

« Quand on n'est pas prévenu, les premiers effets du haschich passent inaperçus. C'est une certaine excitabilité motrice et sensitive de la moëlle épinière. On sent des élancements dans la nuque, dans le dos, dans les jambes; des frissons parcourent le corps. On a comme des bouffées de chaleur ou de froid qui montent à la tête; avec tout cela règne un certain bien-être qu'on ne sait à quoi attribuer, et ce même sentiment de satisfaction générale que tout le monde a éprouvé plus ou moins après l'absorption d'une certaine quantité d'alcool. Peu à peu l'excitation de la moëlle épinière produit des effets plus caractéristiques. On s'agite, on se promène de long en large, on s'étire dans tous les sens; on a envie de danser, de remuer, de soulever des poids énormes, et, au milieu de cette excitation simplement musculaire, l'intelligence reste calme; mais tout d'un coup, par un mot dit au hasard par quelque assistant, pour une remarque toute naturelle qu'on vient de faire, on est pris d'un rire presque involontaire, rire prolongé, nerveux, convulsif, qu'on ne saurait justifier et qui semble interminable, quand cet immense éclat de rire a cessé, on sent qu'il était ridicule; on reprend ses sens et on comprend que, si l'on a ri ainsi, c'est que l'on vient de subir les premières atteintes du poison.

A partir de ce moment les idées deviennent de plus en plus pressées. C'est un feu d'artifice perpétuel, un geste de feu qui éclate dans toutes les directions. L'idée succède à l'idée avec une rapidité vertigineuse. Les pensées vont, viennent, se pressent en désordre, sans lois apparentes, en réalité suivant les lois fatales de l'association des idées et des impressions. On parle avec agitation, presque avec fureur, et on s'étonne de voir autour de soi des personnes qui ne partagent pas l'ivresse qu'on ressent; on s'indigne de la lenteur de leurs conceptions. En vain on voudrait exprimer tout ce qu'on éprouve, le langage n'est pas assez rapide pour rendre la rapidité de la pensée. Les idées, tristes ou joyeuses, fières ou humbles, généreuses ou lâches, sont toujours exagérées; comme dans l'ivresse, on ne connaît plus les bornes et les justes limites.

« *Quos ultra citraque nequit consistere rectum* »

De même que les médecins disent en parlant d'un tissu qui a augmenté de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

volume et d'épaisseur « qu'il est hypertrophié, de même on pourrait dire qu'il y hypertrophie des idées ».

Vues au microscope, les fibres végétales cultivées en France se présentent sous des aspects assez divers dont l'étude ne manque pas d'intérêt. Examinés soit dans les liquides neutres, tels que la dissolution claire et sirupeuse de chlorure de calcium, la glycérine pure ou additionnée d'eau camphrée et d'acide acétique, soit, sous l'action d'un réactif quelconque, tel que la liqueur d'iode, l'acide sulfurique, la potasse, etc., ces filaments diffèrent beaucoup les uns des autres.

Nous dirons tout d'abord que, pour étudier le chanvre, il suffit d'un microscope composé au grossissement de 300 diamètres, car, c'est une erreur généralement accréditée parmi les personnes étrangères aux observations microscopiques que l'objet se voit d'autant plus que le grossissement est considérable; nous pouvons même affirmer que les observations ne se font bien que si l'on passe graduellement de grossissements plus petits à d'autres plus élevés; ce n'est que pour élucider certains détails que l'on se sert des objectifs les plus forts. D'autre part pour dessiner les préparations que l'ou a sous les yeux, la chambre claire la plus commode est celle d'Oberhaüser, et, si l'on veut pousser très-loin le grossissement, celle que construit M. Chevalier et qui est destinée à projeter sur une surface horizontale l'image donnée par un microscope vertical; si l'on veut aller plus loin et fixer les contours des objets par la photographie, on a à choisir entre bien des méthodes : M. Nachet vend pour 350 francs un petit instrument spécialement destiné à cet usage, accompagné d'une série d'objectifs et monté verticalement de manière à peindre l'image dans le fond de la chambre noire; la couche sensible est donc horizontale; on peut encore employer la méthode indiquée par M. Aimé Girard, du Conservatoire des arts et métiers, dans le Bulletin de mai 1876 de la Société française de photographie.

*Forme générale des fibres de la plante.* — Les filaments doivent être délicatement détachés avec une bruxelle d'un lot de filasse et étendus sur une plaque de verre imbibée de glycérine. On a eu soin auparavant de leur faire subir dans une dissolution de carbonate de soude une ébullition d'environ vingt minutes pour les débarrasser des fragments de parenchyme et autres matières étrangères qui y sont adhérentes. Une fois dans la glycérine, on les écarte un peu les uns des autres au moyen d'une aiguille emmanchée qu'on passe au travers, en ayant soin de les maintenir par l'ongle à une extrémité. La plaque du verre est ensuite portée sur la platine du microscope à dissection, on place l'aiguille perpendiculairement aux fibres, et on imprime à l'instrument un léger mouvement de gauche à droite. La préparation n'est que rarement endommagée par cette méthode.

On voit alors le chanvre se présenter sous l'aspect de faisceaux compactes et agglomérés, et lorsqu'on veut, au moyen d'une aiguille, séparer les unes des autres les fibres à examiner, il est difficile de les obtenir entières, car elles se déchirent avec la plus grande facilité et ces déchirures paraissent très-fines; c'est ce qui a fait croire à plusieurs observateurs que le chanvre était plus fissile que le lin, ce qui n'est pas . Ces faisceaux semblent souvent, sous un plus fort grossissement, avoir été ployés dans le sens de leur largeur, et le pli qui en résulte se présente sous l'aspect de lignes transversales très-visibles.

Quand on est parvenu à détacher quelques fibres du corps d'un faisceau, on voit souvent, contrairement à ce qui a lieu pour le filament toujours lisse du lin, des fibrilles attenantes aux nervures des côtés et qui semblent des déchirures du corps principal. Ces fibres sont rubanées ou rondes et alors

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

presque lisses, mais de largeurs très-différentes entre elles-mêmes, ou sur un espace très-court.

La fibre du chanvre est un tuyau, mais au microscope on aperçoit très-peu le canal intérieur dans les filaments entiers. La longueur du tube est en effet parsemée de stries *longitudinales*, dont nous expliquerons plus loin la cause, qui empêchent de le voir bien distinctement. Sur chacune des fibres prises isolément, on aperçoit en outre les lignes ***transversales*** que l'on voit sur les faisceaux entiers.

*Forme des pointes.* — Les pointes du chanvre sont plates, rondes, et toujours d'aspects très-divers; les unes sont spatuliformes, les autres lancéiformes, d'autres encore présentent le profil d'un losange diversement bosselé, etc. L'un des côtés est généralement plus large que l'autre.

*Longueur des fibres.* — Pour mesurer la longueur des fibres, on fait usage d'une plaque de verre rectangulaire de 0,05 sur 0,10 centimètres, sur laquelle est gravée une échelle divisée en centimètres et en millimètres que l'on place sous la plaque de verre sur laquelle sont étendues les fibres et que l'on observe avec le plus faible objectif. Bien qu'il soit parfois d'usage de prendre comme moyenne des longueurs observées celle qui se rencontre le plus souvent dans le cours de l'examen, nous pensons qu'il est préférable de faire comme on agit toujours dans ces sortes de notations. c'est-à-dire de diviser la somme des chiffres obtenus par le nombre des longueurs observées.

Examinées de cette façon, les fibres élémentaires du chanvre présentent des différences de longueur très-variées, depuis $5^{mm},75$ jusque 55 millimètres.

*Coupe des fibres de la plante.* — Il est assez difficile de faire des coupes d'un filament végétal. Pour bien opérer, il faut réunir des fibres bien débouillies comme nous l'avons expliqué plus haut, on les réunit ensuite en un faisceau de la grosseur d'une plume d'oie que l'on maintient vers le milieu par un morceau de fil et que l'on tranche ensuite de chaque côté du lien sur une longueur de 15 millimètres environ. On fait absorber au faisceau par chacune de ses extrémités de l'encollage à base de gélatine que l'on étend en même temps avec la main et en pressant légèrement les fibres maintenues bien droites, puis on le fait passer entre ses doigts pour enlever l'excès de colle, souder les filaments entre eux et chasser l'air emprisonné entre leurs interstices. On le fait alors sécher en le suspendant au moyen du fil avec lequel on l'a lié.

Au bout d'un jour, en été, deux jours et quelquefois plus en hiver, le faisceau est sec. On le maintient dans un étau à main, on s'adapte à l'œil une loupe d'horloger, et on promène de biais un rasoir sur la tranche de l'étau, de façon à égaliser l'extrémité des fibres; puis, on commence les coupes. Si les fibres plient un peu, c'est que le faisceau n'est pas assez sec, il faut attendre; si le faisceau était trop sec, le rasoir s'ébrècherait et on n'obtiendrait de bonnes coupes qu'en projetant l'haleine humide sur la tranche, on obtient alors des morceaux de consistance cireuse ou blanchâtres qui sont bons à condition d'être excessivement minces. Après chaque coupe, on repasse le rasoir suivant les conseils de M. van Heurck, nous nous servons dans ce but d'une composition excellente, malheureusement un peu chère (11 et 25 fr. suivant la grandeur de la tablette) et qui porte pour nom *celebratet magnetic tablet* (Rigge Brockbank et Rigge, 35, Newbond street, London, et 5, East street Brighton); après avoir passé un certain nombre de fois le rasoir sur cette composition, en ayant soin de le tenir bien plat, on termine en le passant cinq ou six fois sur le cuir placé de l'autre côté et sur lequel on répand avec le doigt le *Rimmels genuine*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Diamond dust* que l'on trouve dans tous les dépôts de parfumerie de la maison Rimmel. Cette observation a une certaine importance.

C'est là la meilleure façon de faire des coupes. Toutefois lorsqu'on a affaire à la plante fraîche et que l'on veut juger de sa richesse en fibre et de la place qu'occupent les filaments, ou à la plante desséchée (qu'il est toujours nécessaire de rafraîchir un peu en la macérant dans l'eau), il faut alors faire usage du microtome et la coupe s'effectue mécaniquement et avec une régularité mathématique. Encore faut-il cependant prendre bien des précautions en s'en servant. Nous conseillons pour le chanvre l'emploi du microtome de Topping de préférence à celui de Rivet qui ne convient guère que pour l'étude des monocotylédonées.

Dans le chanvre, les coupes examinées dans la glycérine, sont tout à fait caractéristiques. La tige ayant accru son rayon dans un temps relativement très-court (nous avons vu dernièrement des chanvres du Piémont dont la croissance n'avait pas excédé le temps ordinaire et qui étaient de la grosseur d'un rotin), on voit distinctement que les couches concentriques d'accroissement, qui sont très-apparentes, ont été, à peine formées, fortement pressées les unes contre les autres; c'est ce qui explique comment les fibres sont si souvent striées dans le sens de leur longueur et pourquoi les procédés mécaniques et chimiques auxquels elles sont plus tard soumises ne parviennent pas toujours à en désagréger les faisceaux. Très-souvent, en effet, en examinant les fibres dans la filasse lavée et blanchie, on les rencontre tout aussi agglomérées que dans la filasse rouie.

*Forme des sections.* — On aperçoit dans le chanvre, par un examen attentif, deux zones: la première, celle qui est la plus extérieure et qui se compose de cellules à section polygonale bien déterminée; la seconde, qui la suit, et se trouve par conséquent entre le ligneux et la première couche, dont les cellules présentent des formes très-variées, sinueuses et arrondies.

On trouve l'explication de ce fait en se rendant compte de la formation continue de la plante. Dès le commencement de la croissance, une première couche de fibres s'est formée sur le ligneux, a pris peu à peu consistance et revêtu une apparence prismatique, mais une seconde couche est bientôt arrivée qui, comprimant la première encore tendre, n'a pu complétement la déformer, mais l'a parsemée par la pression des stries longitudinales dont nous parlions tout à l'heure; une partie de cette seconde couche est forcément entrée dans ces stries, mais comme dans son ensemble elle n'a pas eu toute l'aisance de la première pour donner à ses cellules la forme polygonale, il en résulte qu'elle revêt des formes très-diverses et encore arrondies.

Quelquefois ces deux zones sont tellement pressées l'une contre l'autre qu'il est peu possible de les distinguer; parfois aussi, suivant l'état plus ou moins avancé de la plante, ce sont les formes de l'une ou l'autre époque de formation qui dominent.

*Diamètre des fibres.* — Le diamètre se mesure au moyen des micromètres oculaire et objectif qui accompagnent toujours chaque instrument; le micromètre oculaire porte 1 cent. divisé en 100 parties, le micromètre objectif porte 1 mill. divisé en 100 parties et se place au-dessous de l'objectif. Les traits des deux plaques de verre coïncidant, on lit combien 50 ou 100 traits du premier couvrent de traits du second. L'instrument est souvent accompagné de tables pour chaque combinaison de lentilles indiquant le nombre des millimètres que mesure un objet, la valeur relative des divisions du micromètre étant fixée une fois pour toutes, pour les différentes combinaisons du microscope.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En expérimentant de cette façon, il a été trouvé comme nombre moyen pour le chanvre $0^{mm},013$ à $0^{mm},052$ limite extrême.

Parmi les réactifs les plus précieux à employer pour l'étude microchimique du chanvre, nous signalerons en premier lieu la liqueur d'iode. C'est à M. Vetillard que nous devons d'être fixés d'une manière très-étendue sur la valeur de ce réactif. Les travaux de ce micrographe remontent à 1870, époque à laquelle il fit part à l'Académie des Sciences des recherches qu'il avait faites pour distinguer au moyen de la liqueur d'iode quatre textiles végétaux d'un usage courant : le lin, le chanvre, le jute et le phormium (*Comptes-rendus* 1870, p. 1116); ses recherches s'étendirent plus tard à d'autres filaments végétaux succédanés ou corollaires du lin, tels que le suun, l'ortie de Chine, le houblon, l'hibiscus, le daphné, le sparte, le dattier, le raphia, etc., qu'il traita de la même façon et dont il a expliqué les diverses réactions dans un ouvrage paru depuis peu (*Firmin-Didot*, 1876). Tout ce que nous aurons à dire sur les réactions du chanvre au moyen de la liqueur d'iode aura souvent ici pour origine les recherches de M. Vétillard, auquel on devra toujours reconnaître d'avoir indiqué clairement et en détail les effets d'une réaction précieuse, n'en déplaise à M. Schlesinger qui soutient en Allemagne que les principes exposés à l'Académie des sciences ne sont qu'une reproduction de ceux publiés par Schach en 1853 (*Die prüfung der im Handel verkommenden Gewebe*, etc., Berlin); nous avons relu l'ouvrage de Schacht auquel il est fait allusion et nous pouvons affirmer qu'il est impossible au lecteur attentif d'y découvrir la centième partie des recherches du micrographe français. On connaissait évidemment cette réaction depuis longtemps, puisqu'elle a même servi de point de départ à une discussion entre savants qui voulaient voir dans l'amidon qui se colore en bleu par l'iode un état de désagrégation de la cellulose qui la rend plus sensible aux agents chimiques, mais entre indiquer une réaction connue et étudier avec soin les fibres sous une influence donnée, il y a une différence marquée.

Pour préparer la dissolution d'iode, on fait dissoudre un gramme d'iodure de potassium dans 100 gr. d'eau distillée et on ajoute une petite quantité d'iode ou liquide : cette quantité doit être en excès afin que la saturation soit toujours constante. L'acide sulfurique, dont on fait usage concurremment avec l'iode, s'emploie en mélangeant 3 vol. d'acide sulfurique à 60° B. avec 2 vol. de glycérine et 1 vol. d'eau distillée; on agite pour que le mélange soit complet, on laisse refroidir et on décante.

La première liqueur s'altère au bout de quelques mois, ce qui veut dire qu'il ne faut pas en préparer de trop grandes quantités à la fois; avec le temps, la seconde n'agit plus non plus avec la même énergie, mais il est facile de corriger cet inconvénient au moyen de quelques gouttes d'acide concentré.

Voici comment on opère :

Après avoir fait bouillir les fibres comme nous l'avons expliqué plus haut et en avoir déposé un échantillon sur le porte-objet, on y laisse tomber quelques gouttes de la liqueur d'iode proprement dite avec une tige de verre ou plutôt au moyen d'un flacon compte-gouttes (ces flacons se trouvent chez MM. Alvergniat frères, rue de la Sorbonne); la préparation est noyée dans le liquide, on l'y abandonne un certain temps, puis on l'éponge le mieux possible avec du papier buvard. Cela fait, on le couvre d'un verre mince carré, on laisse tomber sur l'un des côtés de ce verre quelques gouttes du mélange de glycérine et d'acide sulfurique que l'on aspire sur l'arête opposée avec des morceaux de papier buvard, et l'on continue cette opération pendant un moment. Les fibres se colorent rapidement et leur structure apparaît bien nettement; si elles ne se coloraient pas, c'est que la liqueur acide ne serait pas suffisamment concen-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trée; si elles semblaient se déformer un peu, c'est qu'elle le serait trop. Aussi, dès que l'on a obtenu une teinte marquée, est-il bon de faire des observations de suite, afin de profiter du succès de l'épreuve, car au bout de quelques heures on n'aperçoit presque plus rien.

On voit alors que dans le chanvre les fibres paraissent bleues, mais réunies en faisceaux compactes; plus souvent la coloration paraît verdâtre, sous la transparence d'une mince enveloppe colorée en jaune qui se montre distinctement sur tous les plis de la surface : on aperçoit de même transversalement quelques lignes noirâtres et très-fines qui sont celles dont nous avons parlé plus haut mais que l'on voit avec beaucoup plus de netteté. Le chevelu duveteux qui semble avoir été amené sur les faisceaux par des frottements réitérés et que nous avons aussi signalé dans le chanvre ou dans les liquides neutres, apparaît beaucoup plus distinctement.

Mais ce sont surtout les coupes qui permettent de saisir l'importance et le caractère de la coloration par l'iode. On dépose alors une ou deux gouttes d'iode sur une plaque de verre, on y laisse tomber les coupes qui y surnagent souvent sous forme d'une fine poussière blanche, on chauffe même un peu la plaque à la lampe à alcool lorsqu'on opère en hiver ou que la température est trop basse; puis, après avoir laissé un moment le tout s'imbiber, on enlève très-doucement l'excès d'iode avec un peu de papier buvard en ayant soin que le liquide ne soit pas brusquement attiré par le papier et que les coupes ne s'y attachent. On remet ensuite à nouveau de l'iode si besoin est, pour l'éponger encore, puis, le tout étant recouvert d'un verre, on introduit par un côté l'acide sulfurique dont on absorbe l'excès du côté opposé, et on porte le tout sous le microscope.

Lorsqu'on doit examiner des coupes d'une plante fraîche ou desséchée, il est nécessaire de les faire macérer auparavant dans de l'alcool pour éliminer les matières résineuses qui pourraient s'y trouver, et ce n'est qu'après les avoir desséchées entre des doubles de papier buvard qu'on commence à les traiter par l'iode.

Il est alors facile de voir que la mince enveloppe qui dans le chanvre entoure le textile et donne à celui-ci vu en long dans l'iode une apparence verdâtre, apparaît au contraire sous forme d'une ligne jaunâtre qui constitue l'ouverture d'un canal très-large rempli d'une substance non granulée et colorée entièrement en bleu. On voit aussi très-distinctement les couches concentriques d'accroissement qui revêtent souvent des nuances bleues différentes pour chacune d'elles.

Telles sont les principales observations que nous avons à faire sur le chanvre coloré par l'iode. Les autres réactifs n'ont pas, à notre avis, la même importance, aussi serons-nous brefs dans l'exposé des caractères qu'ils font ressortir dans notre textile.

Schacht dit (*Die prüfung*, etc.) que, si après avoir traité les fibres du chanvre par l'iode, on les traite par l'acide sulfurique étendu, on observe que ce textile se gonfle et se contracte, les parois du canal intérieur se plissent et paraissent marquées de stries perpendiculaires à l'axe de la fibre. Il est certain que l'acide sulfurique gonfle la cellule et déforme les préparations, mais nous pensons que cette observation ne doit pas être prise en considération; outre qu'elle est difficile à observer, elle n'est pas uniforme et ne peut compter comme caractère distinctif. Ce qui est vrai, c'est que l'acide sulfurique froid et concentré colore le chanvre non roui en vert et ne le dissout que difficilement, mais cette réaction offre peu d'intérêt. L'ammoniure de cuivre, qui s'obtient en dissolvant du cuivre métallique dans l'ammoniaque, produit dans le chanvre un fort

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gonflement et une dissolution partielle en laissant la membrane interne sous forme d'une utricule plissée comme un sac.

Ajoutons que la potasse caustique et la lessive de soude colorent le chanvre en brun et nous aurons indiqué les principales réactions micro-chimiques de ce textile. Aucune d'elles n'a évidemment la valeur ni ne donne la certitude à laquelle on est amené avec les réactions par la liqueur iodée.

## V. — PHORMIUM.

C'est le nom sous lequel ceux qui ne s'occupent pas de textiles désignent vulgairement le *jute*, mais nous voulons parler ici du *phormium tenax*. Le jute, nous le verrons plus loin, est une plante textile qui nous vient des Indes et que l'on rouit dans ce pays comme le lin dans nos contrées, le phormium au contraire est une filasse que l'on retire des pétioles des feuilles battues, tordues et lavées, qui nous vient un peu de tous les pays chauds et pas seulement de la Nouvelle-Zélande, pays avec lequel nous n'avons de relations que par l'Angleterre; si le phormium est parfois désigné sous le nom de *chanvre de la Nouvelle-Zélande*, c'est tout simplement parce que Blanck, qui le découvrit dans le premier voyage du capitaine Cook, raconta que les naturels de la Tasmanie l'employaient depuis longtemps comme matière textile.

Les chiffres d'importations de douanes prouvent amplement qu'il ne nous vient que très-peu de phormium. Seules, nos filatures de jute l'emploient en même temps que celui-ci quand le hasard veut qu'il s'en trouve quelques balles dans une expédition.

Nous n'avons guère d'intérêt à nous occuper de la composition proprement dite de la fibre, puisque celle-ci a été reconnue après un grand nombre d'essais, comme pouvant tout au plus s'acclimater dans les régions méridionales de la France, que ne préoccupent guère les cultures textiles. Seule, la composition des matières qui entourent la fibre peut présenter pour nous quelque intérêt.

Au dire de M. Vincent, ces substances ne seraient en grande partie que des matières albumineuses qui ne pourraient supporter l'action de la chaleur humide et des alcalis. Ce serait alors à la présence de ces substances que le phormium devrait la propriété qu'il a de se désagréger rapidement au contact de l'eau. Nous croyons, pour notre part, que cette facilité de désagrégation a son origine dans la multitude et l'extrême petitesse des cellules dont est formé le phormium.

Voici les corps qui ont été rencontrés par M. Henry dans la plante fraîche (*Journ. de Pharm.*, t. XII, p. 502) :

| | |
|---|---|
| Chlorophylle; | Sulfate de soude; |
| Un peu de cire; | Muriate, acide de potasse et malate de chaux; |
| Matière résineuse; | Oxyde de fer; |
| Substance amère, nauséabonde soluble dans l'eau et l'alcool; | Silice; |
| Muriates de potasse et de soude; | Beaucoup de fibres, ligneux. |

Ce qu'il y a surtout à faire remarquer dans cette analyse, c'est la grande quantité de substances minérales et la présence d'une matière bien soluble dans l'eau, qui pourrait bien être celle dont parle M. Vincent. Il est à remarquer que les matières gommeuses qui entourent le lin et le chanvre, textiles qui se rap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prochent le plus de celui-ci, ne sont guère solubles que dans l'eau bouillante ou carbonatée.

**Découvertes et recherches diverses faites sur le Phormium depuis 1867.**

On a surtout étudié le phormium au point de vue micrographique et microchimique.

Ce textile se présente sous forme de faisceaux agglomérés et inégaux, mais qui se divisent avec la plus grande facilité : le micrographe le plus inexpérimenté peut, dès le premier essai, en effectuer la séparation. Vues à part de cette façon, les fibres paraissent très-lisses, excessivement droites et ténues, et d'une égalité de diamètre remarquable; leurs pointes sont aiguës comme celles du lin, mais au lieu de se terminer comme lui en forme d'épines allongées, elles se terminent comme des aiguilles dont l'extrémité seule a été aiguisée.

Les Allemands ne sont pas d'accord sur l'apparence des cellules libériennes non altérées : Schacht dit que la lumière, comme dans les cellules libériennes du lin, serait le plus souvent assez étroite pour paraître réduite à une ligne sombre, Schlesinger dit au contraire qu'elle n'est que rarement réduite à une ligne d'une épaisseur impossible à mesurer et qu'elle est le plus souvent égale au quart ou à la moitié du diamètre transversal de la cellule. Cette diversité d'opinion, qui semble extraordinaire lorsqu'il ne s'agit que d'examiner simplement une fibre, provient tout simplement de la façon dont l'expérience a été faite : si l'un d'eux, par exemple, a examiné les fibres libériennes préalablement isolées par une ébullition dans la potasse et que l'autre ne l'a pas fait, le second aura vu les fibres telles qu'elles devaient être, l'autre n'aura vu que des filaments ne présentant généralement qu'une cavité intérieure très-étroite, ce qui ne sera que le gonflement intense des cellules libériennes, produit par la potasse.

Les coupes des feuilles et des fibres sont extrêmement caractéristiques et il existe une grande différence entre la partie mince des feuilles et la partie épaisse.

*Partie mince.* — Presque tout est formé de faisceaux de fibres réunies en groupes irréguliers, mais très-nombreux. Quelques-uns de ces groupes ne sont pour ainsi dire constitués que de filaments et démontrent clairement combien le phormium a dû paraître *tenace* à celui qui, pour la première fois, l'a soumis non désagrégé au dynamomètre et lui a donné son nom. La section d'une fibre présente généralement l'aspect d'une semelle, mais, dans les groupes agglomérés très-fins, cette section est ovale et beaucoup plus petite.

*Partie épaisse.* — On rencontre également la même richesse en fibres dans la partie épaisse et la même variété dans les sections. Les filaments les plus fins côtoient l'épiderme et se trouvent entassés dans des groupes fibro-vasculaires très-compactes, les filaments les plus gros sont situés à l'extrémité opposée à l'épiderme et leur disposition affecte la forme d'un énorme croissant entre les branches duquel se trouve un tissu végétal à mailles très-lâches qui se termine en pointe au milieu des faisceaux de fibres situées du côté opposé.

La longueur des fibres du phormium n'excède guère 12 millimètres et se trouve souvent au-dessous; le diamètre maximum est de $0^m/_m,017$, minimum de $0^m/_m,008$.

La liqueur d'iode, réactif caractéristique pour ces sortes de fibres, n'est guère

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

remarquable pour le phormium; ainsi il donne en long une coloration jaune spéciale qu'on ne peut guère se rappeler que par comparaison avec d'autres filaments.

Les coupes se colorent tantôt en jaune, tantôt en bleu verdâtre où le jaune domine. L'eau de chlore et l'ammoniaque donnent lieu à une coloration violette. Le sulfate d'aniline colore aussi en jaune clair, l'ammoniure de cuivre produit un gonflement peu intense.

## VI. — JUTE.

C'est là un textile qui, bien que cultivé exclusivement aux Indes, a pour nous presque autant d'importance que le coton ou la laine. Nous avons en effet bon nombre de filatures de jute à Lille, à Dunkerque, et dans quelques autres localités de notre département; nous avons des tissages de jute à Armentières, Abbeville, Flixecourt, Beauval, etc., et nous en importons chaque année une très-grande quantité.

Ce textile provient, comme on le sait, de deux espèces de *Corchorus* : le *C. olitharius* et le *C. capsularis*.

Ce qu'il possède de remarquable, c'est la quantité énorme de *ligneux* et de *résine* qui entourent les fibres et qui donnent lieu à une manière spéciale de le rouir, et qui fait qu'il n'a pas besoin d'être teillé comme on va le voir.

Les paquets de jute sont placés aux Indes dans un récipient convenable au nombre de 10 ou 15 à la fois, et maintenus constamment à l'humidité au moyen d'épaisses couches de gazon dont on les recouvre à la surface. Chaque jour l'Hindou va visiter son jute, et c'est en grattant avec l'ongle l'enveloppe extérieure de l'arbuste qu'il s'assure des progrès de la décomposition; il est admis qu'il peut retirer les tiges lorsque le filament central se détache de l'écorce sans le moindre effort.

La durée du rouissage dépend évidemment de la température, mais la moyenne est ordinairement de huit à dix jours. Ce temps est toujours plus long lorsque le jute est destiné à l exportation, afin d'arriver à la séparation certaine du tégument fibreux. Dans ce cas, l'influence de l'eau sur le jute est très-visible, car, d'une manière générale, les fibres exportées sont toujours les plus blanches, peu chargées de paille et d'un prix plus élevé que celles qui sont destinées à être employées dans le pays; celles-là sont d'une couleur plus sombre, moins propres et toujours meilleur marché. Ces dernières sont aussi réputées plus durables, ce qui n'est pas étonnant puisque le rouissage les a moins énervées; on en obtient aussi en poids un plus fort rendement par acre, ce qui s'explique aisément, puisque les fibres sont plus chargées de paille.

Au moment venu, on détache le gazon qui a servi à recouvrir les fibres et on retire le jute de l'eau.

Alors l'opérateur délie les paquets, y prend une poignée de tiges, et commence par enlever à la main, près de la racine, une partie de l'écorce. Cela fait, il frappe l'extrémité opposée sur une planche placée devant lui dans une position oblique, et il lui suffit souvent d'un ou deux coups pour séparer l'écorce *d'un bout à l'autre* et ramener les fibres intactes. A cet état de demi-préparation, le jute n'a donc pas besoin d'être teillé, on se contente seulement de le *laver* pour enlever les impuretés, ainsi que la quantité relativement grande de matière résineuse à moitié dissoute qui l'entoure.

A cet instant, l'opérateur descend lui-même en pleine eau, et, faisant tourner

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au-dessus de sa tête les fibres humides, il les bat petit à petit contre la surface de l'eau. Lorsqu'il juge que celle-ci a entraîné une grande partie des matières solubles, il étend rapidement en éventail, au-dessus même du réservoir, la poignée qu'il tient et en enlève avec soin les matières étrangères visibles. Le jute est ensuite tordu, puis séché au soleil sur des bambous ou sur des cordes disposées à cet effet.

On l'emballe aussitôt sec, parce que, si on le laissait séjourner à l'air, sa couleur, de blanc perlé qu'elle est, se trouverait bientôt passer au fauve et définitivement au brun.

Quant au bois qu'on a séparé brusquement d'un bout à l'autre de la fibre, comme nous l'avons dit tout à l'heure, on en fait du charbon à poudre, des treillages, etc.

Nous nous contenterons de signaler cette abondance en ligneux et en matière gommeuse, sans nous arrêter sur la composition de celle-ci qui est encore complétement inconnue.

### Découvertes et recherches diverses faites sur le jute depuis 1867.

Nous avons déjà signalé, dans les *Ann. du Gén. civil* (1875, p. 239), les principales recherches micrographiques et microchimiques faites sur le jute depuis 1867 : aussi ne ferons-nous que rappeler en quelques mots ce que nous avons dit alors, en nous appesantissant de préférence sur les points les mieux élucidés depuis l'époque où nous avons signalé ces recherches.

Ce qui frappe surtout lorsqu'on examine les fibres du jute en long, c'est la manière dont les fibres sont agglomérées ensemble. Elles forment, en effet, des faisceaux très-compaces qui semblent composés de filaments à surface très-irrégulière.

Si l'on détache au moyen d'une aiguille quelques fibres de ces faisceaux, cette irrégularité est bien marquée, et le diamètre, même sur un espace très-court, n'est pas égal. On peut suivre à peu près jusqu'à l'extrémité la place du canal central.

On amène quelquefois, au moyen de l'aiguille dont on se sert, quelques cellules très-étroites et extrêmement pointues, et on s'aperçoit, par un examen attentif, que presque toute la fibre est ainsi constituée. *C'est sans doute à cette conformation singulière qu'il faut attribuer la propriété qu'a le jute de se désagréger si facilement sous l'action de l'eau*, car celle-ci, en ramollissant la gomme qui tient ces cellules agglutinées ensemble, n'aurait alors pour effet que d'en faciliter la disjonction. S'il en était ainsi, et il est fort probable que là est la vérité, il faudrait renoncer pour toujours à filer couramment le jute en fins numéros et lui continuer son emploi pour la fabrication des emballages et des toiles à sacs.

Les coupes dans le jute permettent de distinguer facilement les couches concentriques d'accroissement qui sont toujours nombreuses. Les sections sont polygonales pour chaque filament avec une cavité ronde ou ovale au milieu.

L'aspect irrégulier des fibres du jute rendrait pour ainsi dire inutile l'emploi de tout réactif pour le distinguer des autres textiles. Mais la coloration jaune, bien différente de celle du phormium, qu'il prend lorsqu'on le traite par la liqueur iodée, est tellement caractéristique que nous devons la signaler. Les coupes dans ce réactif ne présentent guère que la coloration jaune qui les différencie de celles dans les liquides neutres, seules les coupes fraîches présentent une bordure jaune plus foncée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ajoutons que l'ammoniure de cuivre gonfle le jute faiblement, et que le sulfate d'aniline produit une coloration jaune intense, ce qui n'est pas étonnant pour une fibre aussi lignifiée. Il prend aussi une couleur bleue après un traitement préliminaire par l'acide chromique étendu, auquel on a ajouté un peu d'acide sulfurique et préparé comme l'indique Wiesner.

## VII. — LIN.

C'est au docteur Ure que nous devons la première analyse de la filasse du lin (*Ann. de ch.*, t. XXIII, p. 385) :

| | |
|---|---|
| Carbone | 40,74 |
| Hydrogène | 5,57 |
| Oxygène | 52,79 |
| Azote | 0,09 |
| | 100,00 |

La présence de l'azote semblerait faire croire ici que le lin, considéré simplement comme fibre, n'est pas de la cellulose, mais il est certain que cette faible quantité provient de l'albumine végétale analysée en même temps que la filasse. Dans tous les cas, nous ne citons cette analyse qu'à titre de renseignement.

Le lin en paille renferme quatre parties spéciales : 1° la paille ou chénevotte; 2° la filasse; 3° la matière de la gomme résineuse; 4° la graine. Nous allons dire quelques mots de chacune d'elles.

La quantité de paille varie avec les différents lins, suivant qu'ils sont plus ou moins mûrs, plus ou moins branchus, etc., mais enfin il est admis qu'il y a dans le lin séché à 100° environ 27 à 30 % de fibre et 73 à 70 % de matière ligneuse. Celle-ci contient :

| | |
|---|---|
| Lignite | 69,00 |
| Matières solubles dans l'eau | 12,00 |
| Matières insolubles | 19,00 |
| | 100,00 |

Il est fort probable que les matières autres que la lignine proviennent en grande partie de parcelles de la matière gommeuse fixée aux fibres.

La *filasse* et cette *matière gommeuse* se trouvent en moyenne dans la proportion suivante :

| | |
|---|---|
| Matières fibreuses pures | 58,00 |
| Matières solubles et insolubles dans l'eau | 42,00 |
| | 100,00 |

Ces matières solubles et insolubles dans l'eau ont été déterminées par M. Kolb. Presque en totalité, la matière gommeuse n'est autre chose dans le lin roui que la pectose, elle possède en tous points les propriétés de ce corps, telles que les a déterminées M. Fremy (*Ann. de ch. et de phys.*, t. XXIV, p. 1). Les autres corps

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont au nombre de deux et représentent 4,7 % de la matière gommeuse. (*Bull. de la Soc. ind. de Mulhouse*, t. XXXVIII, p. 617.) On les sépare de lui par l'alcool et l'éther. Nous avons eu occasion de les étudier dernièrement (*Ann. du Gén. civil*, 1877).

L'analyse des tiges séchées à 100° nous fournit les résultats suivants :

| | | |
|---|---|---|
| Potasse | 9,78 | 6,332 |
| Soude | 9,82 | 6,350 |
| Chaux | 12,33 | 22,699 |
| Magnésie | 7,79 | 4,058 |
| Peroxyde de fer | » | 13,520 |
| Oxyde de manganèse | » | » |
| Alumine | 6,08 | 1,092 |
| Acide sulfurique | 2,65 | 8,929 |
| — phosphorique | 10,84 | 7,002 |
| — carbonique | 16,95 | 4,107 |
| Chlorure de sodium | » | 0,901 |
| Chlore | 2,41 | » |
| Silice | 21,35 | 24,978 |
| | 100,00 | 99,968 |

Ces deux analyses évidemment nous renseignent un peu sur la teneur moyenne des éléments qui composent les tiges, mais elles doivent varier, pour un produit qui, comme le lin, est cultivé dans autant de contrées différentes, avec le climat, avec le sol, etc., et l'on ne pourrait en tirer de conséquences pratiques sérieuses qu'en les multipliant et les répétant outre mesure et en y joignant en même temps l'analyse de la terre qui a porté les tiges. Ce serait une façon de voir dans quelle proportion moyenne les éléments nutritifs des terres arables sont retirés du sol par ce textile.

Voici des analyses de cendres qui ont plus de portée :

| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|---|---|---|---|---|---|
| Potasse | 7,690 | 27,897 | 22,303 | 25,790 | 18,416 |
| Soude | 19,186 | » | 14,116 | 0,429 | 10,912 |
| Chaux | 15,379 | 16,483 | 18,525 | 19,098 | 18,374 |
| Magnésie | 3,446 | 3,332 | 3,933 | 8,548 | 3,023 |
| Peroxyde de fer | 4,501 | 1,523 | 1,100 | 2,281 | 2,360 |
| Alumine | 0,444 | 0,438 | 0,725 | » | 1,439 |
| Oxyde de manganèse | Traces | Traces | Traces | » | » |
| Acide sulfurique | 6,280 | 6,174 | 6,833 | 12,091 | 9,676 |
| — phosphorique | 11,206 | 11,802 | 8,812 | 10,982 | 11,058 |
| — carbonique | 20,599 | 20,235 | 16,383 | 9,000 | 13,750 |
| Chlorure de sodium | 8,213 | 8,701 | 4,585 | 8,751 | 5,655 |
| Silice | 3,056 | 3,409 | 2,678 | 3,030 | 5,337 |
| | 100,000 | 99,994 | 99,993 | 100,000 | 110,000 |

Les analyses (2) et (3) ont été effectuées sur des lins de qualité supérieure, elles décèlent une très-grande richesse en potasse et en chaux, l'analyse (1) provient d'un lin sauvage de qualité tout à fait inférieure, les analyses (4) et (5) proviennent de lins de bonne qualité ordinaire. Or, il est à remarquer que la quantité d'acide phosphorique est pour ainsi dire partout le même. Nous devons en conclure que ce doit être là à peu près la quantité moyenne d'acide phosphorique nécessaire à la nutrition du lin et que la potasse seule peut être considérée comme une base de sa qualité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Reste la quatrième partie, la *graine*. M. Meurein a trouvé qu'elle contient en moyenne.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Épiderme. . . . . | 21,00 | qui renferme | 1,00 | d'huile. |
| Endosperme. . . . . | 23,00 | — | 12,00 | — |
| Amande. . . . . | 56,00 | — | 30,00 | — |
| | 100,00 | | 43,00 | |

Voici la teneur en eau et en huile de quelques espèces :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Italie. . . . . | 9,0 | d'eau et | 33,0 | d'huile, |
| Calcutta. . . . . | 7,5 | — | 37,0 | — |
| Roumélie. . . . . | 7,5 | — | 33,0 | — |
| Espagne. . . . . | 10,0 | — | 33,8 | — |
| Bombay. . . . . | 7,5 | — | 38,0 | — |
| Australie. . . . . | 11,0 | — | 35,0 | — |

ce qui montre que les graines les plus riches en huiles nous viennent des pays chauds. Les chiffres suivants :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Riga. . . . . | 9,0 | d'eau et | 31,4 | d'huile, |
| Pas-de-Calais. . . . . | 10,0 | — | 32,9 | — |
| Loire-Inférieure. . . . . | 7,1 | — | 33,5 | — |
| Maine-et-Loire. . . . . | 7,5 | — | 35,0 | — |

nous font voir au contraire que les graines des pays froids sont celles qui fournissent les semences les moins grasses, mais nous dirons par contre que celles-là seules nous fournissent le textile et la *graine* à semer. Pour ce qui concerne l'étude complète de la graine de lin, composition, provenances, variétés, etc., et du tourteau, nous renvoyons le lecteur à ce que nous avons déjà dit dans une étude spéciale (*Annal. agron.*, t. II, p. 336).

### Découvertes et recherches diverses faites sur le lin depuis 1867.

§ 1. *Études chimiques.* — Le lecteur trouvera dans les *Ann. du Gén. civil* divers travaux que nous avons publiés sur le lin au point de vue chimique, notamment sur le rôle de la potasse dans cette culture (1875, p. 44 et 102), et sur la théorie du rouissage (1877, p. 122); pour ce qui concerne les diverses méthodes de rouissage, il trouvera dans une étude que nous avons publiée dans les *Ann. agron.* (t. II, p. 270) les renseignements les plus complets; pour l'étude des maladies de cette plante, nous les renvoyons à divers numéros du *Journ. circ. du Marché linier* de Lille, dans lesquels nous avons publié des travaux sur la brûlure, le champignon, etc., enfin pour tout ce qui concerne les expériences chimiques sur le rouissage, la culture, etc., il trouvera dans le premier volume de nos *Études sur le travail des lins* (3e éd., 3 vol., lib. Eug. Lacroix, 35 fr.) tous les renseignements nécessaires.

§ 2. *Étude microscopique du lin.* — Parmi tous les textiles végétaux courants le lin peut être considéré comme l'un des types les plus parfaits. Examinées en effet dans la plante fraîche, après avoir subi dans le carbonate de soude une ébullition d'environ vingt minutes pour être débarrassées des frag-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ments de parenchyme et autres matières étrangères qui y sont adhérentes, les fibres sont toujours très-nombreuses, disposées bien régulièrement, de longueur et de diamètre le plus souvent uniformes, et présentant presque toujours une surface lisse et brillante.

*Forme générale des fibres.* — En opérant pour le lin comme nous l'avons indiqué pour le chanvre, on voit dans ce textile deux sortes de brins, les uns dont la surface est parfaitement lisse et régulière, les autres qui semblent divisés à des distances inégales par des nodosités très-visibles.

L'observateur qui veut bien se restreindre à cette simple observation sur l'aspect des brins de lin reste dans le vrai, mais bien souvent les auteurs, même les plus éminents, qui ont décrit les fibres de ce textile, se sont limités dans leurs remarques aux observations premières de Raspail, je crois, et les ont présentées d'une manière générale comme ayant l'apparence de bambous. Je n'en veux pour preuve que cette définition que je trouve à la page 784 du *Dict. de chimie*, de M. Wurtz :

« Le lin se présente sous forme de tubes creux, cylindriques, rigides, ouverts aux deux bouts de $\frac{1}{45}$ à $\frac{1}{55}$ millimètres de diamètre, à surface lisse, *avec des nœuds ou cloisons placés irrégulièrement.* — P. S. »

L'erreur à laquelle a été amené M. Schutzenberger vient sans doute du fait que ce savant a examiné le lin provenant d'un vieux tissu ou d'un linge usé au lieu de considérer simplement les brins de filasse rouie. Les nodosités que l'on voit en effet sur le lin au microscope proviennent des *plis de froissement* résultant des manipulations auxquelles a été soumis le brin, et si ces plis se remarquent moins dans la filasse rouie, c'est que bien des brins de celle-ci n'ont pas été brisés par l'écang et que la paille en est tombée sans effort.

C'est en examinant les fibres sous le plus fort grossissement du microscope composé, et en recouvrant avec soin la préparation d'un verre mince, que l'on se rend bien compte du fait que nous signalons. On voit alors que les prétendus nœuds ne sont autre chose que des *renflements* amenés par la flexion violente de la fibre, renflements qui ne peuvent mieux être comparés qu'à ceux amenés sur une baguette d'osier brusquement ployée. La fibre semble en outre fissurée sur les bords aux endroits où se montrent ces nœuds.

Nous pouvons ajouter ici par anticipation qu'on ne peut même juger de la forme du pli que sous l'influence de la liqueur d'iode; on aperçoit alors sur la fibre une sorte de croix de Saint-André bien visible, formée elle-même de petites fissures alignées à la suite les unes des autres, sur lesquelles le liquide semble avoir plus d'action et où naturellement il se concentre abondamment au point de sembler noir.

Cette flexion du lin, dont nous venons d'expliquer l'origine, indique naturellement de la part de ce textile une grande *ténacité* et une résistance marquée à la rupture. Nous signalerons aujourd'hui ce fait, qu'au microscope la rupture d'un brin a toujours lieu sur un point faible de l'accotement ou d'une fissure amenée par les plis de flexion. Disons aussi que la force du brin va aussi en diminuant au fur et à mesure qu'on s'enfonce vers les couches internes : nous avons appris dernièrement qu'un ingénieur d'Amiens, M. Leroux, avait eu la patience d'éplucher couche par couche le liber d'une plante de lin bien venue, et qu'en soumettant chaque couche, aussi mince que possible, à l'action d'un dynamomètre, il a vu la résistance diminuer à mesure qu'il pénétrait dans la profondeur des couches, où les fibres devenaient de plus en plus fines. Ajoutons en outre que la ténacité du lin se remarque encore lorsque ce textile est à l'état de fibrilles les plus ténues : en examinant en effet au microscope une feuille de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

papier déchirée, on voit que les brins ont glissé les uns sur les autres et qu'il n'y a eu rupture sur aucun d'eux.

Les fibres du lin sont facilement divisibles entre elles et se séparent sans la moindre difficulté en un grand nombre de fibrilles ; un simple froissement entre les doigts produit même cet effet. Aussi, au microscope, les filaments paraissent-ils bien distincts, qu'ils soient réunis en petit nombre ou en faisceaux plus volumineux. Le lin est donc très-fissile, et, lorsqu'on en écarte une fibre au moyen d'une aiguille, celle-ci vient toujours entière et le plus souvent se roule instantanément au sommet du faisceau en une boule ramassée sur elle-même.

La fibre du lin dans la glycérine a l'air d'un tuyau de verre de diamètre uniforme (et c'est cette unité dans la surface des fibres qui donne plus tard aux tissus de lin blanchis un éclat et un brillant que ne peuvent atteindre les tissus de coton qui restent toujours mats) ; un canal central qui la parcourt dans toute sa longueur s'y voit assez facilement, parfois ce canal n'existe pas ou du moins est si petit qu'on ne peut le voir.

*Forme des fibres du collet.* — Il est remarquable que, dans le lin, les fibres du collet et celles du cœur de la plante ne présentent pas le même aspect. Au lieu d'être rondes et étroites, elles sont aplaties et très-larges ; au lieu de présenter une surface lisse, elles sont striées obliquement d'une façon très-visible : il est fort à croire dans ce dernier cas que les stries proviennent de la direction des couches d'épaississement qui, disposées en spirale au collet, reprennent à une certaïne hauteur une direction parallèle à l'axe.

*Forme des pointes.* — Toujours longues et pointues.

*Longueur des fibres.* — En opérant de la manière que nous avons indiquée pour le chanvre, on voit que la longueur des fibres élémentaires du lin est très-variable : certains lins ont les fibres courtes et creuses, variant entre $3^{m}/_{m}75$ et 7 millimètres ; d'autres ont les fibres longues et pleines allant jusque 35 et 40 millimètres. Un micrographe moderne affirme même avoir trouvé dans un échantillon de lin de Mayenne une fibre de 66 millimètres, mais il est évident que généralement cette longueur est inusitée. La moyenne varie entre 33 et 35 millimètres. Au point de vue agronomique, on peut dire qu'il n'est pas absolument nécessaire de pousser très-loin l'opération du rouissage pour les lins dont les fibres sont courtes et creuses et que l'on peut destiner à la corderie ou aux tissus grossiers, tandis que ceux dont les fibres sont les plus longues et qui sont appelés à fournir les fils et les tissus les plus fins, doivent être rouis plus soigneusement. On conçoit en effet que, dans ces derniers, on est appelé à désagréger plus de fibres élémentaires, et, dans les autres, plus de filament maintenus à la suite les uns des autres par une certaine quantité de gomme.

*Coupes des fibres du cœur de la plante.* — Nul n'ignore que, dans le lin, c'est la fibre qui recouvre le ligneux, et que celle-ci n'est garantie que par un léger épiderme d'une épaisseur très-minime : il n'est rien qui rende mieux compte de cette disposition que les coupes du textile. On aperçoit alors très-distinctement des groupes divers formés, les uns de 2 et 4 filaments, les autres en plus grand nombre, de 20 à 25 fibres, peu séparés. Au centre de chaque filament est le canal central, sauf le cas où il existe peu ou pas. Parfois les couches concentriques d'accroissement se montrent faiblement indiquées par des ombres légères, mais il est assez difficile de les voir.

*Forme des sections.* — Les sections du lin sont polygonales et les angles presque toujours vifs et rarement arrondis, presque toujours aussi de même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grandeur, ce qui prouve que la formation de la plante s'est faite petit à petit et sans compression. A la rigueur, on pourrait peut-être dire que quelquefois les fibres qui touchent au ligneux, c'est-à-dire celles qui sont les dernières formées, sont moins denses, c'est-à-dire ont une ouverture plus large et un canal central plus accentué, et que les fibres qui côtoient l'épiderme, autrement dit celles de première formation, sont plus denses, c'est-à-dire que la place où doit se trouver le canal est souvent obstruée par les couches concentriques d'accroissement, mais c'est là une observation qui ne peut se faire qu'à la longue et n'est rigoureusement vraie que dans les tiges un peu grosses, ayant dépassé ou ayant absolument atteint l'époque de leur maturité.

*Coupe des fibres du collet.* — Si les fibres du collet du lin n'étaient pas toujours remplies au canal central d'une matière grasse spéciale, elles ne présenteraient guère de différence dans les liquides neutres d'avec les fibres du chanvre. Elles sont, il est vrai, moins enchevêtrées, moins en contact les unes avec les autres, mais elles sont également arrondies, irrégulières, à cavité centrale très-large et à bords très-minces.

*Diamètre des fibres.* — De $0^m/_m,013$ à $0^m/_m,025$ suivant les provenances; ce qui élève de beaucoup le rapport de la longueur au diamètre, rapport qui, suivant M. Aimé Girard, serait suffisante si elle était de 50, pour qu'une fibre fût papetière.

§ 3. *Études microchimiques.* — Voici les réactions qui se montrent sur le lin traité par la liqueur d'iode :

En long, les fibres apparaissent complétement bleues et d'un diamètre régulier, accusant d'une façon très-prononcée, lorsqu'ils s'y trouvent, les plis de flexion dont nous parlions tout à l'heure. Parfois, on n'aperçoit que la couleur bleue, c'est qu'alors il n'existe qu'un canal central si petit qu'il n'est pas possible de le voir, car il a été à peu près obstrué par le nombre des couches successives d'épaississement; mais souvent ce canal est très-visible et semble rempli d'une substance grenue complétement colorée en jaune : les fibres alors portent en leur milieu une ligne jaune assez fine qui indique la place du canal.

Ce même textile présente des coupes entièrement colorées en bleu, dans la plupart desquelles est une ouverture qui indique la place du canal et dont la coloration semble jaune : lorsque cette ouverture est un peu large, on peut constater que cette dernière coloration est due à une matière granuleuse qui remplit entièrement les fibres et qui n'est pas de la cellulose. Ce point jaune placé au milieu de la coupe est caractéristique pour le lin, il existe toujours même lorsqu'on fait usage d'une liqueur peu concentrée qui ne colore la cellulose en bleu que faiblement. Les couches concentriques d'accroissement se voient plus distinctement que dans les liquides neutres et chaque filament se détache beaucoup mieux sur l'ensemble de la coupe : dans les groupes, il est alors facile de voir que les côtés des polygones qui constituent chaque section de fibre ne sont pas en contact tout à fait intime, mais tant soit peu éloignés les uns des autres. Souvent, lorsqu'il y a un peu trop d'iode, on voit surnager autour des coupes des copeaux jaunes ou bruns qui ne sont autres que des morceaux détachés de l'épiderme ou qui viennent du parenchyme de la plante.

D'après un auteur allemand, si on traite par l'acide sulfurique étendu d'eau les fibres du lin qui ont été soumises à l'action de l'iode, on les reconnaît facilement en ce sens qu'elles se tortillent toujours sur elles-mêmes : nous avons constaté par nous-mêmes que cette observation ne peut avoir la valeur qu'on lui attribue, car le cas n'est pas général. Ce même acide concentré dissout,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'il faut en croire Kindt et Lahnert, les fibres non rouies du lin, sans donner lieu à aucune coloration : mais de quelle importance peut être pour nous une réaction de ce genre, du moment qu'elle n'est pas applicable aux fibres rouies ?

L'acide azotique, que l'on emploie parfois dans l'examen microchimique des textiles pour rendre plus évidente la stratification et la structure des fibres naturelles, ne produit pas ici de réaction caractéristique. Il en est de même de l'acide chromique, dont on ne fait que rarement usage à l'état pur et que l'on remplace généralement par un mélange indiqué par Wiesner (*Mikroskopische untersuchungen, ausgefürth in laboratorium*, etc.) d'acide chromique et d'acide sulfurique que l'on obtient en ajoutant à du bichromate de potasse un excès d'acide sulfurique, et en étendant après dissolution l'acide chromique séparé avec son volume d'eau. Ce réactif sert à produire l'isolement des cellules en détruisant la substance intra-cellulaire.

L'ammoniure de cuivre n'attaque que faiblement et lentement le lin.

La potasse caustique communique au lin une couleur jaune orange (Kuhmann); la lessive de soude colore en jaune peu intense (Dr E. Grothe).

Mentionnons enfin comme spéciale au lin l'action de l'iodure de potassium, qui communique à la fibre une coloration bleue en présence de l'eau et dissout ensuite peu à peu la cellule (Schultz); de la teinture de garance, qui colore la fibre en jaune orange (Elsner); de la fuchsine qui, avec une immersion dans l'ammoniaque pendant 1 à 3 minutes, lui communique une belle couleur rouge (Boëtger); enfin du bichlorure d'étain anhydre, qui la colore en noir (Maumené).

## II. — LA FABRICATION

**Filature. — Tissage. — Peignage. — Retorderie.**

### I. — FILATURE.

Nous avons jusqu'ici étudié d'une manière assez détaillée *la matière première* des industries textiles, dont peu de publications ont eu jusqu'ici à s'occuper, mais nous devons maintenant forcément nous restreindre dans la description et l'application des divers appareils employés en filature. L'étude détaillée de chacun de ceux-ci exigerait en effet un trop long examen, incompatible avec la brièveté que demande un résumé rapide et chacun d'eux a d'ailleurs été étudié par des auteurs spéciaux. Nous nous contenterons ici de mentionner les principales opérations spéciales aux diverses manipulations que nous aurons à étudier, et nous renverrons aux auteurs qui ont pu traiter quelques-unes de ces questions ceux qui voudront pousser plus loin l'étude que nous leur présenterons.

Nous avons donc ici à examiner les filatures de soie, coton, laine peignée et cardée, lin, chanvre et étoupes.

Nous rappellerons tout d'abord que la filature de soie, en supposant connu tout ce qui concerne l'industrie agricole (récolte des feuilles de mûriers, éducation des vers à soie, etc,) comporte deux périodes:

1° Production de la soie grége (tirage de la soie des cocons, dévidages, etc).

2° Moulinage (production du poil ou trame, organsinage, etc).

Viennent ensuite les opérations du décreusage et du conditionnement, opérations toutes spéciales qui se rapportent à la filature, si l'on veut, mais qui sont plutôt du domaine de la vente des produits.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'ouvrage publié en 1847 par M. Alcan sur les industries textiles et par M. Roret sur la soierie quelques années plus tard suffiront pour renseigner ceux que ce sujet pourrait intéresser davantage.

Pour ce qui concerne la filature de coton, nous renverrons pour la culture au guide de M. Adrien Picard (Paris, E. Lacroix) et pour la filature proprement dite au traité de M. Alcan. Nous ne ferons que mentionner les opérations par lesquelles passe le coton avant d'être transformé en tissu, opérations qui sont au nombre de dix:

1. Battage;
2. Cardage;
3. Étirages sans torsion;
4. Étirages avec torsion;
5. Filage en gros;
6. Filage en fin;
7. Retordage et filage;
8. Passage à la vapeur;
9. Dévidage et mise en écheveaux;
10. Empaquetage.

En filature de laine, nous établirons simplement la comparaison de la laine cardée d'avec la laine peignée, laquelle ne peut être mieux comprise que par le tableau suivant qui donne la nomenclature des séries de machines employées dans deux filatures de chaque genre prises comme type:

| *Laine peignée.* | *Laine cardée.* |
|---|---|
| Machine pour diviser les laines sortant du triage; | Machine pour diviser les laines sortant du triage; |
| 2. Batteuses mécaniques; | 2. Batteuses mécaniques; |
| 2. Machines à dégraisser; | Echardonneuse; |
| Graisseur mécanique; | 2. Dégraissoirs; |
| 7. Cardes; | Loup; |
| Gill-box; | Graisseur mécanique; |
| Lisseuse; | 17. Cardes; |
| 2. Peigneuses. (Voir plus loin *Peignage*) | Gill-box; |
| Pelotonneuse; | Lisseuse; |
| Défeutreur. ( 4 peignes, 2 bobines) | Défeutreur. ( 4 peignes, 2 bobines) |
| Réduit ( 8 — 4 — ) | Réduit ( 8 — 4 — ) |
| Réunion (12 — 6 — ) | Réunion (12 — 6 — ) |
| Bobinoir (12 — 12 — ) | Bobinoir (12 — 12 — ) |
| Bobinoir (27 — 27 — ) | Bobinoir (27 — 27 — ) |
| 2. Bobinoirs (16 — 32 — ) | 2. Bobinoirs (20 — 40 — ) |
| 2. Bobinoirs (20 — 40 — ) | 2. Bobinoirs (20 — 40 — ) |
| 15. Mull-jenny (200 broches); | 15. Mull-jenny (200 broches); |

On trouvera la description et le fonctionnement de chacune de ces machines dans le *Traité de filature de laine* de M. Leroux (Eugène Lacroix).

Enfin pour ce qui est des filatures de lin et de chanvre, nous renverrons le lecteur à nos *Etudes sur le travail des lins* (Eugène Lacroix, éditeur) et pour ce qui concerne la filature d'étoupes, au travail que nous avons publié en 1875 dans les *Annales du Génie civil* sur cette question.

## II. — TISSAGE.

Nous nous étendrons un peu plus sur la partie qui concerne le tissage, parce qu'elle a été généralement peu étudiée et que partant elle est moins connue.

Au sortir de la filature, le fil ayant été disposé en écheveaux, la première opération à faire est de le remettre en bobines. C'est la machine, dite *bobinoir*, qui effectue cette opération, indispensable seulement pour les fils destinés à la chaîne du tissu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une fois le fil mis en bobines, la main d'œuvre auquel il est soumis diffère suivant qu'il est destiné à la chaîne ou à la trame.

Voyons d'abord le fil de *chaîne*.

L'appareil destiné à former une *chaîne*, c'est-à-dire une bande, variant de longueur et de largeur suivant le tissu, et composée de fils tendus parallèlement les uns à côté des autres est l'*ourdissoir*. Ces fils provenant des bobines, lesquelles sont disposées sur un cadre *ad hoc*, conservent leur parallélisme en passant au travers de deux peignes ou lames à un seul rang d'aiguilles, et vont de là s'enrouler sur une *ensouple*, sorte de grande bobine de la largeur de la chaîne.

L'ensouple est ensuite portée sur une *pareuse*. Là, tous les fils, déroulés petit à petit, sont enduits de colle, brossés successivement par dessus et par dessous, puis séchés immédiatement au ventilateur, pour aller s'enrouler sur une nouvelle ensouple. Celle-ci reçoit donc sur son pourtour les chaînes provenant de plusieurs ourdissoirs. Au sortir de la pareuse, la chaîne est portée sur le métier à tisser.

Voyons maintenant le fil de *trame*.

Celui-ci est tout simplement porté sur des machines dites *canetières*, qui enroulent directement l'écheveau sur les *canettes*. Ces canettes sont de petites bobines, de forme oblongue et pointue, destinées à être placées sur des broches à l'intérieur des navettes.

Reste alors le métier à tisser dont le rôle est de réunir ensemble les fils de chaîne et le fil de trame. Les fils de chaîne sont tendus parallèlement et se déroulent petit à petit de l'ensouple au moyen d'un régulateur spécial, les fils de trame s'échappent de même au fur et à mesure que la navette glisse au travers des premiers. Les fils de chaîne passent au travers d'un peigne pour conserver leur parallélisme, et, derrière ce peigne sont deux lisses ou marches qui en soulèvent tour à tour une moitié en les alternant.

Voilà le tissage dans sa plus grande simplicité, et tels sont sont d'une manière générale, les principes qui régissent invariablement la fabrication des étoffes.

Cependant la confection d'un tissu n'est pas toujours aussi simple, et nous allons essayer de donner un aperçu rapide de quelques opérations auxquelles on peut être amené en disant quelques mots de la *synthèse du métier à lames*, laquelle comprend la *mise en carte*, le *remettage*, le *marchage*, l'*embrevage* et le *piquage*: en tout cinq éléments. Nous supposons connus, comme nous l'avons fait jusqu'à présent, tous les termes techniques usités en tissage et qui, croyons-nous, ont déja été suffisamment expliqués en 1867.

Tout d'abord, comme le dessin nous est nécessaire pour reproduire en l'expliquant la configuration graphique du croisement des fils, nous nous servirons à cet effet du *papier de mise en carte* dont nous devons dire par anticipation quelques mots à nos lecteurs.

Ce papier est tout simplement un papier quadrillé sur lequel, à l'intersection des lignes horizontales et verticales, on a l'habitude de placer une croix, en admettant que ce soient les lignes elles-mêmes qui représentent dans un sens les fils de la chaîne et dans l'autre ceux de la trame.

Il y a différentes réductions de papiers de mise en carte: les plus employés sont les 8 en 8, les 10 en 10, 8 en 12, 8 en 14, 8 en 16 et 8 en 20. Les traits forts qu'on y remarque (*traits de démarcation*) servent à faciliter le lisage d'un dessin lorsqu'il s'agit de percer les cartons: ils produisent le même effet sur ce dessin que les degrés et les parallèles sur les cartes géographiques. Lorsqu'on énonce les divisions pour désigner le papier, on exprime comme premier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

terme celui qui se rapporte à la chaîne et comme deuxième terme celui qui se rapporte à la trame: Une étoffe qu'on dit par exemple mise en carte sur du papier 8 en 12 est tissée dans la proportion en carré de 8 fils de chaîne contre 12 duites.

Pour trouver le papier qu'on doit employer d'après un nombre de fils contenus dans un sens ou dans l'autre, dans un carré parfait de tissé, on établit une proportion arithmétique dont le 1er terme est le nombre de fils de chaîne, le 2e le nombre de duites et le 3e la division du papier qu'on veut prendre pour la reproduction de la chaîne. On obtient naturellement de cette façon le 4e terme qui est celui qui doit se rapporter à la trame. Recherche-t-on par exemple, le papier employé pour mettre en carte un tissu ayant en carré 42 fils de chaîne sur 50 duites, on établit la proportion.

$$42 : 50 :: 8 : x,$$

qui donne 9,50 pour la valeur de $x$. C'est donc du papier de 8 en $9^1/_2$ que dans ce cas on aura à employer. Mais comme le papier de 8 en $9^1/_2$ n'existe pas, on emploie de 8 en 10.

Si cependant dans ce cas, on n'avait ni papier de 8 en 9 ni papier de 8 en 10, il suffirait d'employer un autre papier qui maintiendrait les proportions voulues dans la carte, tels que le 10 en 11, 10 en 12, ou encore 16 en 18, 16 en 20, etc. Il va sans dire que ces derniers chiffres changent de place dans la dénomination si on retourne le papier de mise en carte de manière que la base soit prise de hauteur, le 8 en 14 devient 14 en 8; le 10 en 16, 6 en 10, etc.

Il se vend encore dans la commerce des papiers réglés *pointés d'avance* d'après les armures fondamentales les plus employées, telles que l'uni, le sergé, le croisé, le satin et le 4. Ces papiers s'emploient surtout pour la mise en carte des tissus, tels que les damassés, par exemple, dont le fond affecte toujours une des armures que nous venons de citer. Il en résulte qu'en peignant sur un de ces papiers des effets quelconques, une partie du pointage se trouve marquée par la couleur, tandis que le fond reste toujours tel qu'il est. On comprend qu'avec des papiers ainsi pointés, le travail du metteur en carte se trouve considérablement diminué.

Après la mise en carte, le second élément constitutif de la synthèse du métier à lames, c'est le *remettage*.

Le mettage consiste à passer ou à rentrer les fils de la chaîne dans les mailles des lisses de toutes les lames exigées par l'armure. (Le mot *mettage* désigne également l'opération graphique par laquelle on indique à l'ouvrier ou au lamier la manière de passer les fils en mailles ou plutôt l'ordre dans lequel le rentrage doit être fait. Ce rentrage se fait à partir de la première maille à gauche de la première lame, c'est-à-dire de celle qui est la plus éloignée de l'ouvrier et la plus rapprochée des rouleaux de la chaîne).

Les remettages fondamentaux sont les suivants:

1° Le remettage suivi;
2° Le rentrage à pointe;
3° Le remettage à retour;
4° Le remettage amalgamé ou sauté;
5° Le remettage à plusieurs corps proprement dit;
6° Le remettage à plusieurs corps interrompu ou figuré.

Tous ces remettages peuvent à leur tour se combiner entre eux.

Nous allons les examiner successivement.

L'effet du *remettage suivi* est de répeler constamment le même sujet (croisure ou dessin) dans le même sens, de manière à en former un ensemble sans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

interruption et sans reprise aucune, fig. 1, pl. I. Dans ce système, les fils se passent dans un équipage de 4 lames et on les rentre de la manière suivante :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Le | 1er | fil | dans la | 1re | maille de la | 1re | lame. |
| » | 2e | — | | 1re | — | 2e | — |
| » | 3e | — | | 1re | — | 3e | — |
| » | 4e | — | | 1re | — | 4e | — |
| » | 5e | — | | 1re | — | 1re | — |
| » | 6e | — | | 1re | — | 2e | — |
| » | 7e | — | | 1re | — | 3e | — |
| » | 8e | — | | 1re | — | 4e | — |

Il est évident que la première lame, en levant, entraîne le quart des fils de chaîne, et il en est de même si l'on fait lever successivement les trois autres. Les 4 premiers fils, rentrés comme nous venons de le dire, constituent ce qu'on appelle *un cours;* ils forment ici le 1er *cours*, les 5e, 6e, 7e et 8e forment le 2e *cours*, et ainsi de suite.

Voyons maintenant le *rentrage à pointe*. Pour l'obtenir, au lieu de rentrer tous les fils d'une manière suivie ou dans le même ordre, on rentre un premier cours *suivi* et un second dans le sens inverse, en supprimant toutefois le redoublement des premiers et des derniers fils, fig. 2, pl. I. De cette façon, le sujet se trouve répété alternativement dans un sens, puis dans l'autre. Une diagonale, par exemple, sera un zigzag dont chaque côté sera égal.

Si nous prenons huit lames et que nous y rentrons les fils à pointe :

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Le | 1er | fil | sera rentré | dans la | 1re | maille de la | 1re | lame. |
| » | 2e | — | — | | 1re | — | 2e | — |
| » | 3e | — | — | | 1re | — | 3e | — |
| » | 4e | — | — | | 1re | — | 4e | — |
| » | 5e | — | — | | 1re | — | 5e | — |
| » | 6e | — | — | | 1re | — | 6e | — |
| » | 7e | — | — | | 1re | — | 7e | — |
| » | 8e | — | — | | 1re | — | | — |
| » | 9e | — | — | | 1re | — | 7e | — |
| » | 10e | — | — | | 1re | — | 6e | — |
| » | 11e | — | — | | 1re | — | 5e | — |
| » | 12e | — | — | | 1re | — | 4e | — |
| » | 13e | — | — | | 1re | — | 3e | — |
| » | 14e | — | — | | 1re | — | 2e | — |

Le cours se compose donc de 14 fils, puis dans chaque lame se trouvent rentrés 2 fils, à l'exception des 1re et des 8e lames qui n'ont qu'un fil. La première et la huitième lames doivent donc être faites avec la moitié moins de mailles que les six intermédiaires.

Le *remettage à retour* diffère du précédent en ce que les 1re et 8e lames, au lieu de porter un fil, en portent deux, passés successivement l'un après l'autre (fig. 3, pl. I).

On produit à peu près avec ce rentrage le même effet qu'avec le rentrage à pointe, puisque dans celui-là la pointe est faite par un fil, tandis que dans celui-ci elle est faite avec deux.

4° Le remettage *amalgamé* ou *sauté* est celui dans lequel l'ordre des lisses est interverti et ne correspond plus à l'ordre des fils de chaîne : il consiste, fig. 4, pl. I, à passer :



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le 1er fil dans la 1re maille de la 1re lame.
» 2e — 1re — 3e —
» 3e — 1re — 2e —
» 4e — 1re — 4e —

Ce mettage s'emploie pour le tissage mécanique du calicot, où il permet de tisser sur un métier ordinaire 2 excentriques du calicot avec 4 lames. En rentrant sur 8 lames au lieu de 4, on voit en effet que les 4 premiers fils sont rentrés dans les lames 1, 3, 5, 7 et que les 4 derniers du cours sont rentrés dans les 2e, 4e, 6e et 8e lames.

Le remettage suivi, le rentrage à pointe et les remettages à retour et amalgamés sont des remettages fondamentaux, et, comme le rentrage ne varie pas, il suffit, dans les dispositions, de les indiquer par leurs noms.

Restent maintenant les remettages à plusieurs corps, fig. 5, pl. I.

Ces remettages s'emploient pour le tissage d'étoffes telles que *cannelées*, *piquées*, etc., qui exigent 2, 3, etc., corps de chaîne superposés dont les fils se trouvent rentrés dans les mêmes dents. Dans ce cas, les différents corps de lames sont des assemblages de lisses qui jouent dans la confection d'un même tissu des rôles différents.

Ajoutons qu'on dirige comme premier corps des lames celui qui est plus rapproché du rouleau de chaîne et comme dernier corps celui qui en est le plus éloigné. Le remettage dans chacun des corps de lames peut avoir lieu indistinctement, soit ensemble, soit séparément. Ce choix dépend entièrement du plus ou moins de facilité qu'on rencontre dans la disposition du remettage. Inutile d'ajouter que les corps de lames peuvent avoir plus de mailles les uns que les autres.

Le remettage à plusieurs corps, dit *interrompu* ou *figuré*, est celui qui nécessite plusieurs corps de lames à faire dans la largeur de l'étoffe des armures différentes, tels sont les fonds ayant d'une part des bandes unies et d'autre part des fils cannelés, satinés, sergés, ou encore des fonds à petits effets de trame. On l'appelle encore *remettage à jour*.

En règle générale, les remettages à plusieurs corps ne peuvent s'indiquer par leurs noms dans les dispositions; ils sont tellement variés qu'il est toujours nécessaire d'en stipuler exactement le rentrage tel qu'il doit être donné à l'ouvrier.

En montant un métier à lames, on peut être amené, dans l'application des armures même classiques, à des calculs très-divers.

Prenons, par exemple, un échantillon *brillanté* fig. 6, pl. I, ayant par rapport en chaîne 12 fils, et résolvons à ce sujet ce problème de tissage : faudra-t-il 12 lames pour le faire?

Nous avons pris ce sujet parce que, justement, en examinant ce pointage de 12 fils, on trouve des similitudes qui permettent d'opérer une réduction sensible sur le nombre de lames. En donnant en effet à tous les fils de la chaîne qui tissent différemment les uns des autres un numéro, nous trouvons que les 2e, 4e, 8e et 10e ont tous le même liage, et qu'il en est de même pour les 3e et 11e fils, comme pour les 5e et 9e. Dès lors, 7 lames pouvant suffire pour contenir le remettage des 12 fils du rapport, lequel sera dès lors combiné de la manière suivante :

La 1re lame fera lever le 1er fil seulement.
» 2e — les 2e, 4e, 8e et 10e fils.
» 3e — les 3e et 11e fils.
» 4e — les 5e et 9e fils.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La 5e lame fera lever le 6e fil seulement.
» 6e — le 7e fil.
» 7e — le 12e fil.

Et il y aura ainsi 12 fils levés, mais 7 lames seulement.

Comme nous le démontrons ci-dessus, il peut se présenter encore en tissage qu'on ait à faire des tissus qui se composent d'un fond avec deux fils en dent et des bandes avec 4 fils en dent. Soit que le fond tisse en armure unie et que la bande tisse en armure sergée, il est évident dans ce cas que l'analyse démontrera qu'il faut deux corps de lames, l'un pour les fils d'un effet, l'autre pour les fils de l'autre effet.

Enfin, pour les échantillons qui se composent de plusieurs armures différentes, il n'est pas toujours facile non plus de faire raccorder le dessin. Si un même échantillon se composait, par exemple, d'un fond uni avec rayure en satin de 5 en sergé de 8 et d'un petit effet entre 2 pointillés de 12 duites, comment faudrait-il en établir la mise en carte? Dans ce cas, on serait obligé de prendre un total de 12 duites qui serait divisible par les 4 armures de l'échantillon. On aurait alors :

2 duites pour l'uni.
5 — le satin de 5.
8 — — sergé de 8.
12 — l'effet pointillé.

Comme le premier chiffre divisible est 120, on serait forcé de représenter la carte sur 120 coups de trame et de prendre par conséquent 120 cartons sur le métier à tisser. Si l'on ne procédait pas ainsi, il est évident que, lors du tissage, toutes les armures seraient incomplètes et par conséquent interrompues dans leurs effets, ce qui produirait des défauts.

Nous avons cité ces exemples afin de donner une idée de certaines difficultés qui peuvent se présenter au tissage. Nous pourrions en donner bien d'autres. Dans tous les cas, on voit par là qu'eu égard à la multiplicité des contextures qui se ressemblent, celui qui analyse un tissu ne doit pas porter son jugement trop vite; la précipitation peut conduire à de graves erreurs, car souvent les fils détissés les premiers dans un échantillon indiquent un croisement, tandis que les suivants en indiquent un autre. Ce n'est qu'après avoir retrouvé plusieurs fois le même ordre de croisement qu'on peut se prononcer avec certitude.

Il ne nous serait pas possible, même en nous bornant aux différentes sortes de métiers à tisser, d'étudier tous les genres de montages différents. Mais, en nous restreignant aux principales fabrications, nous croyons qu'il est sage, après avoir étudié le montage du métier à lames, d'étudier le montage du métier *Jacquard*.

Nous laisserons de côté la description proprement dite du métier, qui a suffisamment été expliquée en 1867. Nous rappellerons simplement que la carcasse d'une mécanique Jacquard se compose de six pièces principales : les jumelles ou bâtis, le chapeau, la planchette, la grille de l'étui et la planche à collet. Ces indications guideront suffisamment la mémoire de ceux qui ne se rappellent qu'insuffisamment le métier.

C'est d'après le nombre de crochets que les mécaniques Jacquard reçoivent leur dénomination; les plus usitées sont celles de 100, 200, 400, 600, 900 et 1200 crochets. Ordinairement toutefois, ces mécaniques ont chacune un rang supplémentaire dont on ne tient pas compte dans la dénomination : une mécanique de 100 crochets en porte 104, celle de 200 en porte 208. Ce rang

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

supplémentaire existe même de chaque côté à partir de la mécanique de 400, et c'est ainsi que les mécaniques de 400, 600, 900 et 1200 ont 416, 624, 936 et 1248 crochets.

Le côté du cylindre est celui qu'on considère comme étant du côté gauche de la mécanique et celui de l'étui comme étant son côté droit.

On ne construit guère de mécaniques Jacquard au-dessus de 1200 crochets, car alors le Jacquard prendrait de telles proportions que les pièces longitudinales, surtout les cylindres, risqueraient de se gaucher par l'influence des variations de la température, et, dès lors, en empêcheraient le fonctionnement régulier. Il vaudrait mieux, si besoin il y avait, réunir et placer sur le métier plusieurs mécaniques les unes à la suite des autres, de manière que leur réunion n'en pût former qu'une seule.

Dans les articles montés avec jacquards, on donne le nom de *corps* à la réunion de tous les maillons garnis, y compris les ficelles dites *arcades :* ce corps tient lieu des lames que l'on emploie pour le tissage ordinaire des articles à lisières ou à armures.

Les *arcades*, dont nous venons de parler, sont en fil de lin ou de chanvre retors à plusieurs brins, pliées en deux et nouées de manière à former un œillet destiné à recevoir le collet de la mécanique. On appelle *planches d'arcade* de petites planchettes minces en bois de noyer encadrées dans un châssis et percées de trous régulièrement espacés au travers desquels on met un à un les bouts de chaque ficelle. Les maillons dans lesquels sont passés les fils de la chaîne s'y trouvent suspendus.

On donne le nom de *maillon garni* au maillon dont le trou est muni du bout de la ficelle qui s'attache à l'arcade et qui porte à sa partie inférieure un bout de corde auquel est suspendu un plomb. Le poids de ce plomb varie de 10 à 40 grammes suivant l'article qu'on veut faire. Les maillons sont ordinairement en verre ou en cuivre : ces derniers ont l'avantage de ne pas se casser facilement, mais ils ont l'inconvénient de s'oxyder dans les salles humides, et, par suite, de tacher la chaîne lorsque le métier est un certain temps sans fonctionner.

Nous allons examiner une à une les diverses opérations exigées pour le montage d'un métier Jacquard.

*De l'empoutage. — Empouter*, c'est passer une à une dans les trous de la planche d'arcades toutes les cordes destinées à former le *corps*. C'est la première opération, et, pour la faire, il faut connaître, outre le nombre des crochets de la mécanique que l'on emploie, le nombre de fils que doit comporter la chaîne, le nombre de fils dont se composent le rapport et le nombre de chemins à faire sur toute la largeur du tissu qu'on veut produire sur un nombre de cent mètres donnés.

Il y a plusieurs genres d'empoutages : l'empoutage suivi, l'empoutage à retour, l'empoutage à pointe, les empoutages à plusieurs corps, etc.

Voyons d'abord l'*empoutage suivi* et admettons qu'il s'agisse de monter, suivant cette méthode, un métier de 200 crochets sur 16 chemins avec cordes empoutées suivies sur 96 centimètres. Voilà alors comment on procèdera.

Après avoir figuré sur la planche d'arcade la largeur totale que devra avoir l'empoutage, on divisera celle-ci par 16 chemins qui se numéroteront : 1$^{er}$, 2$^{e}$, 3$^{e}$, 4$^{e}$, 5$^{e}$, etc., (fig. 11). Chacun d'eux aura donc une largeur de 6 centimètres. Comme les planches d'arcade sont ordinairement percées en quinconce régulier par 55 trous en ligne droite sur une largeur de 10 centimètres, on divisera 200 cordes par 21 pour savoir combien chaque rang aura de cordes en hauteur. On trouvera pour quotient 9, plus un reste de 11 cordes, que l'on répartira

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le chemin en empoutant les 11 premières rangées impaires par 10 cordes et toutes les rangées paires par 9 cordes. Ce sont là les préliminaires.

Avant de commencer l'empoutage, on marquera dans chaque chemin le premier et le dernier trou du raccord, le premier en haut à gauche et le premier en bas à droite de chaque chemin.

Voici ensuite comment on procèdera :

L'empoutage dont il est ici question devant être fait sur 16 chemins de 200 cordes, on prendra pour 3200 fils, 1600 cordes qu'on préparera par paquets de 8 arcades et qu'on nouera ensemble par leurs boucles de façon à ce qu'elles ne s'entremêlent pas : on aura ainsi 200 paquets qu'on enfilera un à un soit sur une baguette de bois, soit sur une ficelle placée au-dessus de la planche d'arcades.

On passera ensuite les 16 bouts du premier paquet dans tous les trous de

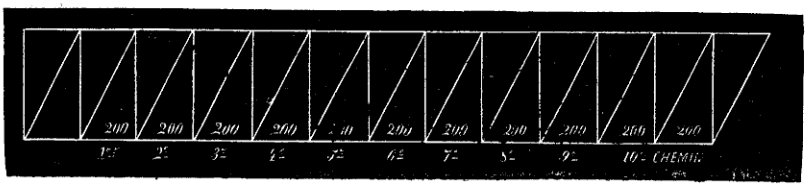



Fig. 11. — Empoutage suivi.

chacun des 16 chemins, puis les cordes du second paquet dans les trous qui se trouvent devant les 16 premiers déjà empoutés, et ainsi verticalement jusqu'au 10e paquet dont les cordes se trouveront passées dans les 10 trous. On empoutera alors les fils du 11e paquet à côté de ceux du premier et l'on continuera ainsi par rangées verticales jusqu'à l'empoutage complet des 200 cordes de chaque chemin. L'empoutage sera alors terminé.

En règle générale, il ne doit pas y avoir entre le dernier rang qui termine l'empoutage d'un chemin et le premier qui commence l'empoutage du suivant d'intervalle plus grand que celui qui existe entre les deux rangs d'un même chemin, car sans cela il y aurait interruption dans les arcades et par conséquent dans les maillons pour le rentrage des fils de la chaîne.

En outre, lorsque les trous de la planche d'arcade seront plus nombreux que les cordes à empouter et qu'on ne pourra par suite passer toutes les cordes dans les trous successifs, on empoutera alors en laissant chaque fois un trou vide à côté d'un, de deux ou de trois trous pleins. Ce cas se présentera, lorsqu'on voudra éviter le frottement des plombs les uns contre les autres dans la confection de certains articles qui exigent des plombs de forte dimension.

Enfin, il est souvent nécessaire que les fils de lisière soient rentrés dans des cordes empoutées et colletées avec des crochets séparés de ceux du fond, de manière à pouvoir leur faire tisser une autre armure pendant que le fond fait figure.

Après l'empoutage suivi, nous avons nommé tout à l'heure l'*empoutage à retour* et l'*empoutage à pointe :* nous allons en dire deux mots.

La fig. 7, pl. I indique un empoutage à retour répété 3 fois aussi pour une mécanique de 400 crochets. Chaque chemin se compose donc ici de 800 cordes, dont 400 empoutées *suivent* et les 400 autres sont *retour* des premières. Cet empoutage s'emploie ordinairement pour châles, articles pour meubles, tentures, etc., et généralement pour les tissus dont la moitié gauche du rapport est semblable à celle de droite.

L'*empoutage à pointe* est représenté par la fig. 8, pl. I; celle-ci se compose

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 3 chemins empoutés à pointe toujours pour une mécanique de 400. Comme on le voit, ce mode ne diffère du précédent qu'en ce que les sommets, ainsi que les points de réunion des effets, sont produits par un fil au lieu de l'être par deux.

Il y a encore, avons-nous dit, les *empoutages à plusieurs corps*, soit sur deux corps dont l'un est interrompu, soit à cordes doubles et quadruples,

Nous représentons sur la fig. 9, pl. I, 400 chemins de 300 cordes empoutées suivies, deux corps sur deux empoutages au lieu d'un, comme si, par exemple, les deux corps appartenaient à deux planches d'arcades séparées et rapprochées l'une de l'autre de manière à former ensemble un seul et même corps de 600 cordes.

Comme on le voit, les arcades du deuxième corps font immédiatement suite à celles du premier corps, et on empoute le premier corps sur le derrière de la planche d'arcades et le second corps sur le devant. Dans ce cas, les deux corps ont le même nombre d'arcades et si, par exemple, comme cela arrive quelquefois, un des deux corps avait la moitié du nombre d'arcades de l'autre, il est évident que l'empoutage ne varierait pas alors dans le sens de la largeur, mais bien seulement dans celui de la hauteur, qui serait composée de la moitié moins de trous que l'autre.

Les empoutages à 2, 3, 4 corps s'emploient pour des tissus se composant d'un fond sur lequel on veut faire jouer une 2e, 3e, 4e chaîne devant produire des effets différents. Alors un des corps peut être empouté suivi, un autre à pointe, un autre à retour, etc., suivant le genre d'articles à fabriquer.

La fig. 10, pl. I, représente un autre empoutage à plusieurs corps. Celui-ci ne diffère du précédent qu'en ce que le 2e corps est interrompu, tandis que le premier est continu.

On comprend aisément que là où se trouvent empoutés deux corps, les fils de chaînes qui seront rentrés dans les cordes y seront plus serrés qu'ailleurs; car, les fils de ce second corps étant intercalés entre ceux du premier, il devra nécessairement y avoir le double de fils en dent au peigne.

Il arrive fréquemment que, dans 4 empoutages à deux ou trois corps continus ou interrompus, on mette dans l'un des corps des cordes doubles, triples ou quadruples qui, étant suspendues aux mêmes crochets, tissent évidemment de même. Ce cas se présente lorsqu'on veut, par exemple, produire un effet de 100 fils avec 50 crochets et lorsque ces 100 crochets sont alternativement déviés dans le peigne par des fils de fond. Dans ces empoutages, il est bon de laisser entre les différents corps une ou deux rangées de trous vides, afin de les bien séparer les unes des autres.

Outre ces empoutages, il y a enfin l'*empoutage combiné sur plusieurs corps*, fig. 11, pl. I. Cet empoutage comprend :

1° Un chemin suivi A, empouté sur 200 cordes pour fond;

2° Deux chemins dont l'un suivi et l'autre en regard, chacun de 200 cordes empoutées sur le 1er corps;

3° Quatre chemins *b*, chacun de 200 cordes empoutées en regard de chaque côté du chemin B;

4° Deux chemins suivis D, chacun de 100 cordes empoutées en regard de chaque côté, destinés par exemple à produire sur le tissu un effet doublé ou façonné par l'addition d'une seconde chaîne.

L'ordre des chiffres de cet empoutage indique que c'est par le chemin A que l'empoutage doit être commencé, puis par les chemins BB, ensuite par ceux *b b* et enfin par ceux DD. Il est employé quelquefois pour la fabrication d'articles *nouveau é.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour terminer, nous citerons encore l'*empoutage à jouer*. Nous dirons simplement qu'on donne ce nom à celui où il existe dans la planchette d'arcades des intervalles dans lesquels on n'a pas empouté de cordes. Cette sorte d'empoutage se fait fréquemment pour des articles *nouveauté* se composant d'un fond sur lequel se trouvent des effets distancés par une série de fils qui peuvent être remis sur le corps des maillons.

*Colletage.* — L'opération du colletage fait suite à celle de l'empoutage et consiste à accrocher au collet toutes les arcades qui doivent en faire partie, fig. 12, pl. I. Ce *collet* n'est autre qu'une ficelle double et sans nœuds qui traverse la *planche à collet* et va se suspendre au crochet de la mécanique qui lui correspond.

Tous les collets sont terminés, à leur partie inférieure, par un petit crochet en fil de fer dans lequel on met la boucle des arcades. Il faut auparavant débrouiller les unes des autres ces boucles, qui ont été tortillées ensemble avant l'empoutage : si on ne le faisait, il pourrait arriver qu'une fois l'égalisage des maillons terminé, les boucles se détortillent au fur et à mesure du tissage; il y aurait alors nécessairement des inégalités ou des irrégularités dans les maillons et par conséquent dans les fils de la chaîne qui y sont rentrés.

Le colletage se fait toujours d'une manière suivie, c'est-à-dire d'après l'ordre même des crochets de la mécanique, en commençant, sauf un ordre contraire de la disposition, par suspendre le 1$^{er}$ paquet d'arcades au 2$^{e}$ collet, en poursuivant la rangée de collets jusque vers le cylindre, pour recommencer de la même manière à chaque rang de collets qui suit.

Quoique cette opération soit considérée comme une des plus simples, il arrive néanmoins qu'on commet parfois des erreurs en l'exécutant, surtout si les boucles qui doivent appartenir à chaque collet n'ont pas été précisément réunies par le tortillonnage dont il a été parlé. On risque alors, pendant le cours du colletage, de transporter ou de faire courir des arcades d'un collet à un autre, et, dans ce cas, la rectification n'ayant lieu que lors du tissage, l'appareillage du corps serait sensiblement dérangé. Quant à l'erreur provenant de l'oubli d'un collet, on ne peut s'en apercevoir qu'au dernier collet, qui, suivant le cas, se trouve être en plus ou en moins. Il y a différentes manières de corriger cette erreur, mais nous ne les indiquerons pas, afin de ne pas être trop longs.

*Pendage, appareillage ou égalisage.* — Le *pendage* a pour but de suspendre une à une sur chaque corde ou arcade constituant le corps, tous les maillons qui en font partie et qu'on y boucle par un nœud provisoire.

Cette opération faite et après s'être assuré que la planche d'arcade est bien de niveau, on fait lever en masse plusieurs fois de suite, par la grille de la mécanique, tous les maillons du corps qu'on laisse retomber avec une légère secousse. Cette précaution remet à leurs places les crochets qui s'en trouvent écartés et contribue également à ce que chaque collet se pose bien à cheval sur son crochet.

L'opération de l'*appareillage* ou de l'*égalisage*, qui fait suite à celle du pendage, a pour objet d'égaliser tous les maillons à la hauteur voulue, de manière que leur ensemble soit coupé par un plan horizontal. Elle exige beaucoup de soins et d'exactitude.

A cet effet, on recule le battant et on le met dans la position où il se trouve lors du passage de la navette, puis on enlève le chapeau qui gênerait l'opération, et c'est la surface du battant sur laquelle glisse la navette qui sert de guide pour l'alignement des maillons. On attache alors ceux-ci par un nœud fixe aux cordes ou arcades; on a soin, ce faisant, de couper les bouts qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dépassent et qui pourraient se mettre en travers de la marche de l'appareil pendant le tissage.

*Envergure des corps.* — L'envergure des corps a pour but de *classer* les maillons pour le rentrage des fils de la chaîne. — Pour cela, il suffit de prendre de la main droite un certain nombre de maillons garnis qu'on *envergue* d'après l'ordre de leur empoutage, de façon que tous les maillons impairs soient devant le pouce (fig. 12), et derrière l'index, et que tous les maillons pairs soient derrière le pouce et devant l'index.

Lorsque les maillons ainsi envergés dans la main gauche deviennent trop nombreux, on place au lieu des doigts les deux bouts d'une ficelle doublée pour en conserver l'envergure, puis on continue en suivant le même procédé jusqu'à la fin de l'opération. L'envergure étant terminée, on remplace cette ficelle double par deux baguettes en bois, absolument comme cela se fait pour l'envergure des chaînes, puis on commence le remettage des fils en les rentrant dans les maillons.

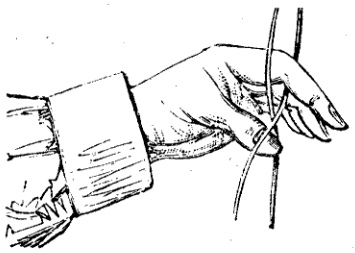


Fig. 12. — Envergure des corps.

*Mise en carte. — Lisage.* — L'opération du *piquage*, *lisage* ou *perçage* des cartons est une des plus importantes et l'une de celle qui exige le plus d'attention. Le *perceur* doit exécuter son travail d'après le dessin qui lui est donné en suivant exactement ses indications, puisque ce sont par ces mêmes cartons que doit être reproduite dans le tissu la combinaison des effets de la mise en carte.

La mise en carte est arbitraire ou limitée. Elle est *arbitraire* quand le montage du métier lui est subordonné, elle dépend alors de la volonté du dessinateur. Elle est *limitée* quand c'est elle au contraire qui est subordonnée au montage du métier, et alors le dessinateur tire son dessin des bases de la disposition d'empoutage d'après lequel le métier est monté: il faut alors, pour qu'il puisse opérer, qu'il connaisse outre cet empoutage, le nombre de cordes contenues dans un chemin et le nombre de crochets employés.

*Lire* un dessin, c'est donc percer dans un ordre défini le nombre de cartons nécessaires, indiqués par le dessin.

Admettons que, le garnissage de la mécanique étant au complet, nous ayons à lire une carte sur 100 crochets en destinant les 4 crochets supplémentaires aux lisières. Pour le perçage du premier carton, nous n'aurons qu'à prendre pour point de départ le point qui devra correspondre à l'aiguille et par conséquent au crochet portant sous les fils rentrés dans les cordes qui ont été empoutées en premier lieu. Nous continuerons ainsi le perçage, toujours transversalement, en prenant l'une après l'autre toutes les rangées qui sont de 4 en 4. Chaque arcaton devra donc faire lever la quantité de maillons qui doivent former le dessin.

Dans cette opération, les aiguilles qui font mouvoir les crochets correspondant aux maillons qui doivent lever prennent passage par les trous des cartons. Les parties non percées repoussent les autres aiguilles et laissent ainsi dans l'inaction les crochets dont les maillons qui leur correspondent doivent rester en fond.

Le nombre de cartons nécessaire à la production d'une armure ou d'un dessin quelconque dépend uniquement de la quantité de coups de trame ou duites qui entrent dans son rapport. C'est ainsi que pour exécuter l'armure

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*uni*, il ne faudrait que 2 cartons. Dans ce cas, comme le cylindre de la mécanique a toujours plus de deux faces percées d'un nombre de trous égaux à celui des aiguilles crochets ou collets de la mécanique, il en résulterait qu'un certains nombre de faces seraient sans action. Il résulterait aussi que, les aiguilles se trouvant toutes repoussées à certains moments, les fils de chaîne leveraient en bloc et rendraient ainsi le coup de trame impossible puisqu'il n'y aurait pas d'ouverture pour le passage de la navette. Il faut donc toujours employer autant de cartons qu'il y a de faces au cylindre.

Tous les cartons nécessaires pour un dessin reçoivent avant le perçage un numéro d'ordre à l'encre; c'est là un point de repère pour en reconnaître le rang au laçage; comme le perçage des cartons s'opère horizontalement et qu'ils se présentent au cylindre verticalement, il faut avant de commencer le perçage, se rendre bien compte du point de départ pour la lecture. On doit toujours se rappeler que le trou qui horizontalement paraît être le premier, et qui doit correspondre à la première aiguille d'une rangée, devient, dans la mécanique de 100 crochets par exemple, le quatrième trou de cette même rangée lorsque le carton est dans la position verticale.

*Translatage.* — Translater, c'est indiquer successivement et par ordre sur la mise en carte le passage de toutes les trames nécessaires pour la formation d'un dessin.

Le travail du translatage, applicable à tous les articles tissés à plusieurs navettes produisant un certain nombre d'effets différents, exige beaucoup de temps, de patience, et évidemment plus de papier de mise en carte. On doit l'éviter autant que possible à moins qu'on ne soit forcé d'y avoir recours pour faciliter la lecture d'une carte à une personne bien exercée.

## III. — PEIGNAGE.

Le peignage ne forme une industrie spéciale que lorsqu'il s'agit de la laine; tous les autres textiles se peignent toujours dans les établissements où on les file.

On comprendra qu'il nous est impossible d'examiner, même d'une façon rapide, tous les différents genres de machines à peigner la laine, qui peuvent être considérées certainement comme un type des machines les plus compliquées. Les principales fonctionnent dans les villes de Reims et de Roubaix, qui se sont fait une spécialité de ce genre d'industrie, et qui en emploient plus du 20 types différents.

Nous nous contenterons de dire qu'on peut diviser ces machines en deux familles bien distinctes, la famille du *peignage direct* du ruban brut et la famille du *fouettage* du ruban brut.

Dans les machines à peignage direct, nous rencontrons comme principales :

1° La *machine Heilmann*, avec peigne nacteur à mouvements alternatifs et superposition automatique des mèches pour former un ruban continu;

2° La *machine Lister*, avec pince arrracheuse à deux machoires, animée d'un mouvement de va et vient;

3° La *machine Hubner*, avec porte-bobine circulaire, déroulement des rubans bruts au moyen d'un plan incliné, peignage par hérissons et étirage par cannelés horizontaux;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° La *machine Schlumberger*, qui contient le principe de la convergence des nappes peignées par l'extrémité.

Le procédé *par fouettage du ruban brut* consiste dans trois mouvements produits soit par l'appareil chargeur seul, soit par la combinaison de l'appareil chargeur et du peigne receveur. Ces trois mouvements sont l'élévation du ruban au-dessus des dents du peigne, puis l'abaissement du ruban dans les dents du peigne et finalement la rupture de la tête du ruban brut.

Dans ces machines, nous remarquons les suivantes:

1° La *machine Ramsbothom*, dite *square motion*, qui comprend le peignage quadrangulaire et l'emploi d'un peigne droit ou à barrette, peignant la frange extérieure d'un peigne circulaire horizontal;

2° La *machine Tavernier*, avec alimentation par fouettage quadrangulaire sur un peigne à chapelets;

3° La *machine Noble*, où la mèche brute est mise à cheval à la fois sur deux peignes tangents qui s'écartent l'un de l'autre et opèrent le peignage par leur écartement. La machine Noble a été l'objet en 1859 d'un procès qui a eu un immense retentissement. elle a finalement été condamnée comme une contrefaçon des machines Heilmann, Hubner et Schlumberger, à l'égard d'Heilmann parce qu'elle peignait l'extrémité du ruban, à l'égard de Hubner parce qu'elle peignait l'extrémité du ruban formant une nappe continue, et à l'égard de Schlumberger parce qu'elle avait une nappe convergente. En somme la peigneuse Noble n'opérant en aucune façon suivant le principe d'Heilmann, on avait pris un point de départ tout à fait faux. Aujourd'hui, tous ces principes y compris celui de Noble sont dans le domaine public.

## IV. — FILTERIE.

L'industrie des fils à coudre est tout à fait différente de celle de la filature. Elle consiste en effet à réunir ensemble, par 2, 3 ou 4 des fils *simples* de soie, coton ou lin, puis à donner à ces fils ainsi *retors* une préparation et une forme spéciale.

Le fil est d'abord tordu à l'état écru sur le *métier* dit *à retordre*, soit à ailette, soit à anneau (syst. Hyggins). Après avoir subi les opérations de la *teinture* (qui doit réunir solidité et aspect commercial) ou du *blanchiment*, les *écheveaux*, lorsque la matière le demande, sont assouplis par le *battage*. On les *glace* ensuite généralement sur une machine spéciale, et c'est souvent dans le plus ou moins de réussite du glaçage, opération qui reste généralement un secret de fabrique, que réside la bonté au fil à coudre. Les fils en *bobines* destinés à être mis en boîte sont *cirés*, bobinés ensuite à la machine, et reçoivent de chaque côté une étiquette représentant la marque du fabricant. Les fils destinés à être mis en pelote, aplatis par le battage et conservant, eu égard à la torsion, une élasticité gênante, sont *chevillés* d'abord, puis lissés et parés (ce qu'on appelle en terme de métier *étriqués*). La machine les transforme en pelotes autour desquelles l'ouvrier colle une bande de papier représentant le numéro du fil à coudre et la marque.

Nous n'entreprendrons pas la description des *machines à faire les pelotes* ni de celles *à mettre en bobine*. Ce sont des instruments trop compliqués pour ne pas exiger une description très-étendue et nous entraîner à des longueurs que nous voulons éviter.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# III — PRODUCTION ET COMMERCE

## I. — LA SOIE.

Les principaux pays étrangers producteurs de soie sont la Chine, le Japon et le Bengale qui, à eux seuls, fournissent annuellement à l'Europe près de 4 millions 1/2 de kilogrammes cocons; viennent ensuite par ordre d'importance, l'Italie, la France, la Cochinchine, le royaume de Siam, la Perse, le Levant, l'Asie Mineure, et la Turquie d'Europe, la Grèce, les îles de l'Archipel, les Canaries, l'Espagne, etc.

En Europe, cinq contrées seulement possèdent des fabriques de soie, ce sont la France, l'Angleterre, l'Allemagne, la Suisse et l'Autriche. Sur ce nombre, deux seulement, la France et l'Autriche, élèvent le ver à soie.

Les chiffres suivants feront mieux ressortir l'importance des divers pays producteurs. Ils indiquent pour trois années moyennes, la quantité fournie à l'exportation par chacun d'eux aux différents marchés européens.

| | 1872 | 1873 | 1874 |
|---|---|---|---|
| | Kilog. | Kilog. | Kilog. |
| France | 636,800 | 549,000 | 731,000 |
| Italie | 3,125.000 | 2,336,000 | 2,860,000 |
| Espagne | 171,400 | 130,000 | 140,600 |
| Turquie. Anatolie et Brousse | 77,400 | 100,000 | 206,000 |
| Turquie. Volo | 33,000 | 34,000 | 37,000 |
| Turquie. Salonique | | 35,000 | 63,000 |
| Turquie. Andrinople | | 20,000 | 68,000 |
| Syrie | 107,500 | 150,000 | 170,000 |
| Grèce | 6,400 | 18,000 | 13,000 |
| Géorgie, Perse et Khorassan | 110,000 | 317,000 | 400,000 |
| Chine. Shang-Haï | 2,634,000 | 2,711,900 | 2,290,000 |
| Chine. Canton | 751,000 | 388,000 | 390,000 |
| Japon par Yokohama | 721,000 | 719,900 | 550,000 |
| Inde (par Calcutta) | 574,000 | 486,000 | 425,000 |
| TOTAUX | 8,947,500 | 7,994,800 | 9,339,600 |

On remarquera sans doute ici que la France exporte peu de cocons bruts, la principale raison c'est qu'elle utilise la majeure partie de sa production.

Le Gard, l'Ardèche, la Drôme et le Vaucluse sont les départements qui chez nous produisent le plus de cocons; puis viennent l'Isère, les Bouches-du-Rhône, le Hérault, la Var, la Lozère, les Basses-Alpes, les Alpes-Maritimes, la Savoie, le Tarn, l'Ain, le Tarn-et-Garonne, les Hautes-Alpes et les Pyrénées Orientales.

La production annuelle française a suivi une marche très-variable, ascendante jusque 1858, époque de la maladie des vers à soie, descendante ensuite jusque nos jours.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| ANNÉES. | COCONS. | PRIX par kilogramme. | ANNÉES. | COCONS. | PRIX par kilogramme. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Kilog. | | | Kilog. | |
| 1805 | 4,250,000 | » | 1861 | 8,500,000 | 6,20 |
| 1815 | 5,200,000 | » | 1862 | 9,758,000 | 5,32 |
| 1825 | 10,800,000 | » | 1866 | 16,436,000 | 6,50 |
| 1845 | 17,500,000 | » | 1867 | 14,003,000 | 7,25 |
| 1853 | 26,000,000 | 4,60 | 1868 | 10,687,000 | 8,00 |
| 1854 | 21,500,000 | 4,55 | 1869 | 8,076,000 | 7,45 |
| 1855 | 19,500,000 | 4,80 | 1870 | 10,186,000 | 6,45 |
| 1856 | 7,500,000 | 6,75 | 1871 | 10,227,000 | 5,73 |
| 1857 | 7,500,000 | 8,00 | 1872 | 9,893,000 | 6,96 |
| 1858 | 11,500,000 | 5,30 | 1873 | 8,333,000 | 7,10 |
| 1859 | 11,000,000 | 7,15 | 1874 | 9,321,000 | 4,61 |
| 1860 | 11,500,000 | 7,25 | 1875 | 10,770,000 | 4,20 |

Avant 1850, tous les produits appartenaient à la race des cocons jaunes de première qualité et étaient généralement employés en France; depuis la maladie au contraire, la fabrique s'est surtout attachée à la fantaisie, et nos éleveurs qui déjà produisaient moins, ont eu à supporter une concurrence qui n'existait pas jusque-là, celle des cocons de la Chine, du Japon et du Bengale, dont les prix sont de beaucoup inférieurs à ceux des produits indigènes. L'avance considérable que la production italienne a sur la France, ainsi que nous venons de le voir, est venu empirer cette situation; et il est donc résulté de la maladie comme de cet excès de concurrence un ralentissement graduel dans la production qui persiste encore aujourd'hui.

## II. — LE COTON.

Parmi les pays producteurs de coton, l'Amérique tient certainement le premier rang, viennent ensuite les Indes et l'Egypte; parmi les pays consommateurs, c'est encore l'Amérique, puis l'Angleterre et la France.

La gradation dans la production est assez indiquée d'ailleurs par le tableau suivant qui indique la quantité fournie par chacun d'eux à l'Europe à différentes époques.

**Moyenne annuelle en milliers de balles.**

| | 1826-30 | 1836-40 | 1846-50 | 1856-60 | 1861-65 | 1866-70 | 1874 | 1875 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amérique. . . . . | 707 | 1263 | 1711 | 2865 | 793 | 1653 | 2747 | 2754 |
| Brésil. . . . . | 169 | 142 | 131 | 153 | 201 | 614 | 615 | 557 |
| Indes orientales, etc. . . . | 77 | 159 | 233 | 540 | 1380 | 1601 | 1576 | 1645 |
| Indes occidentales, etc. . . | 53 | 73 | 30 | 35 | 73 | 175 | 184 | 150 |
| Egypte, etc. . . . . | 216 | 138 | 129 | 161 | 418 | 438 | 489 | 453 |

On voit par là que, jusqu'à la guerre de sécession, la majeure partie du coton employé en Europe nous a été envoyée par les États-Unis d'abord, par les Indes ensuite. Après la guerre les envois n'ont augmenté que pour les Indes Occidentales et l'Egypte qui ont profité de la disette momentanée du textile pour se ranger parmi les pays producteurs de premier ordre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En Europe, ce sont les ports de Liverpool et du Hâvre qui reçoivent annuellement le plus de coton, viennent ensuite par ordre d'importe ceux de Brême, Barcelone, Anvers, Trieste, Hambourg, Marseille, Rotterdam, Amterdam, Gènes et les ports russes.

Le commerce des cotons se fait au Hâvre par l'intermédiaire de courtiers, qui comprennent trois catégories, les courtiers officiels ou assermentés, les anciens courtiers et les courtiers libres. Le principal rôle de ces courtiers se borne à mettre en présence un vendeur et un acheteur et à surveiller l'exécution des clauses de chaque opération. Il sont payés dans les transactions à $^1/_4$ %.

La classification des cotons au Hâvre est toute spéciale. Les sortes principales sont par ordre de qualité; 1° des États-Unis; 2° du Brésil; 3° de la Côte-Ferme; 4° de la Guadeloupe, Haute-Egypte, Pérou indigène et Pérou C. S; 5° des Indes: Surate (Sawginned, Dharwar, Oomrawattee, etc.) et Tinnevelly (Madras, Cocouadah, Bengale, Scide et Kurrachee).

Pour ce qui concerne le commerce des fils et tissus de coton, nous avons à constater une augmentation constante des importations de l'extérieur, augmentation que tous les producteurs sans exception attribuent à la situation difficile que les traités de commerce ont fait à l'industrie.

Cette situation était passablement bonne avant cette époque: de 1849 à 1859 les importations n'avaient pas même doublé:

1849 1,067,670 fr. en fils et tissus.
1859 1,951,048 —

Cette progression qui n'avait été par conséquent que de 883,378 fr., arrivait par contre dix ans après à 37,704,632.

1859 1,951,048 fr.
1869 36,655,680 fr.

Depuis cette époque, les importations ont de plus en plus augmenté, et les chiffres suivants, empruntés aux documents officiels publiés annuellement par la douane, nous en donnait la preuve:

| ANNÉES. | FILS. | TISSUS. | TOTAL. |
|---|---|---|---|
| | Fr. | Fr. | Fr. |
| 1870 | 6,189,000 | 15,432,000 | 21,622,000 |
| 1871 | 26,962,000 | 29,908,000 | 56,834,000 |
| 1872 | 39,134,000 | 97,561,000 | 136,695,000 |
| 1873 | 21,690,000 | 47,675,000 | 69,365,000 |
| 1874 | 27,551,000 | 57,523,000 | 85,074,000 |
| 1875 | 42,562,000 | 84,405,000 | 126,967,000 |
| 1876 | 63,792,000 | 81,796,000 | 145,588,000 |

Cette période n'est ici que septennale, et nous trouvons en 1876 les importations qui n'étaient en 1859 que de 36 millions 655,68 fr. arrivant à 145,588,000 fr.

Actuellement la concurrence de l'étranger ne se ralentit pas, il nous suffit pour le constater de jeter les yeux sur les relevés statistiques des dix premiers mois de ces dernières années.

| | 1877 | | 1876 |
|---|---|---|---|
| Fils. . . . . | 37,221,000 fr. | au lieu de | 38,627,000 fr. |
| Tissus. . . . . | 58,131,000 | — | 65,369,000 |
| TOTAL. . . . . | 95,352,000 | — | 103,996,000 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## III. — LA LAINE.

La production de la laine en France a subi depuis longtemps une décroissance marquée, qui tient surtout à l'avilissement progressif des prix de cette matière. Le bas prix de la laine indigène, qui était en moyenne de 2f52 le kilog. avant 1860 et qui est tombé de 1861 à 1864 à 2f20, de 1867 à 1868 à 1f90 et enfin à partir de 1869 à 1f40, a fini par décourager les éleveurs.

Cet avilissement des prix est-il dû, comme on le prétend, au système de libre échange absolu inauguré entre la France et les autres pays à l'occasion du traité de commerce de 1860. Nous n'avons pas ici à donner notre avis sur cette question. Nous avouerons cependant que les faits semblent y donner raison, car, si l'on remonte à l'année 1826, époque où les laines étaient frappées d'un droit d'entrée de 33 %, pour descendre successivement à 22 %, puis à 10 %, puis à zéro, nous voyons nos exportations prendre le pas sur nos importations:

| ANNÉES. | IMPORTATIONS. | EXPORTATIONS. |
|---|---|---|
| | Francs. | Francs. |
| 1827-1836 | 16,200,000 | 500,000 |
| 1837-1846 | 37,600,000 | 400,000 |
| 1847-1856 | 52,500,000 | 1,500,000 |
| 1857-1866 | 178,800,000 | 27,600,000 |

Nous arrivons encore aux mêmes conclusions si nous ajoutons à cette statistique le chiffre des importations et des exportations de 1867 à 1873.

| ANNÉES. | IMPORTATIONS. | EXPORTATIONS. |
|---|---|---|
| | Francs. | Francs. |
| 1867 | 229,598,000 | 43,189,000 |
| 1868 | 243,678,000 | 36,505,000 |
| 1869 | 211,962,000 | 44,672,000 |
| 1870 | 174,090,000 | 59,092,000 |
| 1871 | 295,691,000 | 105,098,000 |
| 1872 | 334,639,000 | 102,177,000 |
| 1873 | 370,621,000 | 93,326,000 |

Quant au commerce des fils et tissus de laine, avec l'extérieur il se trouve dans une situation identique, quoique moins accentuée, à celle que nous avons indiquée pour les fils et tissus de coton.

Les importations ont suivi en effet la progression constante que voici:

| | |
|---|---|
| 1849. . . . . | 375,733 fr. |
| 1859. . . . . | 2,520,892 |
| 1869. . . . . | 76,630,859 |
| 1875. . . . . | 96,332,005 |

On voit par là que l'étranger qui en 1859, n'introduisait chez nous que pour 2 mill. et demi environ de fils et de tissus de laine, avant le traité de commerce, en introduisait pour 36 mill. 655,680 fr. dix ans après et pour 96,332,005 fr. en 1875.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## IV. — LIN ET CHANVRE.

En 1848, d'après la *statistique agricole* de M. Moreau de Jonnès, l'ordre des principaux pays producteurs de lui était le suivant:

| | Quintaux de filasse. | | Quintaux de filasse. |
|---|---|---|---|
| Nord | 59,200 | Seine-Inférieure | 19,890 |
| Pas-de-Calais | 40,051 | Manche | 16,241 |
| Côtes-du-Nord | 26,098 | Maine-et-Loire | 12,401 |
| Finistère | 22,496 | Eure | 11,719 |
| Somme | 20,578 | | |

Aujoud'hui, d'après la statistique la plus récente, celle de 1871, les 11 départements suivants qui produisent chacun plus de 10,000 quintaux de filasse, représentent ensemble les $^3/_4$ de la production:

| | Quintaux de filasse. | | Quintaux de filasse. |
|---|---|---|---|
| Nord | 67,500 | Manche | 13,191 |
| Pas-de-Calais | 52,602 | Landes | 12,740 |
| Somme | 47,000 | Loire Inférieure | 12,500 |
| Finistère | 45,954 | Mayenne | 11,400 |
| Haute-Garonne | 22,500 | Gers | 10,345 |
| Côtes-du-Nord | 20,800 | | |

La culture du lin a donc diminué dans le Lot-et-Garonne, la Seine-Inférieure, le Maine-et-Loire, l'Eure, la Manche. Elle a gagné du terrain dans les autres départements. Par contre plusieurs des départements qui primaient dans la culture du lin ont remplacé ce textile par le chanvre.

C'est encore ce même recensement officiel qui nous apprend que la France entière produisait à cette époque 490,974 quintaux de chanvre et 416,975 quintaux de lin, soit au total 907,949 quintaux de filasse seuls dans toute la France, 8 départements ne produisaient ni lin ni chanvre, c'étaient la Corse, la Drôme, le Gard, l'Eure-et-Loir, l'Hérault, le Haut-Rhin, la Seine et le Vaucluse.

Voici le résumé des statistiques officielles depuis 1840.

| ANNÉES. | HECTARES ensemencés. | PRODUCTION de filasse. | VALEUR TOTALE. |
|---|---|---|---|
| | **Chanvre.** | | |
| 1840 | 176,148 | 67,507,676[k] | 86,287,341[f] |
| 1852 | 123,357 | 64,173,200 | 49,654,983 |
| 1862 | 100,114 | 57,433,900 | 55,861,863 |
| 1871 | 96,395 | 46,097,400 | 49,558,057 |
| | **Lin.** | | |
| 1840 | 98,241 | 36,825,401 | 57,507,216 |
| 1852 | 80,336 | 33,649,900 | 31,755,065 |
| 1862 | 105,455 | 52,311,040 | 65,690,799 |
| 1871 | 79,721 | 41,697,500 | 53,925,374 |

On voit par là que, sauf en 1862, la culture du chanvre occupait toujours plus de terres ensemencées que la culture du lin. L'une et l'autre culture ont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toujours considérablement diminué. A quoi tient cette diminution ? nous n'avons pas à en étudier ici les causes, mais on voudra bien observer qu'elle ne tient nullement à la diminution de la consommation, puisque nos importations en lins bruts ont toujours été en augmentant (1).

Le lecteur a pu juger, par l'étude rapide que nous venons de faire de ces différentes industries, de quelle importance sont les arts textiles en France. Comme nous le disions en commençant, il est peu de départements qui n'aient à s'en préoccuper. On nous pardonnera d'avoir été un peu bref, dans le cours de nos observations, sur certains points d'une importance réelle, mais on comprendra aussi qu'il ne nous était guère possible de nous étendre plus longuement dans le cadre restreint qui nous était réservé, alors que nous n'avions principalement pour but que de rappeler les diverses phases de ces industries et leurs progrès depuis 1867.

Nous allons maintenant parcourir le palais de l'Exposition de 1878. Nous suivrons dans cette nouvelle étude, l'ordre que nous avons adopté jusqu'ici. Nous aurons pour objet d'indiquer les progrès accomplis et les perfectionnements atteints, et nous laisserons une grande place à la comparaison et à la critique.

Nous en avons la certitude, le lecteur préférera nous voir passer rapidement sur la description de quelques appareils de peu de valeur, plutôt que d'oublier de signaler des principes ignorés ou des idées nouvelles.

(1) Consulter le tome II de l'ouvrage de M. Renouard, pour le commerce des fils et tissus de lin. *Etudes sur le travail des lins*, 3 vol. gr. in-8°, 1875. Lille, imprimerie Robbe ; Paris, librairie E. Lacroix. Prix : 35 fr.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# METALLURGIE

## LE FER

PAR M. GEORGES ANCEAU, INGÉNIEUR CIVIL

### PREMIÈRE PARTIE

### TRANSFORMATION DE LA FONTE EN FER BRUT OU ÉBAUCHÉ

#### SOMMAIRE.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉTAT ACTUEL DE LA MÉTALLURGIE. — PUDDLAGE : Four à puddler. — Théorie du puddlage. — Four à deux soles. — Foyers à gaz. — Foyer BERNAC et SOMMER. — Four BICHEROUX. — PUDDLAGE MÉCANIQUE : Travail mécanique dans les fours ordinaires. — Puddleur LEMUT. — Fours rotatifs. — Four DANKS. — Four CRAMPTON. — Four PERNOT. — Procédés d'épuration de la fonte. — Procédé SHERMAN. — Acier puddlé. — Fabrication du fer, méthode directe. — Utilisation des chaleurs perdues des fours à puddler. — CINGLAGE : Marteau à soulèvement. — Marteau à vapeur. — SQUEEZER : *Laminage des loupes en barres et en plaques ou couvertes.* — Classement du fer ébauché. — Machine à casser les ébauchés.

#### CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉTAT ACTUEL DE LA MÉTALLURGIE.

La métallurgie du fer a été l'une des industries les plus éprouvées dans ces dernières années. Après la guerre franco-allemande les besoins considérables qui s'étaient accumulés sans pouvoir être satisfaits ont amené subitement une ère de prospérité excessive qui est en partie la cause du mal qui se fait sentir aujourd'hui. En effet, lorsqu'après la signature de la paix, les différents peuples de l'Europe ont retourné leurs idées vers le commerce et l'industrie, les usines se sont trouvées subitement assaillies par des commandes importantes représentant une consommation supérieure à la production normale; il en est résulté une hausse extraordinaire faisant réaliser aux usines existantes des bénéfices considérables. La conséquence de ce fait a été l'agrandissement des usines voulant augmenter leur production et la fondation rapide de Sociétés dans le but de partager les bénéfices de cette situation.

Mais bientôt la réaction s'est fait sentir; les besoins les plus pressants étaient satisfaits, les usines nouvellement construites ayant jeté sur le marché les quantités de marchandises suffisantes pour regagner le courant normal, et l'on s'est trouvé dans la situation d'un outillage installé pour satisfaire les besoins d'une nouvelle crise, mais trop considérable pour la consommation ordinaire. Et cela est si vrai, que certaines sociétés qui ont trop tardé à se former et à s'installer ne se sont trouvées prêtes à marcher que lorsque les cours étaient redescendus



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et n'ayant pas pu profiter du bon moment n'ont pas résisté à la réaction de baisse qui a suivi et ont dû s'arrêter après quelques mois de lutte. Depuis cette époque la situation au lieu de s'améliorer n'a fait qu'empirer; les pays qui se fournissaient en Angleterre, en France, en Belgique et en Allemagne, commencent à utiliser les minerais et les combustibles qu'ils possèdent; c'est ainsi que nous voyons la Russie construire chaque jour de nouvelles usines qui lui permettront d'arriver peu à peu à produire elle-même les matières qu'elle venait jusqu'ici chercher sur nos marchés.

Quant à l'Amérique, nous l'avons vue se monter avec une telle rapidité et d'une manière si puissante que nous serons peut-être exposés à la voir prochainement nous faire concurrence, sinon chez nous, du moins dans les pays non producteurs que nous fournissons actuellement.

Les variations que nous venons de signaler dans la situation de l'industrie ont été des causes multiples d'inventions intéressantes ayant pour but d'une part l'augmentation de production des appareils et la diminution de la main d'œuvre, d'autre part l'amélioration des qualités produites pour satisfaire aux exigences croissantes des constructeurs.

## PUDDLAGE.

Nous ne parlerons pas des anciennes méthodes de fabrication, dites méthodes directes, par lesquelles l'oxyde de fer du minerai était réduit par les gaz carbonés développés dans des bas-foyers appelés forges à la catalane; ces méthodes tendent à disparaître aujourd'hui.

Nous ne décrirons pas non plus les systèmes d'affinage au feu comtois, de Mazéage Silésien, etc., qui ne sont plus employés que dans un petit nombre d'usines et dont la suppression, dans une époque peu éloignée, sera le résultat des perfectionnements continuels dont les appareils de puddlage sont l'objet.

Nous diviserons nos études sur le puddlage en 3 parties :

1° *Puddlage à la main dans les fours ordinaires;*
2° *Puddlage mécanique dans les fours ordinaires;*
3° *Nouveaux fours mécaniques.*

**1° Puddlage à la main dans les fours ordinaires.** — Nous rappellerons brièvement la théorie du puddlage et la forme ordinaire des fours à puddler pour faciliter l'énumération des modifications que nous avons à noter.

Le puddlage est la transformation de la fonte en fer comprenant la décarburation et la purification ou élimination des matières étrangères. Cette transformation se fait dans le four à puddler.

Nous donnons ci-contre la description d'un four à puddler, pl. III, fig. 7 et 8.

### *Légende.*

A. Sole composée de 4 taques en fonte à joints en zigzag, soutenues par des sommiers qui s'appuient sur les deux faces du four.
Ces taques ont 3 à 4 centimètres d'épaisseur, elles sont continuellement refroidies extérieurement par l'air qui circule sous le four; leur durée varie avec la nature du travail et surtout avec le soin de l'ouvrier.

B. Pièces de fonte creuses formant parois latérales rafraîchies intérieurement par un courant d'air ou d'eau.
La partie qui sépare la grille C de la cuve s'appelle premier autel ou pont de chauffe et celle qui sépare au contraire la cuve du rampant E se nomme deuxième autel ou pont de rampant.

C. Grille.

D. Trou de chauffe, il n'a pas de porte et se trouve bouché par le charbon entassé sur le seuil en saillie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

E. Rampant.

F. Porte de travail; elle se compose d'un cadre en fonte que l'on remplit à l'intérieur de briques réfractaires et laissant un petit vide à la partie inférieure pour le passage du rabot.

Le cadre porte au sommet un crochet auquel est fixée l'extrémité du levier à contre-poids qui sert à la soulever. On n'ouvre la porte que pour introduire la charge ou retirer les balles. Tant que dure le travail, on la tient parfaitement fermée en introduisant une cale de fer entre l'un de ses côtés et le châssis qui l'encadre.

Une petite ouverture au niveau de la sole sert à faire écouler les scories, elle est bouchée avec du sable pendant le travail.

G. Fosse dans laquelle descend l'ouvrier pour décrasser la grille et remplacer les barreaux; dans cette fosse tombent et s'accumulent les escarbilles et petits cokes du foyer, des chargeurs passent de temps en temps pour les enlever sur des brouettes. Un robinet terminé par une lance permet à l'ouvrier d'éteindre ces escarbilles avant de descendre dans la fosse.

Les outils du puddleur sont :

Le ringard : tige en fer carré dont l'extrémité se termine en biseau, le manche est en fer rond.

Le rabot : recourbé à angle droit.

Le puddleur se sert alternativement de ces deux outils pour brasser la fonte et former les loupes, il en a plusieurs à sa disposition qu'il fait refroidir dans une bâche d'eau courante lorsque la chaleur du four leur a enlevé leur rigidité.

La construction du four est en briques réfractaires, l'ensemble est maintenu sur les faces latérales par des plaques de fontes réunies entre elles par de fortes tiges de fer rond. Chaque four est desservi par deux ouvriers : un puddleur et son aide.

La chaleur à développer dans les fours à puddler devant être très-considérable, la surface de la grille est très-grande par rapport à celle de la chauffe et la voûte formant réverbère est très-surbaissée pour rapprocher la flamme le plus possible du bain. La chaleur produite sur la grille s'étale au-dessus de la fonte puis s'échappe par le rampant qui la conduit à la cheminée dont le tirage est modéré par un registre placé à portée du four.

Pour décrire le travail, nous reprendrons le four à la fin d'une opération.

Le four est encore à une haute température bien qu'il ait perdu une grande quantité de chaleur par suite de l'ouverture de la porte pendant la sortie des loupes.

La cuvette contient des scories liquides reposant sur le fond et les parois latérales sont protégées par des morceaux de minerai. Le puddleur commence par regarnir ces parois de morceaux de minerai convenablement disposés; répare les autels s'il y a lieu en mettant une brique entière ou un morceau et cimente son travail en projetant avec une palette des scories liquides sur l'endroit qu'il a réparé. Dans certaines usines ces réparations se font avec un mortier de sable siliceux préparé à l'avance.

Le four étant en état, l'ouvrier ajoute au bain des scories et battitures qui lui sont ramenées du marteau-pilon et du laminoir, puis jette dans le four les morceaux de fonte constituant la charge à puddler, et les dispose les uns sur les autres pour les soumettre aussi également que possible à la chaleur et aussi pour que le bain de scories soit bien liquide avant que la fonte n'entre en fusion. Cette charge de fonte qui varie de 200 à 230 kil. est un mélange à proportions convenables des différentes fontes que reçoit l'usine. Les proportions de ce mélange varient suivant les qualités de fer à produire. Un ouvrier spécial est chargé du pesage des mélanges, et la charge pesée est amenée au pied du four à puddler.

Le four étant chargé, l'ouvrier referme la porte de travail qu'il cale avec soin pour éviter les pertes de chaleur; le vide que présente la porte à la partie inférieure est bouché par une petite plaque en tôle simplement posée devant; puis l'ouvrier s'occupe de ramener le four à la chaleur blanche; pour celà il décrasse convenablement la grille et la recouvre de charbon à plusieurs reprises.

La température du four s'élève peu à peu et la fonte entre en fusion; pendant ce temps l'ouvrier déplace dans le bain les gros morceaux de fonte et cherche à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diviser les masses en petites parties également disposées au milieu des scories liquides. La fonte n'est complétement fondue qu'après 35 à 40 minutes; c'est alors que commence le travail du puddlage. L'ouvrier enlève la plaque qui fermait momentanément la petite ouverture de la porte, introduit son rabot dans le four et commence le travail de brassage qui durera jusqu'à la fin de l'opération et dont le but est d'amener tous les grains de fonte en contact avec la scorie qui la baigne.

L'oxygène de la flamme brûle le carbone de la fonte liquide, le bain s'épaissit et finit par monter. A ce moment on lève partiellement le registre et on active le feu, le bouillon augmente progressivement; on voit à la partie supérieure du bain une quantité de petites flammes bleues qui indiquent la formation au fond de bulles d'oxyde de carbone qui viennent crever et s'enflammer à la surface; ces bulles sont produites par l'oxydation du carbone de la fonte en présence du silicate de la scorie; le bain qui était au début bien loin d'atteindre le niveau de la porte de travail monterait rapidement au-dessus si l'ouvrier ne continuait à brasser énergiquement. On voit apparaître à la surface des grumeaux rouges puis de plus en plus blancs qui montent et descendent continuellement dans la masse, ce sont de petits cristaux de fer entraînés par les bulles d'oxyde de carbone; ces cristaux s'agglomèrent peu à peu, et l'ouvrier comprime les petites masses les unes contre les autres.

Après une demi-heure de brassage la décarburation est terminée; le puddleur découpe la masse en cinq ou six parties qu'il roule dans l'intérieur du four pour former des boules, que l'on nomme loupes, et y souder les parcelles isolées qui nagent dans la scorie. Aussitôt que l'on commence la formation des boules on doit s'inquiéter d'avoir une flamme très-fumeuse pour éviter toute oxydation du fer formé. Il ne reste plus qu'à sortir les boules du four : l'aide apporte un petit chariot et lève la porte pendant que le puddleur saisit une boule avec une grande tenaille et la sort en faisant levier sur le seuil de la porte; les boules sont conduites successivement à l'appareil cingleur : marteau ou squeezer.

L'opération une fois décrite, revenons sur les principes qui en expliquent la théorie.

**Théorie du puddlage.** — La fonte est un composé de fer et de carbone mélangé d'impuretés se présentant dans des proportions variables.

La décarburation de la fonte provient de l'oxydation du carbone produite par l'oxygène de la flamme et par l'oxygène contenu dans la scorie à l'état de silicate de fer.

L'oxydation complète du carbone conduit inévitablement à une oxydation partielle du fer qui au contact de la silice du four et aussi du silicium de la fonte forme du silicate de fer et devient par conséquent une des causes de déchet.

Les impuretés qui accompagnent le carbone dans la fonte sont principalement le silicium, le soufre, le phosphore et le manganèse.

Le *silicium* se trouve dans la fonte à l'état de dissolution et aussi à l'état de silice ou sable autour des gueusets.

Nous venons de voir que le silicium s'oxyde par l'action de l'oxygène de l'air sur le métal fondu; on constate de plus que la silice en présence du fer qui s'oxyde forme un silicate tribasique de protoxyde de fer. L'oxydation du silicium se produit du reste aussitôt après la fusion de la fonte et précède celle du carbone.

Le puddlage n'élimine le *soufre* contenu dans la fonte que d'une manière bien incomplète; il semble qu'une partie soit oxydée par l'oxygène de l'air ou par l'oxygène que contiennent les composés oxydés du fer; d'un autre côté une partie s'échappe avec les scories sous la forme de sulfure de fer, car on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

constate que ces scories traitées par l'acide chlorhydrique dégagent de l'hydrogène sulfuré.

Quant au *phosphore* dont la présence dans le fer est si nuisible, son élimination par le puddlage est assez complète quoique la théorie qui l'explique ne soit pas bien éclaircie. On admet que les scories emportent en dissolution du phosphure de fer provenant directement de la fonte et aussi du phosphate de protoxyde de fer et de sesquioxyde résultant de l'oxydation de ce phosphore.

Nous voyons par ce qui précède que les agents employés dans le puddlage sont, avec la chaleur, l'oxygène de l'air et la scorie.

La nature de la scorie a une très-haute importance et peut pour un mélange déterminé de fonte faire varier dans de très-grandes limites la valeur du fer obtenu.

On classe à ce point de vue les fontes en trois catégories, les *fontes chaudes* donnent une scorie basique protoxydée, le fer produit se soude bien.

Les *fontes froides* donnent une scorie acide; le fer produit est cassant.

Les *fontes sèches* donnent au contraire une scorie oxydée et oxydante produisant un fer à gros grains.

Le mélange de ces deux dernières ramène à une bonne qualité analogue à celle des fontes chaudes.

Les fontes chaudes donnent lieu à des scories grasses très-fusibles s'oxydant à l'air, coulant difficilement, se figeant promptement et s'attachant fortement au ringard d'où l'ouvrier est obligé de les détacher en frappant sur le manche à coups de marteau. Ces scories restent dans la loupe lorsqu'on la sort du four et protègent le fer contre l'oxydation jusqu'à ce que le cinglage en rapprochant les grains chasse la scorie et soude le fer : la loupe cinglée conserve assez de liant pour se laminer en une barre d'ébauché bien soudée et sans rupture. La lenteur avec laquelle ces scories abandonnent leur oxygène est cause de la bonne épuration de la fonte ; aussi donnent-elles les bonnes qualités de fer.

Les fontes froides donnent des scories maigres, très-fusibles, coulant facilement, et figeant lentement; aussi s'écoulent-elles trop vite de la loupe sortie du four de sorte que celle-ci se casse sous le choc du marteau; le marteleur combat ce défaut en jetant un peu d'eau sur la loupe. Ces scories ont pendant le puddlage l'inconvénient de former une couche liquide trop bien séparée de la couche de fonte et de ne pas produire aussi facilement l'oxygène nécessaire à la décarburation, puis lorsque la loupe est formée cette scorie s'écoulant laisse à l'extérieur de la masse le fer sec sous l'action de l'oxygène de l'air, ce qui entraîne un déchet important.

Enfin les fontes sèches donnent des scories peu fusibles, peu faciles à chasser de la loupe qui se transforme en une masse mal soudée et se déchire au laminage; pendant le puddlage, elles font monter le bain au-dessus de la porte de travail et l'ouvrier a peine à les retenir dans le four ; la fonte se décarbure trop rapidement et s'épure mal, on peut en pareil cas améliorer le bain en y ajoutant une proportion notable de crasses ramassées au cinglage. On ajoute souvent aussi dans ce but au début, de l'opération, une petite quantité de rognures de tôle et de ferrailles.

Il nous resterait à décrire les qualités de fonte à employer pour produire les différentes qualités de fer et aussi les différents procédés de puddlage qui permettent d'obtenir du fer à grain ou du fer à nerf; mais l'étendue et le but de cet ouvrage ne nous permettent pas d'entrer dans ces détails essentiellement pratiques et nous renvoyons nos lecteurs aux ouvrages qui traitent spécialement cette question.

Nous nous contenterons également de citer le puddlage à la tourbe employé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en Italie et le puddlage au charbon de bois dont se servent certaines usines pour leurs qualités de fer extra.

Nous terminerons en disant que la charge de fonte qui est pour les fours ordinaires d'environ 200 kilogs, subit suivant la qualité de fonte employée et suivant la nature du fer que l'on veut produire un déchet très-variable s'élevant de 10 à 15 % et atteignant même 18 %; la quantité de houille consommée par tonne de fer produit s'élève de 800 à 1600 kilogs.

Les ouvrages spéciaux qui décrivent les systèmes de fours à courants d'eau employés dans les différentes contrées indiquent ces quantités pour les différents fours et les localités où ils sont adoptés.

**Four à deux soles**, pl. I, fig. 4. — Dans le four que nous avons décrit, la fonte est introduite froide dans la cuve du four. On utilise souvent la chaleur perdue par le four pour chauffer à l'avance les gueusets sur une deuxième sole ménagée derrière l'autel du rampant; de cette manière, lorsqu'une opération est terminée, l'ouvrier n'a qu'à faire passer de la 2e sole sur la 1re les gueusets chauffés au rouge, ce qui fait gagner au moins un quart d'heure par opération.

Ce passage d'une sole à l'autre s'obtient ordinairement en faisant sauter les morceaux de fonte par dessus le pont de rampant, il est rendu des plus faciles au moyen d'une petite potence ABC tournant autour de l'axe AB fixé à l'extérieur de l'axe du four et portant un crochet D qui sert de point d'appui au manche d'une palette que l'ouvrier introduit par la porte de la 2e sole pour y charger les morceaux de fonte; puis ressortant la palette chargée et supportée par le crochet D, il fait tourner la potence autour de l'axe et la palette se trouve ramenée en face la porte de la 1re sole sur laquelle il décharge la fonte rouge.

**Foyers à gaz.** — L'application des fours à gaz au chauffage des fours à puddler a donné de très-beaux résultats au point de vue de l'économie du combustible et de la régularisation de la température. Nous décrirons en détail, lorsqu'il s'agira des fours à réchauffer, les systèmes de fours *Siemens* et *Ponsard* et nous parlerons à ce moment des avantages qu'ils présentent pour le chauffage des fours à puddler. Nous étudierons seulement ici les systèmes qui servent d'intermédiaires entre les fours ordinaires et les fours à gaz avec régénérateurs de chaleur. Nous citerons entre autres le foyer à gaz, système Bernau et Sommer qui modifie la disposition du foyer sans rien changer au four, et le four Bicheroux dont la construction s'éloigne davantage des fours ordinaires.

**Foyer Bernau et Sommer**, pl. I, fig. 1, 2 et 3. — La partie essentielle du système est la surface sur laquelle s'étale le combustible; elle se compose d'un plan incliné A placé à l'arrière du foyer, et construit en briques réfractaires supportées par une plaque métallique ou mieux par quelques barres de fer, puis d'une grille légèrement inclinée B placée à la partie inférieure et se trouvant par suite beaucoup plus bas que l'arête supérieure de l'autel. Un petit intervalle est ménagé entre la grille et le bas du plan incliné pour permettre de décrasser la grille pendant la marche du four.

Cette disposition constitue un foyer très-spacieux dans lequel les gaz se produisent facilement, se chauffent, et se combinant avec l'oxygène sont complétement brûlés.

Au-dessus du plan incliné se trouve une plaque C sur laquelle on charge la réserve de charbon. Ce dernier entre sur la paroi inclinée par une ouverture ménagée dans la face du four. Le combustible poussé par cette ouverture s'étale sur la paroi inclinée, y distille, et descend à l'état de coke sur la petite grille où il se brûle complétement. L'angle d'inclinaison de la paroi varie naturellement selon la qualité du charbon. Plus le charbon est maigre ou sec plus il faut d'in-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

clinaison; toutefois ces variations de pente sont limitées par la condition que le charbon doit pouvoir se tenir sur la paroi à l'état de couche régulière et de faible épaisseur (10 à 15 centimètres), et descendre de lui-même sur la grille lorsque le charbon qui s'y trouvait a été consumé. Ce mouvement du combustible est du reste surveillé et régularisé par l'ouvrier qui avant de recharger débouche l'ouverture par laquelle descend le charbon et pousse sur la grille les petits cokes qui se sont formés par distillation sur la paroi; il fait descendre une nouvelle couche de combustible frais et amène du charbon devant l'ouverture pour la boucher complétement.

La chaleur dégagée dans le foyer est assez considérable pour qu'il y ait lieu de protéger les parois réfractaires par un refroidissement; à cet effet on ménage dans la maçonnerie un carneau D horizontal prenant l'air frais au devant de la grille pour l'amener dans la maçonnerie qui soutient l'autel et de là revenant sur les côtés du foyer le fait échapper au-dessus du four par une série de carneaux verticaux E.

Les avantages de ce système sont une économie de combustible variant avec la qualité du charbon de 10, 20 et 30 % et dépendant surtout du soin que mettra l'ouvrier à surveiller la distillation et à remplacer en temps opportun et en quantité convenable la couche de charbon à distiller.

La haute température produite et la régularité de cette température lorsque le foyer est bien conduit semblent amener une légère amélioration de qualité dans le fer produit en même temps qu'une diminution de déchet causée par la sécurité que l'on a d'obtenir une flamme non oxydante, puisque l'excès d'oxygène qui a pu traverser le coke de la grille vient servir à la combustion des gaz produits par le charbon qui distille sur le plan incliné et la flamme résultante reste constamment neutre.

Si l'on joint à cela le peu de dépense qu'occasionne la transformation d'un foyer ordinaire la substitution pouvant se faire lorsqu'on renouvelle un foyer usé, on en conclut que le système Bernau et Sommer est une des solutions les plus pratiques des foyers à gaz appliqués aux fours à puddler.

**Four à gaz, système Bicheroux,** fig. 1 et 2. — Le système Bicheroux consiste dans l'emploi d'un four ordinaire précédé d'un gazogène; l'air employé à la combustion des gaz est préalablement chauffé par une circulation le long des parois du four.

Le gazogène, fig. 1, se compose d'une trémie A dans laquelle tombe par de petites ouvertures B le charbon entassé sur la plate-forme supérieure C. On ferme ces ouvertures avec du charbon ou des briques. Le fond du gazogène est formé par une petite grille inclinée. Nous retrouverons ici les propriétés inhérentes aux gazogènes, c'est-à-dire que le charbon tombant sur une masse en ignition distille et se transforme en coke qui descend peu à peu sur la grille pour produire ensuite par sa propre combustion la distillation du charbon qui lui succédera.

Les gaz produits se rendent par un long carneau horizontal D dans un conduit vertical E dans lequel débouche à la partie supérieure une série de petits orifices amenant l'air qui vient de l'extérieur, s'échauffe par sa circulation dans des carneaux convenablement disposés le long des parois du four et arrive dans le conduit F ménagé dans l'autel. Les gaz s'enflamment et traversent le four pour se rendre à la cheminée après avoir abandonné leur reste de chaleur aux chaudières qui fournissent la vapeur aux machines de l'usine.

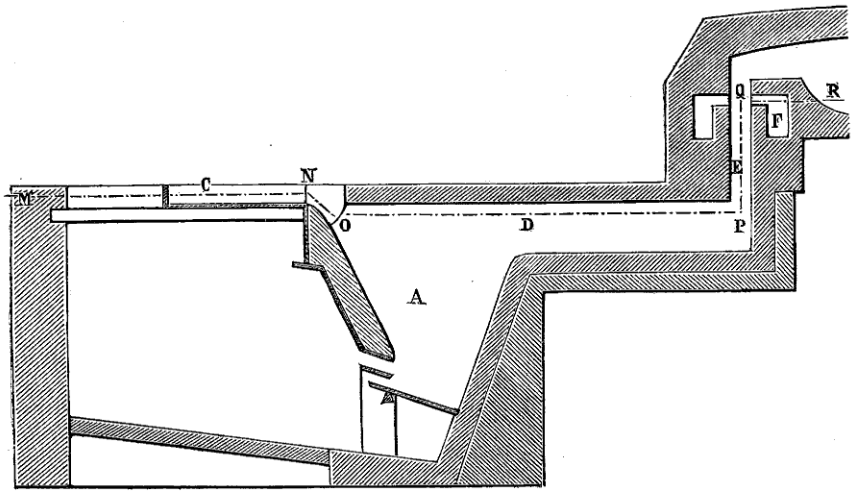
Dans les applications de ce four qui ont été faites à la fabrique de fer d'Ougrée, on a construit des fours traitant des charges de 400 kilogs, c'est-à-dire environ la charge de deux fours ordinaires.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les principaux avantages que l'on a notés depuis son adoption sont :

Une économie notable de combustible provenant d'une part de ce que l'on a pu employer aux gazogènes des charbons de qualité inférieure qui n'auraient

Fig. 1. — Four système Bicheroux. — Coupe verticale X Y.



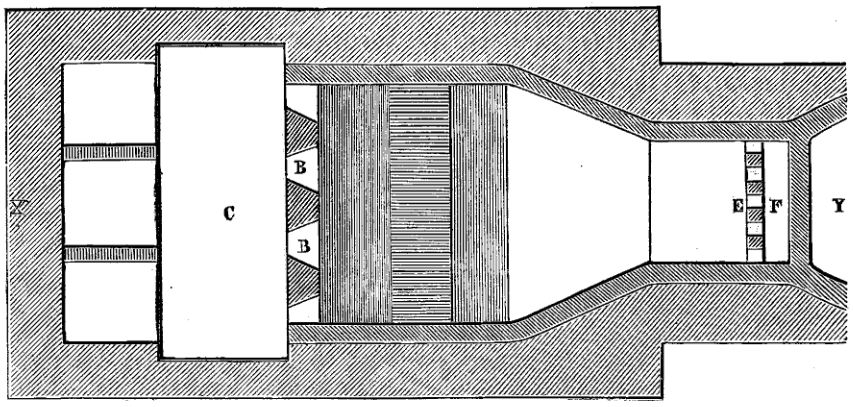




Fig. 2. — Four système Bicheroux. — Coupe horizontale M N O P Q R.

pas convenu aux grilles des fours à puddler, et d'autre part de ce que la quantité de combustible a pu être diminuée par suite de la meilleure utilisation résultant de son emploi à l'état gazeux.

L'emploi du gazogène a produit une amélioration de qualité résultant de la nature plus régulière de la flamme et de ce que l'on évite les rentrées d'air froid qui se produisent avec les foyers ordinaires.

Ces avantages se trouvent du reste constatés dans les tableaux suivant dont nous devons la communication à l'obligeance de M. A. Raze, directeur-gérant à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la fabrique de fer d'Ougrée et qui indiquent le roulement normal du puddlage dans cette usine pendant une semaine.

| CONSOMMATIONS. | | | |
|---|---|---|---|
| QUALITÉ. | CHARBON. | FONTE. | PRODUITS. |
| Fer n° 2. . . . . | 37.572k | 72.800k | 67.837k |
| — 3. . . . . | 41.713 | 72.000 | 66.588 |
| Fer fin grain . . . . | 117.958 | 166.400 | 155.810 |

| MISE AU MILLE. | | | |
|---|---|---|---|
| QUALITÉ. | CHARBON. | FONTE. | PRODUCTION par four PAR 12 HEURES. |
| Fer n° 2. . . . . | 553k | 1.073k | 2.713k |
| — 3. . . . . | 627 | 1.087 | 2.561 |
| Fer fin grain . . . . | 757 | 1.068 | 2.164 |

**Four Price, dit four à cornue.** — Nous terminerons cette revue des différents systèmes de fours en disant quelques mots du four Price dans lequel l'inventeur a eu pour objectif l'utilisation de la chaleur qui se rend à la cheminée au chauffage de l'air qui alimente la grille et au chauffage de la trémie contenant le combustible, de manière que le charbon arrive sur la grille à l'état incandescent.

Pour obtenir ce résultat, M. Price a disposé devant la cheminée d'échappement une chambre verticale dans laquelle se trouve à la partie inférieure un réservoir d'air cylindrique en fonte dans lequel l'air arrive de l'extérieur par un tuyau qui circule préalablement dans la maçonnerie entourant la chambre. L'air s'échauffe dans cette capacité placée au milieu des gaz de la combustion et se rend par un orifice latéral sous la grille; d'autre part, dans la partie supérieure de la chambre dont nous avons parlé, se trouve disposée une cornue surmontée d'une trémie à valve de chargement; le combustible est introduit dans cette cornue sans rentrée d'air, s'échauffe peu à peu en descendant et arrive à la partie inférieure à l'état incandescent devant un canal horizontal par lequel l'ouvrier introduit un outil pour le pousser sur la grille de combustion; l'ouverture de ce canal à l'extérieur est fermée à l'état normal par une porte.

Il résulte de cette disposition, dont nous n'indiquons ici que l'ensemble, que le combustible et l'air employé à sa combustion sont mis en présence à une température assez élevée grâce à la chaleur qu'ils ont empruntée l'un et l'autre aux produits de la combustion se rendant à la cheminée.

Il est aisé de comprendre par la description qui précède que la construction d'un tel appareil est assez compliqué et par conséquent coûteuse et difficile à entretenir en bon état.

**Puddlage mécanique.** — L'idée de remplacer le travail de l'homme par celui des machines, dans l'opération du puddlage, remonte assez loin et a été l'objet d'études persistantes et de nombreux essais. Ce n'est pas seulement le but d'économie et de rapidité dans l'opération qui fait chercher cette solution; il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'agit aussi de diminuer le labeur excessif des ouvriers puddleurs qui mis par leur travail dans un état de transpiration continu se trouvent exposés par toutes les saisons aux courants d'air qui circulent continuellement dans les usines métallurgiques et sont condamnés, après un petit nombre d'années, à abandonner un métier qui a ruiné leur santé. Ajoutons à cela que ces conditions de leur travail les rendent souvent très-exigeants et sont pour le chef d'usine une cause fréquente de difficultés.

**Travail mécanique dans les fours ordinaires.** — Avant de parler des

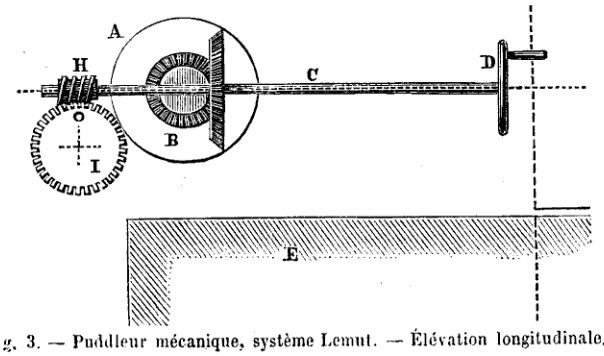



Fig. 3. — Puddleur mécanique, système Lemut. — Élévation longitudinale.

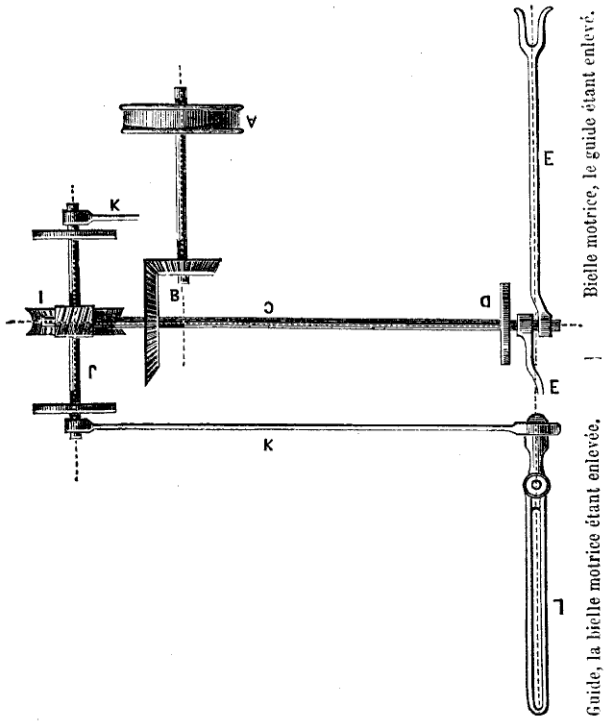



**Fig. 4. — Puddleur mécanique, système Lemut. — Vue en plan.**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fours rotatifs ou autres qui font le puddlage d'une manière automatique, nous avons à rappeler les systèmes de travail mécanique dans les fours ordinaires

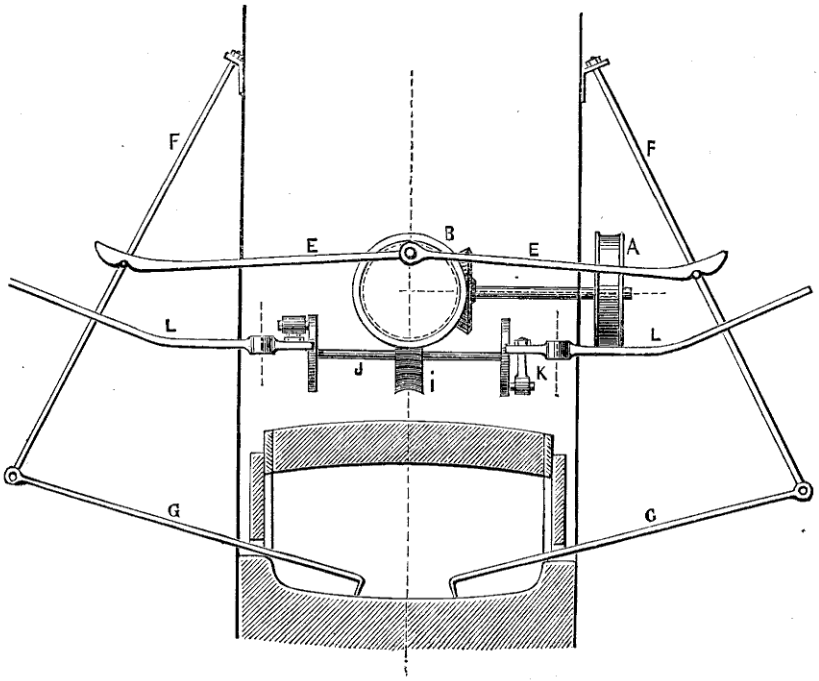



Fig. 5. — Puddleur mécanique, système Lemut. — Coupe transversale par l'axe des portes de travail.

dans lesquels la machine imite entièrement le brassage fait par l'ouvrier, son action étant uniquement la manœuvre du rabot et du ringard. Nous citerons les appareils Lemut adoptés aujourd'hui dans plusieurs grandes usines qui considèrent ce système comme une transition leur permettant d'attendre que les fours rotatifs soient arrivés à des résultats tout à fait pratiques et acceptables d'une manière courante par l'industrie.

**Puddleur mécanique, système Lemut**, fig. 3, 4 et 5. — L'appareil inventé par M. Lemut emploie l'outil ordinaire du puddleur auquel il donne mécaniquement un mouvement identique à celui que lui donne l'ouvrier travaillant à la main; il n'a cependant pas pour but de se substituer à l'ouvrier pour tout le travail de l'opération; car, une fois le brassage fait par l'appareil, le puddleur doit encore former les loupes et les sortir du four.

Le brassage s'opérant mécaniquement, on a été conduit à augmenter la dimension des fours auxquels on voulait appliquer l'appareil et dont la capacité n'était limitée auparavant que par la force musculaire de l'ouvrier. Aussi l'application du puddleur Lemut se fait-elle généralement aux fours à deux portes opposées traitant des charges de 400 à 500 kilogrammes de fonte.

C'est cette disposition appliquée aux usines de MM. de Wendel à Hayange et et à Moyeuvre dont nous donnons la description.

On ne donne pas un moteur à chaque four; un seul moteur pour toute une halle permet, avec une moins grande force nominale en chevaux, de faire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

marcher le même nombre de fours puisque l'on doit compter que les fours n'exigeront pas en même temps la force maximum, le travail dans la halle devant être réglé pour que les fours soient à un même moment à différentes périodes de l'opération afin que les appareils de cinglage et de laminage puissent eux-mêmes être suffisants pour le service de la halle.

La force motrice est distribuée aux fours par un arbre de transmission traversant la halle dans sa longueur ; chaque appareil puddleur est muni d'une poulie prenant son mouvement sur cet arbre par l'intermédiaire d'une courroie. Cette poulie A, au moyen d'un engrenage d'angle B, actionne un arbre C placé suivant l'axe longitudinal du four. Cet arbre se termine par un plateau manivelle D donnant par l'intermédiaire de deux bielles E un mouvement de va-et-vient à deux tiges F suspendues à un point fixe placé au-dessus de l'axe de la porte. Le mouvement de chacune de ces tiges F a donc lieu dans un plan vertical passant par l'axe de la porte correspondante et transmet aux crochets G qu'elles conduisent un mouvement de va-et-vient sur la sole du four. Il reste à compléter ce mouvement par un autre en éventail. L'arbre principal C se termine en tête du four par une vis sans fin H actionnant par l'intermédiaire d'une roue à dents héliçoidales I, un arbre J portant à ses deux extrémités un plateau manivelle. A chaque bouton de manivelle s'attache une bielle K prenant un mouvement de va-et-vient qu'elle transmet à la petite branche d'un levier L dont la grande branche est un guide dans lequel passe la tige F. Cette tige se meut donc en réalité dans des plans verticaux passant tous par la verticale de l'axe de la porte et en conséquence chaque rabot guidé par l'ouverture de la porte qu'il traverse décrit dans le four le mouvement en éventail que lui donnerait l'ouvrier puddleur travaillant à la main.

Le rabot s'attache à la tige F presque immédiatement et s'enlève de même ; cette tige porte à son extrémité un crochet dans lequel on passe l'anneau par lequel se termine le manche du rabot.

Le puddleur Lemut n'a pas seulement lavantage de supprimer le travail pénible de l'ouvrier, il donne aussi des résultats économiques.

La force mécanique employée permettant, comme nous l'avons fait remarquer, de traiter dans un même four des charges plus considérables et, grâce aux deux outils employés, dans un temps assez court, on obtient pour chaque four une production plus grande qu'à la main ; de plus on peut travailler dans ces fours des natures de fonte dont le brassage à la main est très-pénible par la longue durée de l'opération qu'elles nécessitent, ce qui améliore la qualité du fer ; enfin la consommation de combustible est très-notablement réduite mais en revanche le déchet de fer est peut-être un peu augmenté.

**Fours rotatifs.** — Abordons maintenant la question des fours rotatifs.

Sans refaire l'historique des différents systèmes de fours mécaniques qui ont été successivement essayés, et parmi lesquels le four Ménélaüs est le seul qui ait paru combiné d'une manière pratique, nous dirons de suite que c'est vers 1871 que l'Europe a appris la découverte faite en Amérique d'un four à puddler supprimant entièrement la partie pénible du travail de l'ouvrier. Cette nouvelle arrivait entourée de résultats magnifiques tels que économie de 40 % sur le combustible et la main d'œuvre et amélioration de la qualité du fer avec augmentation de rendement. Nous voulons parler du four Danks dont nous donnons un dessein dégagé de la tuyauterie qui sert au refroidissement de l'appareil.

**Four Danks**, pl. II. — Le four se compose d'un cylindre métallique à axe horizontal garni intérieurement de matériaux réfractaires et dans lequel le bras-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sage de la fonte se fait automatiquement par un mouvement de rotation de l'appareil. Ce cylindre percé sur ses deux faces verticales communique d'un côté avec un foyer fixe et de l'autre avec un rampant mobile qui conduit les produits de la combustion à la cheminée.

**Foyer.** — Le foyer A se distingue des foyers ordinaires en ce qu'il est soufflé. Un tuyau B amène le vent au-dessous de la grille, ce qui entraîne naturellement la fermeture du cendrier par une porte C. Un autre tuyau D arrive en dehors de la maçonnerie du four sur la face-avant pour distribuer le vent à une série de petits tuyaux qui placés au niveau supérieur de la charge de charbon assurent la parfaite combustion des gaz.

En E se trouve la porte de chargement du charbon fermée avec soin. La chaleur produite dans le foyer se rend par l'ouverture F dans le four tournant. Le joint du four et du foyer est formé par un anneau de fonte dure G refroidi par un courant d'eau froide.

**Four.** — Le four se compose de trois parties : deux faces verticales ou fonds H et I réunies par une série de pièces J placées suivant les génératrices du cylindre comme seraient des douves de tonneau. Les deux fonds se raccordent avec la partie cylindrique par un anneau qui sert en même temps de surface de roulement sur les quatre galets K sur lesquels repose le four; le fonds I porte en plus une roue dentée L engrenant avec un pignon M placé à l'extrémité de l'arbre N de la machine motrice.

**Rampant.** — Le rampant O est une caisse métallique garnie intérieurement de matériaux réfractaires, le vide laissé formant un tuyau coudé à angle droit; la partie de ce tuyau qui se trouve en prolongement avec l'axe du four porte au centre un trou P fermé par un bouchon métallique qui permet à l'ouvrier de surveiller dans le four la marche de l'opération. Le rampant conduit les gaz à la cheminée Q. Le chargement du four, ainsi que son déchargement, se faisant par l'orifice qui communique avec le rampant, il faut pouvoir dégager cet orifice; pour cela le rampant est soutenu par des tringles R fixées au châssis d'un chariot qui roule sur des rails suspendus à la charpente; la manœuvre de cette pièce est ainsi des plus faciles.

Voyons maintenant la marche de l'appareil :

**Marche de l'appareil.** — Une question importante est la garniture du four, les plaques qui composent le cylindre portent intérieurement des nervures qui servent à maintenir cette garniture. Les vides formés par ces nervures sont remplis par une pâte composée de minerai de fer en poudre et de chaux. Lorsque tout le fond est ainsi recouvert, on introduit dans le four une nouvelle quantité de minerai et on chauffe pour en produire la fusion; en même temps on fait tourner lentement le four pour répandre la matière sur toute sa surface; cette couche ramollissable par la chaleur sert alors de cire dans laquelle on incruste par parties des morceaux de minerai qui une fois fixés par l'effetd'un coup de feu dépasseront d'environ dix centimètres dans l'intérieur du four; cette dernière opération se fait en cinq ou six segments.

La garniture étant faite on introduit la fonte dans le four. Ici il serait mauvais de mettre la fonte en gueusets pour la faire fondre dans le four, parce que d'une part la hauteur du four rendrait la fusion plus longue et plus coûteuse que dans un cubilot et d'autre part la rotation qu'il faudrait donner à l'appareil avant que les morceaux ne soient complètement fondus amènerait une prompte détérioration de la garniture par la chute successive de ces corps solides.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On introduit donc dans le four une charge de fonte en fusion d'environ 280 kilogs et on met le four en mouvement en lui donnant une vitesse de deux tours par minute; ce mouvement entraîne la fonte avec la paroi montante jusqu'au moment où la pesanteur l'emportant, la partie la plus élevée de la couche de fonte retombe au bas du four en traversant la scorie et en entraîne une partie avec elle.

Ce premier brassage dure environ dix minutes; après quoi le bain étant sensiblement épaissi on pousse le feu pour obtenir un bain bien liquide; on augmente en même temps la vitesse jusqu'à six révolutions par minute; le fer prend naissance et les grains violemment secoués se réunissent; on ralentit alors jusqu'à la vitesse initiale, et la boule se forme. Pour la retirer, on enlève le rampant en le faisant rouler comme nous avons dit; on introduit dans le four une grande fourche que l'on place à côté de la loupe, puis un léger mouvement de rotation donné au four fait rouler la loupe sur la fourche que l'on retire pour la conduire aux appareils de cinglage.

Un courant d'eau arrose extérieurement, d'une manière continu, la partie cylindrique du four.

**Avantages et inconvénients du système.** — Un des grands avantages du four Danks est de produire un poids de fer supérieur de 10 à 15 kilogs à celui que contient la fonte que l'on travaille; cet excès de fer est produit par le minerai de la garniture, ce qui entraîne par conséquent la nécessité de réparer la sole après chaque opération.

La grande économie produite par le four Danks et constatée en Amérique par les Commissions anglaises, en même temps que la suppression obtenue par ce procédé de la partie pénible du travail de puddlage, avaient fait supposer dans le début que le puddlage à la main allait être immédiatement supplanté principalement dans les grandes usines et du moins dans les usines neuves : en effet, presque aussitôt après la communication de ces résultats, de grandes sociétés américaines et anglaises ainsi que quelques forges françaises adoptèrent le système Danks, mais s'aperçurent bientôt de ses inconvénients.

La charge du four produit une seule loupe de 300 à 350 kilogs que les appareils jusque-là en usage ne permirent pas de marteler convenablement : on dût donc installer avec le four des marteaux squeezers spéciaux, des fours à réchauffer les loupes, puis des trains puddleurs en proportion avec les dimensions de cette loupe. Différents systèmes furent proposés pour remédier à cet inconvénient; la meilleure solution est celle d'un squeezer divisant la loupe en plusieurs morceaux par le moyen suivant :

**Squeezer rotatif**, fig. 6. — L'appareil se compose d'un cylindre tournant dans une enveloppe concentrée à l'entrée de laquelle on apporte la loupe; la rotation du cylindre entraîne la loupe dans l'espace compris entre le cylindre et son enveloppe; cet espace allant continuellement en se rétrécissant il en résulte une compression, qui chasse la scorie; enfin à la sortie, l'enveloppe porte une série de couteaux perpendiculaires aux génératrices du cylindre de sorte que la loupe cinglée vient s'entailler profondément et forme ainsi une série de morceaux cinglés aux dimensions ordinaires et qui peuvent alors être travaillés avec les appareils anciennement usités.

A cet inconvénient que certains appareils nouveaux diminuent sans le supprimer totalement, il faut ajouter les difficultés d'obtenir une bonne sole. Nous avons vu que la chemise devait être réparée après chaque opération; c'est d'abord une cause de dépense et en outre un sujet d'arrêts fréquents qui par les interrup-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tions qu'ils amènent compensent malheureusement et au-delà les bénifices que devrait produire le système.

Pour nous résumer, nous constaterons qu'aujourd'hui la plupart des usines qui avaient adopté le four Danks l'ont abandonné les unes pour essayer de nouveaux systèmes, les autres pour reprendre le puddlage ordinaire en attendant que la pratique ait indiqué la meilleure solution.

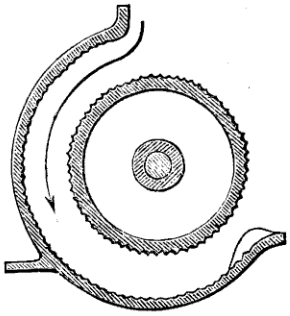


Fig. 6. — Squeezer rotatif.

**Four Crampton**, pl. III, fig. 1 et 2. — Le four Crampton est un four rotatif différant essentiellement du four Danks par deux points principaux : le combustible employé est du charbon en poudre introduit dans le four par un courant d'air; le four n'est percé que d'une seule ouverture servant à l'arrivée du combustible et à la sortie des gaz brûlés. Le four proprement dit est un cylindre en tôle A à double paroi permettant une circulation d'eau ; ce cylindre reposant sur 4 galets porte sur une des faces verticales une roue à dents héliçoidales B engrenant avec une vis sans fin qui lui communiquant le mouvement de la machine produit la rotation du cylindre ; l'autre face verticale au fond est percée d'une ouverture C par laquelle elle communique avec le rampant. Comme dans le four Danks le rampant est mobile pour permettre le chargement et le déchargement du four ; ici le déplacement a lieu par rotation autour d'une colonne verticale placée en D.

Pour que le refroidissement des parois soit bien assuré, la circulation de l'eau se fait de la manière suivante : L'axe de la roue héliçoïdale est formé par un robinet à deux voies; l'une des conduites amène l'eau par un tube coudé suivant la forme de la double enveloppe jusqu'à l'autre face verticale, le liquide sortant de ce tuyau est obligé de parcourir l'espace cylindrique pour venir chercher son issue par le tuyau correspondant à l'autre conduite et situé dans la même face que le robinet à deux voies.

**Distributeur de combustible**, pl. III, fig. 3. — Nous avons dit que le combustible était du charbon en poudre : En effet, un broyeur de dimension convenable pour desservir les fours de l'usine est placé à une petite distance de l'appareil; M. Crampton dispose huit fours en cercle et met un seul broyeur au milieu. Le broyeur se compose de meules pulvérisant le charbon qui tombe dans un réservoir pour de là se distribuer par une série de trémies correspondant au nombre de fours. Le charbon s'écoulant par la trémie E arrive devant une paire de cylindres horizontaux F, G tournant en sens contraire avec une vitesse égale à la circonférence et dont l'écartement détermine le débit du charbon. Le combustible s'écoule entre ces cylindres sous forme de ruban et vient tomber par un petit couloir à l'entrée d'une conduite dans laquelle débouche le tuyau H d'un ventilateur. Le vent injecté entraine avec lui la poussière de charbon et suivant le conduit arrive devant l'ouverture ménagée dans la face extérieure du rampant pour pénétrer dans le four.

Pour répartir le charbon d'une manière bien égale dans le courant d'air, le tuyau de conduite porte à son extrémité une série de cloisons verticales qui divisent le courant et empêchent des accumulations locales.

**Marche de l'appareil.** — Décrivons maintenant l'opération. La garniture du four ayant été faite avec des scories, des morceaux de minerai et des battitures, présente intérieurement la forme pentagonale ou hexagonale. Il faut d'abord

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

échauffer le four en allumant à l'intérieur du bois, puis on rapproche le rampant et on commence à souffler sans charbon pour activer la combustion. Lorsque le four est bien chaud on laisse arriver un peu de charbon en augmentant peu à peu la proportion. L'introduction du vent et sa sortie du four ayant lieu par le même orifice, il se forme dans l'intérieur du four des remouds dont le résultat est de produire la combustion complète du charbon en poudre divisé au milieu du vent qui le transporte. La chaleur développée amène au bout de peu de temps le four au rouge et on introduit la charge de fonte. Ici, comme pour le four Danks et pour les mêmes raisons, il est utile d'employer la fonte préalablement fondue au cubilot; la rotation de l'appareil produit le brassage de la fonte avec la scorie; le travail de l'ouvrier consiste à régler convenablement suivant les différentes périodes, la quantité et la proportion de charbon et d'air, et la vitesse de rotation, les leviers de manœuvre se trouvent tous à sa portée. Le four produit une forte loupe que l'on sort et que l'on travaille par les mêmes procédés que pour le four Danks.

L'emploi du combustible en poudre paraît être la cause d'avantages importants; en effet, la division extrême du charbon au milieu de l'oxygène de l'air produit le contact pour ainsi dire moléculaire du combustible et du comburant et ayant pour conséquence une parfaite utilisation du charbon permet d'obtenir économiquement de très-hautes températures; de plus, avec la facilité inhérente à l'appareil de régler à volonté la proportion d'air et de charbon, on obtient une régularité de température dont un des meilleurs effets paraît être l'élimination du phosphore. Quant à l'usure du four, elle est relativement faible grâce au courant d'eau de la double enveloppe et dont la bonne circulation est assurée par la disposition des tuyaux. Cette bonne circulation empêche les déformations de l'appareil causées par les excès de température et évite les réparations et les chômages qu'elles occasionnent. Quoiqu'il en soit des avantages de ce système, avantages constatés officiellement à l'arsenal de Woolwich, les difficultés que présente dans le début le bon réglage du charbon et surtout l'inconvénient de produire comme dans le four Danks une seule grosse loupe nécessitant une installation spéciale pour le cinglage, sont restés jusqu'ici un obstacle à l'adoption du système par les usines de nos pays.

**Four Pernot**, pl. III, fig. 4 et 5. — Un autre système de fours rotatifs qui marche d'une manière régulière dans un assez grand nombre d'usines depuis plusieurs années est dû à M. Pernot.

Dans ce four, la rotation de l'appareil n'a en vue que le brassage de la fonte et sa transformation en fer, et une fois le fer formé on arrête le mouvement et le puddleur doit, comme dans les fours ordinaires, découper la masse, former les boules et les sortir du four.

Le brassage de la fonte est produit par la rotation d'une sole circulaire légèrement inclinée qui entraîne dans son mouvement la fonte liquide vers la partie supérieure, jusqu'au point où la pesanteur l'emportant, elle retombe en pénétrant dans le bain de scories, pendant qu'une partie de la scorie fixée à la sole s'élevant au-dessus du niveau du liquide pour redescendre ensuite sous le bain se trouve pendant son passage en contact avec la flamme qui lui rend l'oxygène que le carbone de la fonte lui a enlevé.

La sole est construite sur une plaque circulaire portée par un chariot qui permet de la retirer du four; sur le chariot est ménagé un chemin circulaire sur lequel roulent les galets coniques supportant la sole; le mouvement est guidé par une tige perpendiculaire à la sole s'engageant dans un manchon que porte le châssis du chariot.

Le mouvement est donné par un moteur spécial actionnant un pignon qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vient engrener avec une couronne dentée fixée sous le pourtour de la sole. Le foyer est soufflé.

On charge dans le four 800 à 1,000 kilog. de fonte, en faisant tourner doucement la sole pour répartir la charge uniformément; on referme la porte en continuant le mouvement lent de rotation qui amène successivement les différents morceaux de fonte devant l'autel et le rampant, les chauffe également et amène rapidement la fusion.

On augmente alors la vitesse de rotation qui produit le brassage ainsi que nous l'avons dit; l'ouvrier s'occupe de manœuvrer le registre suivant les besoins de l'opération, puis tâte avec son crochet pour s'assurer de l'état du bain; lorsque le fer est formé, on arrête le four et on commence la formation des loupes, ce travail est facilité par l'existence d'une seconde porte qui permet l'action de deux ouvriers; à mesure que la loupe est faite, on fait tourner la sole d'une petite quantité pour n'avoir toujours à travailler que devant la porte, de même pour sortir les loupes on les amène successivement par rotation devant la porte du four.

Ce fait inhérent au système de produire le brassage sans avoir pour résultat comme dans les fours Danks et Crampton, la formation d'une loupe unique permet d'augmenter la charge du four et d'en retirer comme avantage immédiat l'économie de combustible sans se voir arrêté par les difficultés d'une loupe énorme nécessitant des appareils spéciaux.

Les expériences faites dans les usines qui emploient le four Pernot accusent une amélioration de qualité; nous renverrons pour cette question aux tableaux donnés par M. Jules Petin dans la *Revue des Mines*, tome XXXVI dans lesquels sont détaillés les essais faits à Saint-Chamond, à la C^ie^ des Fourneaux de l'Horme, à la C^ie^ des Hauts-Fourneaux de la Franche-Comté, à la C^ie^ des Hauts-Fourneaux de Montluçon et à la fabrique de fer d'Ougrée.

**Procédés d'épuration de la fonte. — Procédé Sherman.** — Nous terminerons cette revue sur le puddlage en disant quelques mots d'un procédé qui a fait beaucoup de bruit dans ces dernières années et qui avait la prétention de chasser du bain métallique le phosphore, le soufre, l'arsenic et la plupart des impuretés.

Il s'agit du procédé Sherman.

M. Sherman avait proposé d'introduire dans le bain du puddlage ou dans le bain de fusion des aciers Martin de l'iodure de potassium en quantité très-faible, soit 26 grammes par tonne de métal et prétendait par ce moyen arriver à l'élimination du phosphore ou plutôt faire passer le phosphore a l'état amorphe et le rendre par ce fait inoffensif.

Ce procédé qui nous arrivait d'Amérique a été essayé pendant assez longtemps chez MM. Verdié et C^ie^ où il a semblé produire dans le début les résultats qu'il promettait; mais bientôt les essais tout à fait infructueux faits dans d'autres usines ont démontré la nullité du procédé et peu de temps après MM. Verdié ont également abandonné ce procédé, après avoir reconnu son peu d'efficacité.

**Acier Puddlé.** — Bien que la partie que nous traitons soit exclusivemen réservée au fer, nous croyons devoir parler à propos du puddlage d'une sorte de métal produit à cette opération et dit acier puddlé. Ce métal s'obtient dans les fours à puddler ordinaires avec des mélanges de fonte spéciaux et les scories de puddlage ordinaires. La difficulté consiste à régler convenablement la température et à arrêter l'opération lorsqu'on a atteint le degré voulu de décarburation.

On charge environ 200 kilog. de fonte grise avec un peu de fonte manganésée



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on fait fondre assez rapidement dans une quantité relativement considérable de scories. On modère alors la chaleur en fermant le registre et on commence le brassage. La masse se boursoufle et bouillonne; il faut avoir bien soin de brasser en-dessous de la couche de scories sans laisser la température s'élever. Lorsque les jets de flamme bleue ont cessé on ranime un peu le feu puis on rebaisse le registre pour façonner les balles. Celles-ci se font l'une après l'autre afin de maintenir la masse sous la couche de scories. Chaque loupe est conduite au marteau, cinglée et laminée en barres.

Ce genre de puddlage nécessite une grande attention en même temps qu'une assez longue pratique, une négligence de l'ouvrier pouvant produire en totalité ou en partie soit du fer soit de l'acier trop peu carburé.

**Fabrication du fer, méthode directe.** — Nous terminerons ce que nous avons à dire sur le puddlage en parlant de l'état actuel de la question si importante de fabrication du fer par le traitement direct du minerai.

Sans rappeler les différents systèmes essayés, nous citerons seulement la méthode adoptée par M. Siemens et qui a été l'objet d'essais nombreux dans plusieurs usines d'Angleterre et d'Écosse.

L'appareil adopté est un four rotatif dans lequel un des fonds contient juxtaposés les différents orifices communiquant avec les régénérateurs, c'est-à-dire servant d'entrée ou de sortie à l'air et aux gaz chauds; l'autre fond est formé par une porte mobile qui déplacée permet l'entrée ou la sortie des matières.

Les fonds sont raccordés avec la partie cylindrique par des surfaces coniques. L'enveloppe métallique est garnie intérieurement de briques réfractaires remplacées sur les parties coniques par des briques de Bauxite; les briques sont ensuite recouvertes d'une couche de minerai non siliceux.

L'opération se fait de la manière suivante : on introduit dans le four le minerai écrasé et mélangé en proportions convenables avec des fondants devant scorifier la gangue, puis lorsque la température est assez élevée on ajoute le charbon devant produire la réduction de l'oxyde de fer. Au bout d'une demi-heure la réduction est terminée, on élève la température, le laitier se forme; le fer baigne dans le laitier et se réunit en loupes par la rotation de l'appareil; on fait écouler le laitier, on chauffe les loupes au blanc-soudant et on les sort de l'appareil.

Le prix de revient par cette méthode est de 100 francs pour la tonne de balles puddlées, il diminuera certainement par la suite pour lutter et se substituer peut être à la méthode actuelle du puddlage.

**Utilisation des chaleurs perdues des fours à puddler.** — Les fours à puddler dépensent une grande quantité de combustible, mais toute la chaleur produite n'est pas utilisée dans le four, une grande partie s'échappe emportée par les gaz vers la cheminée. On utilise cette chaleur pour lui faire produire la vapeur nécessaire à la marche des marteaux, des laminoirs et des autres machines employées dans la forge.

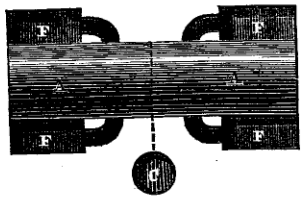


Fig. 7. — Chaudière horizontale.

Les chaudières sont horizontales ou verticales.

La disposition la plus généralement adoptée autrefois pour les chaudières horizontales est celle représentée fig. 7.

Quatre fours à puddler F sont placés aux quatre angles d'un massif de deux chaudières. Les gaz du four descendent par un rampant recourbé jusqu'au bas du massif, y circulent une fois en allant et une fois en revenant, puis arrivent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au bas d'une grande cheminée C qui sert pour les quatre fours. Le massif contient deux chaudières isolées l'une de l'autre et pour les réparations on arrête à la fois les deux fours qui chauffent la même chaudière. Ces chaudières ont l'inconvénient d'occuper beaucoup de place au milieu des fours à puddler, c'est-à-dire à l'endroit où ces appareils devraient être à peu près seuls et réunis autour de l'appareil cingleur dont il importe qu'ils se trouvent rapprochés.

Pour éviter cette perte considérable de place on dispose actuellement les chaudières de la manière suivante : deux fours à puddler sont placés bout à bout et au-dessus d'eux s'appuyant sur les armatures du four une chaudière horizontale unique est chauffée par les chaleurs perdues de ces deux fours.

La grande surface que nécessitent les chaudières horizontales et l'encombrement qu'elles donnent à côté ou au-dessus des fours à puddler sont cause que l'on adopte plus généralement des chaudières isolées des fours et de forme verticale.

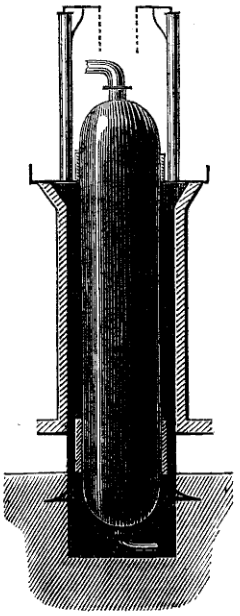


Fig. 8. — Chaudière verticale

Ce sont des corps cylindriques, fig. 8, terminés à leurs extrémités par des calottes sphériques et placés dans un massif en maçonnerie de telle sorte que les gaz circulent dans l'espace annulaire laissé libre entre le corps de la chaudière et la maçonnerie ; la partie supérieure de ce carneau vertical se termine par deux cheminées munies de clapets. Une galerie placée à la partie supérieure permet d'approcher du dôme de vapeur et de surveiller le bon état des appareils de sûreté. Deux fours sont accouplés pour chauffer une chaudière Quatre fours chauffent un massif de deux chaudières. Ces chaudières verticales ont l'avantage d'occuper très-peu de place en plan et d'éviter la construction de cheminées; mais elles demandent une grande surveillance au point de vue de l'alimentation, car le niveau de l'eau y varie très rapidement. Pour bien utiliser la chaleur, il est utile de disposer dans le carneau annulaire des chicanes qui empêchent les gaz de s'échapper trop rapidement par la cheminée. Un anneau en maçonnerie protége le bas de la chaudière contre l'action des gaz chauds sortant du four pour arriver à la cheminée

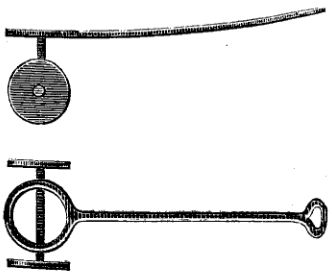


Fig. 9 et 10. — Chariot.

**Cinglage.** — Les loupes faites dans le four par le puddleur sont sorties une à une et conduites successivement par l'aide à l'appareil cingleur, pour en expulser les scories dont elles sont encore imprégnées. Ce transport se fait sur un petit chariot en forme de cercle supporté par deux roues, fig. 9 et 10.

Les appareils cingleurs sont de deux sortes : *les marteaux et les squeezers*. Les marteaux sont plus généralement employés que les squeezers, ils produisent un meilleur travail par le fait qu'ils agissent par choc et que pour ceux à vapeur ils permettent de varier à volonté la force de ce choc.

**Marteau à soulèvement,** fig. 11, 12 et 13. — On emploie encore aujourd'hui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'anciens marteaux à came dits marteaux à soulèvement et dont nous donnons un croquis :

Une grande pièce en fonte en forme de T, fig. 11 et 12, oscille autour des branches du T. L'extrémité porte une tête munie d'une pièce en fer forgé qui frappe sur une enclume placée immédiatement au-dessous. Le mouvement est donné au marteau par une bague à cames soulevant à intervalles égaux la tête du marteau. La vitesse de l'arbre à cames et le nombre des cames sont calculés de manière que chaque came vient reprendre le marteau aussitôt qu'il est retombé sur l'enclume. Pour maintenir le marteau soulevé entre deux opérations, ou entre deux périodes de l'opération pendant qu'on dispose la loupe sur l'enclume, on se sert d'une cale verticale s'appuyant sur l'enclume et que l'on amène sous une oreille venue de fonte avec la tête du marteau. Le marteau

Fig. 11. Fig. 13.

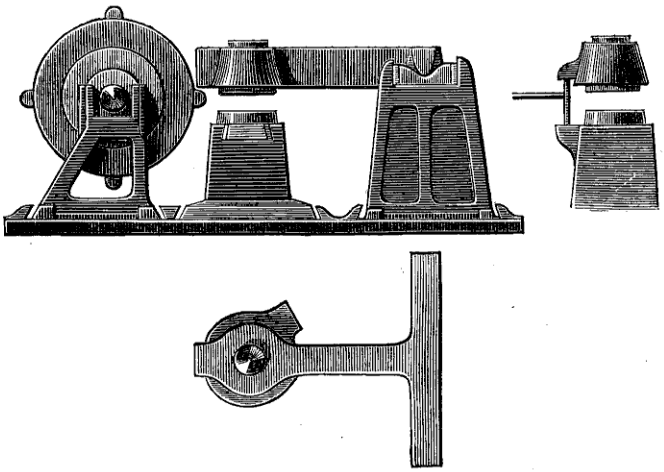


Fig. 12. — Marteau à soulèvement.

ainsi soulevé se trouve hors de portée des cames. Lorsqu'on veut remettre le marteau en mouvement, un gamin muni d'une tige de fer à l'extrémité de laquelle est un coin, place ce coin sous l'avant de la tête du marteau; l'espace entre la came et le marteau n'étant plus suffisant, la came soulève le marteau par l'intermédiaire du coin, en même temps on retire la came et le marteau soulevé retombe sur l'enclume.

Le cinglage avec cet appareil se fait de la manière suivante :

La loupe puddlée étant amenée sur un petit chariot et le marteau étant calé en l'air, on dispose la loupe convenablement sur l'enclume, on laisse tomber le marteau une fois, puis on le recale en l'air; on dispose la loupe sur un autre sens et on frappe à nouveau. Après deux ou trois coups de ce genre, la loupe a pris corps et on se dispense de caler le marteau; on le laisse frapper jusqu'à ce que la loupe soit bien épurée et qu'elle ait pris la forme voulue, puis on arrête pour placer la masse debout sur l'enclume, on frappe encore un coup et on cale le marteau pour une autre opération.

L'inconvénient de cet appareil est de frapper toujours avec la même force. On lui donne un poids assez considérable pour que les derniers coups frappés épurent bien la masse, mais alors les premiers coups frappant sur la loupe spongieuse l'écrasent et la divisent en morceaux au lieu de la souder.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Marteau à vapeur**, pl. III, fig. 6. — Le marteau le plus généralement employé est le marteau à vapeur, c'est un petit pilon à simple effet; la course du piston est de 1 mètre; la masse frappante pèse environ 2,000 kilog. La facilité avec laquelle on fait varier la force et la rapidité des coups le rend incontestablement l'outil le plus propre à l'opération du cinglage.

**Squeezer**, fig. 14. — Malgré ces avantages, plusieurs usines emploient aussi pour le cinglage des squeezers : c'est en principe une presse à charnière composée de deux mâchoires, l'une fixe et horizontale placée un peu au-dessus du sol de l'usine, l'autre mobile.

La mâchoire mobile est animée d'un mouvement de va-et-vient. La loupe est amenée sur la mâchoire fixe; l'ouvrier la présente à l'extrémité du squeezer en

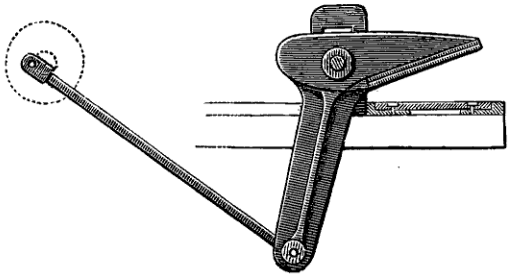


Fig. 14. — Squeezer.

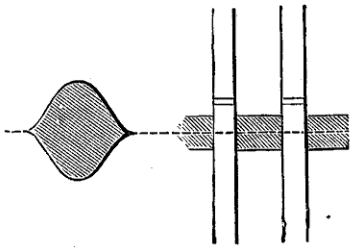


Fig. 15. — Dégrossisseurs et finisseurs.

la retournant à chaque coup pour lui donner du corps, puis il l'enfonce dans l'angle pour la bien comprimer, en extraire les scories et lui donner la forme d'un cylindre, il termine par un coup donné sur le bout. Les deux parties de mâchoire qui sont en contact avec la loupe peuvent être remplacées lorsquelles sont usées ou cassées. Lorsque l'appareil est actionné par un moteur spécial, celui-ci est muni d'un régulateur agissant sur la valve pour tenir compte des variations d'efforts à produire suivant les périodes de l'opération; malgré cela les machines sont rarement assez fortes et à la fin de l'opération lorsque la loupe déjà soudée est placée au sommet de l'angle, la résistance de la loupe à la compression devient considérable et la vitesse de la machine est généralement trop faible. On emploie aussi des squeezers doubles, l'appareil a alors la forme d'un T, la longue branche étant la bielle motrice et chaque demi-branche transversale formant mâchoire mobile.

Cette opération du cinglage a une très-grande importance dans la fabrication du fer, elle doit être faite lorsque la loupe est aussi chaude que possible et on doit chasser la scorie avant de façonner la loupe parce qu'en la retournant sous le marteau on bouche les canaux par où s'échappe la scorie. Dans les opérations suivantes, la scorie ne sort plus, il est très-difficile de réchauffer jusqu'au centre la loupe cinglée et l'étirage ne fait que laminer la scorie emprisonnée et l'étendre sur une plus grande surface. Dès que la scorie cesse de couler, il faut façonner la loupe le plus vite possible.

**Laminage des loupes en barres et en plaques ou couvertes.** — Les loupes cinglées sont encore assez chaudes pour être aussitôt laminées au train puddleur qui les transforme en ébauchés de différentes formes. Nous décrirons plus loin lorsqu'il s'agira du laminage pour fer fini, la construction des laminoirs; contentons-nous de dire à propos du puddlage qu'on y emploie deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sortes de cylindres : les dégrossisseurs à cannelures ogivales et les finisseurs à cannelures rectangulaires, fig. 15.

Les cannelures ogivales sont distribuées par moitié sur le cylindre inférieur et le cylindre supérieur, les deux parties étant raccordées par la diagonale du carré ; les angles supérieur et inférieur sont arrondis et le joint horizontal est allongé pour augmenter l'épaisseur de la bavure qui se forme inévitablement en ce point et lui donner une dimension suffisante pour qu'elle conserve ensuite assez de chaleur pour se resouder au corps de la loupe lorsqu'à la passe suivante, la loupe étant tournée d'un quart, l'angle qui porte la bavure se trouve au fond de la cannelure.

Les cannelures rectangulaires au lieu d'être partagées également entre les deux cylindres sont contenues entièrement dans le cylindre inférieur dit cylindre femelle. La profondeur des cannelures est supérieure à l'épaisseur du fer à produire, c'est-à-dire que les collets du cylindre femelle pénètrent dans une gorge correspondante du cylindre supérieur, de sorte que en variant l'écartement des cylindres, on varie également l'épaisseur du fer laminé.

La loupe cinglée est traînée jusque devant les cylindres dégrossisseurs ; le

Fig. 16. — Profils d'ébauchés.

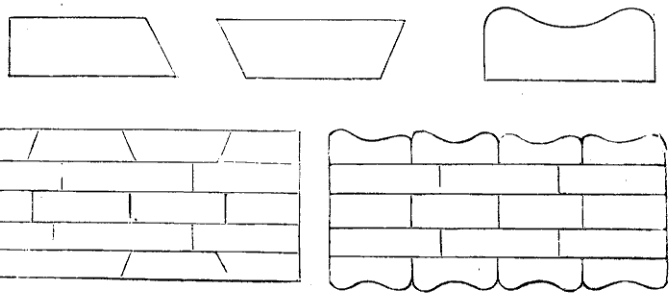


Fig. 17.

lamineur la saisit avec une tenaille de forme spéciale et l'engage dans la première cannelure ; derrière les cylindres un aide reçoit la masse et la fait repasser par dessus le cylindre supérieur pour la rendre au lamineur qui l'engage dans la deuxième cannelure et ainsi de suite jusqu'à ce que la barre ait une section carrée dont le côté est un peu inférieur à la largeur de l'ébauché à produire. On passe alors aux cylindres finisseurs qui transformant la section carrée en un profil rectangulaire produisent l'allongement du métal et l'amènent en trois ou quatre passes aux dimensions voulues. Le finissage d'une barre ne demandant que trois ou quatre passes aux finisseurs, ceux-ci portent au moins deux séries de cannelures pour produire deux profils différents.

Les différents profils usités ont depuis $0^m,060$ jusqu'à $0^m,180$ de largeur sur $0^m,012$ à $0^m,050$ d'épaisseur ; la longueur de la barre varie naturellement avec a section.

Bien que la forme adoptée d'une manière presque générale soit la forme rectangulaire quelques usines emploient aussi d'autres profils ; le but qu'elles se proposent est de diminuer les chances de mauvaise soudure dans les joints verticaux des paquets pour fer fini. C'est ainsi que l'on a employé pour les mises supérieure et inférieure des ébauchés ayant comme section un trapèze, fig. 16, ou encore un rectangle dont deux des angles sont renforcés par un bourrelet, fig. 17.

Dans le premier cas on compte que la pression verticale exercée sur le paquet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se fera sentir sur le joint incliné et en amènera la soudure; dans le second on fait le dégrossissage du paquet avec des cylindres ondulés dont les bosses pénètrent dans les creux que présente la surface du paquet; après quelques passes ainsi faites qui ont amené la solidification du paquet, on lamine aux cylindres lisses qui, produisant une pression plus forte sur les bosses du paquet, c'est-à-dire à l'endroit même des joints, opèrent en cet endroit un assez bon soudage.

En général le soudage des barres ou mises qui forment les faces supérieures ou inférieures d'un paquet étant une difficulté et amenant souvent des rebuts, on cherche à diminuer autant que possible le nombre des joints en produisant des barres ébauchées d'une grande largeur et même en laminant spécialement pour les paquets à tôle des pièces spéciales dites couvertes ou couvertures d'une largeur égale à la largeur du paquet. Pour ce cas particulier le cingleur donne à la loupe martelée une section rectangulaire et non carrée et produit déjà une sorte de plaque épaisse qui, laminée entre deux cylindres unis, s'élargit et s'allonge pour produire une couverture; l'épaisseur de ces couvertures est toujours supérieure à $0^{m},020$.

**Classement du fer ébauché.** — La qualité du fer produit dépend en premier lieu du mélange de fonte employé mais comme pour un même mélange la qualité varie avec l'habileté de l'ouvrier et ne se maintient même pas égale pour les différentes balles produites dans une même opération, il est indispensable si l'on veut être sûr de la qualité du fer fini que l'on produira, de vérifier la nature de chaque barre d'ébauché et de classer toute la production en plusieurs catégories. Les divisions généralement adoptées sont indiquées par des numéros 1, 2, 3 et 4; nous trouvons cette division défectueuse, attendu que si elle reste à peu près constante dans une même usine elle est très-variable d'une usine à l'autre et il n'est pas rare de trouver le bon n° 2 d'une bonne usine supérieur au mauvais n° 3 d'une usine travaillant moins bien. Ce classement n'est du reste adopté maintenant que très-rarement par les constructeurs dans les marchés qu'ils font avec les usines, l'indication de la qualité se trouve spécifiée par une résistance à la traction en kilogs par millimètre carré en même temps que par un allongement de tant pour cent. Il reste alors au fabricant à savoir quel numéro de sa fabrication il doit employer pour produire un fer qui remplisse ces conditions.

| MÉLANGE. | | RÉSISTANCE à la rupture en kilog par millimètre carré. | ALLONGEMENT % | CONTRACTION % |
|---|---|---|---|---|
| Fontes du Phœnix | seules. . . . . | 38,8 | 27,6 | 42,7 |
| | avec 20 % fontes du Luxembourg. . . . . | 41,8 | 24,8 | 37,5 |
| | avec 40 % fontes du Luxembourg. . . . . | 38,4 | 23,1 | 24.6 |
| | avec 60 % fontes du Luxembourg. . . . . | 38,4 | 18,3 | 15,9 |
| | avec 80 % fontes du Luxembourg. . . . . | 38,5 | 16,4 | 17.4 |
| Fontes du Luxembourg seules. . . . . | | 36,8 | 7,9 | 7,9 |

Le tableau ci-dessus fait voir la valeur de la nature du mélange des fontes employées; il indique la résistance en kilogs par millimètre carré, l'allongement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour cent et la contraction pour cent de la section rompue pour des barreaux de fer essayés à la Société du Phœnix à Ruhrort, et provenant de mélanges à proportions variables de fontes de l'usine et de fontes du Luxembourg.

Nous reviendrons du reste plus tard sur la manière de faire ces essais, lorsque nous parlerons des réceptions des matières dans les mines.

Le classement en numéros fait par l'usine résulte de l'aspect de la cassure qui peut être à gros grains, à nerf, à fin grain, ou un mélange de celles-ci.

Les ébauchés sont cassés à la masse sur une longueur de 20 centimètres environ; la résistance à la rupture entre en même temps pour quelque chose dans l'appréciation de l'ouvrier. Quelques usines emploient une machine spéciale pour cet usage : nous signalerons à ce sujet la machine employée aux usines du Phœnix à Escheveiler-Auc près Aix-la-Chapelle, fig. 18.

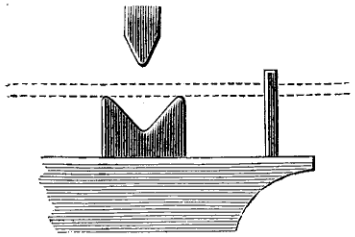


Fig. 18. — Machines à casser les ébauchés.

**Machine à casser les ébauchés.** — Un excentrique transforme le mouvement de rotation d'un moteur spécial en mouvement alternatif de va et vient vertical comme cela a lieu dans la plupart des cisailles. Le porte-outil mobile entre les deux montants d'un cadre se termine par une pièce de fonte en forme de coin; à la place de la lame inférieure de la cisaille se trouve fixée sur le bâti une matrice présentant en creux la forme du coin. La barre à casser tenue par l'ouvrier est amenée sur la matrice, le coin en descendant fait plier la barre jusqu'à casser généralement au premier coup les fers de qualité ordinaire; si le premier pliage n'a pas produit la rupture on retourne la barre sens dessus dessous pendant le mouvement d'ascension de l'outil et le second coup produisant un pliage en sens inverse du premier amène presque toujours la rupture; pour les bonnes qualités et les qualités supérieures, il faut un plus grand nombre de retournements et l'on pourrait même faire un classement de qualité basé sur le plus ou moins grand nombre de ces pliages.

Une arcade en fer fixée en avant sur le bâti de la machine empêche la partie de la barre que tient l'ouvrier de se relever sous l'action du pliage.

Les ébauchés ainsi appréciés par leur cassure sont classés suivant leur qualité sur différents tas où l'on vient les prendre pour faire les paquets qui produiront les pièces finies.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# METALLURGIE

## CUIVRE, PLOMB, ARGENT, NICKEL, ZINC

PAR

M. DUPUIS, INGÉNIEUR CIVIL.

### PRÉLIMINAIRES.

Les méthodes appliquées pour obtenir le cuivre, le plomb, l'argent, le nickel et le zinc, ont un côté très-caractéristique, quand on les compare à celles de la métallurgie du fer; elles procédent avant tout par une préparation convenable des minerais.

Cette différence tient à la nature même de ces minerais; abondants, riches, peu chargés de matières étrangères, les minerais de fer subissent à peine avant leur traitement métallurgique un cassage et un triage grossier; on peut dire que d'ordinaire ils sont employés tels qu'ils sortent du gisement.

Les autres minerais au contraire, plus rares, d'une teneur très-limitée et contenant presque toujours en même temps qu'une proportion considérable de stérile, les éléments métalliques les plus divers, réclament un travail préparatoire méthodique, tant pour en augmenter la teneur par élimination de la gangue que pour séparer les métaux nuisibles aux opérations métallurgiques ultérieures.

Ce double résultat est obtenu par la *préparation mécanique.*

Comme conséquence, cette étude comprendra:

1° Le résumé des principes généraux de la préparation mécanique, précédé de quelques mots sur les conditions dans lesquelles se présentent les mines métalliques, conditions qui motivent l'intervention de cette élaboration spéciale des minerais avant leur traitement métallurgique.

2° L'indication des principales méthodes en usage dans la métallurgie spéciale à chacun des métaux: cuivre, plomb, argent, nickel et zinc.

3° Le compte rendu des visites faites à l'Exposition, indiquant par pays et à la fois pour tous les métaux, comment était représentée la production métallurgique dans ce grand concours international.

### GÉNÉRALITÉS SUR LES MINES MÉTALLIQUES.

**Amas, couches et filons.** — Les gisements métalliques se présentent sous les formes les plus variées et avec des compositions très-diverses.

Tantôt ce sont de simples amas de dimensions assez limitées, sortes de nids ou de poches remplis de matières minéralisées et disséminés dans un terrain stérile; ces amas sont en relation directe avec des gisements voisins considérables, ou semblent complétement isolés et n'avoir même entre eux, aucun lien apparent (mines d'Agordo en Vénitie).

Tantôt ce sont des dépôts superficiels, provenant d'alluvions anciennes ou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

modernes : des terrains ont été imprégnés de matières minérales, puis disloqués, brisés et enfin emportés par des courants qui les ont déposés, stratifiés d'après l'ordre de densité des matières contenues. Il y a eu en quelque sorte une préparation mécanique naturelle, et les masses métalliques ainsi groupées, offrent quelquefois des champs d'exploitation fructueux alors que, dans leur état primitif, elles auraient été inexploitables. C'est ainsi que se présentent la plupart des gîtes aurifères de la Californie et de l'Oural et un grand nombre des gîtes stannifères, parmi lesquels on peut citer ceux de Banca et d'anciennes exploitations du Cornouailles.

Plus souvent, les minerais métalliques sont en couches interposées dans la stratification des terrains encaissants ou constitués par ces mêmes terrains imprégnés de la matière minérale ; témoins les cuivres pyriteux du Mansfeld et les minerais de fer de Privas, ou mieux encore ceux du Cleveland ou de l'est de la France. Ces derniers sont un exemple de l'importance considérable que peuvent atteindre ces sortes de gisement; les minerais oolitiques de l'est de la France, tout en se maintenant en moyenne sur deux mètres d'épaisseur expoitable, et en atteignant sur certains points huit et dix mètres de puissance, s'étendent sur des milliers d'hectares d'une façon à peu près ininterrompue (1).

Enfin, les gisements métalliques se présentent principalement sous la forme de filons, c'est-à-dire comme remplissage plus ou moins riche en métaux, des fissures multiples que les modifications successives de la croute terrestre ont produites, soit dans les terrains plutoniens, soit dans les terrains stratifiés plus récents. L'importance de ce genre de gisement, qui constitue la majeure partie des mines métalliques, demande quelques détails.

**Caractères des filons.** — Sans entrer dans l'examen des théories émises sur le mode de formation des filons, on peut citer les deux hypothèses suivantes : le dépôt métallifère, contemporain ou non des roches encaissantes, peut avoir été formé par une sorte de sécrétion latérale des minéraux contenus dans les parois, il peut provenir également de la précipitation des éléments apportés par des dissolutions aqueuses ou des composés gazeux. Ces deux actions ont dû être quelquefois simultanées ; dans tous les cas, les composés gazeux sont naturellement venus du sein de la terre; les dissolutions aqueuses ont une origine d'infiltration, de haut en bas ou de bas en haut.

Quelle que soit leur mode de formation, les filons se rencontrent sous les conditions les plus variées de direction, d'épaisseur et de richesse; et presque tous, même quand ils conservent dans leur ensemble une allure à peu près uniforme, présentent à chaque pas, dans leurs détails, les changements les plus nombreux; ce sont des *rejets*, des *renflements* ou des *amincissements*, des *variations* de composition ou de richesse qui réclament de l'exploitant une persévérance infatigable, une attention et des recherches de tout instant.

**Rejets, failles et filons croiseurs.** — Les rejets sont produits par des failles, c'est-à-dire par les accidents de rupture que peuvent amener des bouleversements survenus à une époque où les anciennes fissures minéralisées, ou filons, font corps avec les roches qui les environnent. Dès lors, quand des deux côtés de la faille, les masses séparées et déplacées ont pris leur position définitive, le filon se trouve également divisé en deux tronçons, *rejetés* l'un ou l'autre, et quelquefois tous deux, en dehors de la direction primitive.

On réserve le nom de faille à ces fissures nouvelles non minéralisées qui

(1) Le seul département de Meurthe-et-Moselle comptait, en 1872, environ 8369 hectares de concessions accordées comprenant 5900 hectares de terrains miniers réguliers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

recoupent le filon proprement dit. Lorsque ces failles reçoivent ensuite des éléments métalliques, elles constituent à leur tour de véritables filons, dits *filons croiseurs.*

Le filon croiseur est souvent la source d'enrichissements précieux, mais il peut être également la cause de difficultés assez grandes pour le mineur dans la recherche de la direction vraie du filon principal.

**Variations d'épaisseur et de teneur.** — Les amincissements et les renflements peuvent avoir leur cause première dans la forme même des deux parois de la fracture au moment où elle a été produite ; mais il arrive aussi que le filon subit dans la suite les effets d'un ou de plusieurs mouvements des terrains encaissants, ce qui, suivant les cas, en augmente ou diminue la puissance. C'est ainsi qu'au Bleyberg, la fracture devenue filon a subi des réouvertures successives, et s'est modifiée à chaque fois dans son allure et dans sa composition. On remarquera en passant, quelles complications pour la structure d'un remplissage, peuvent découler, de ces accidents répétés. Au Bleyberg, par exemple, lors de ces réouvertures, il dut y avoir déplacement ou remaniement des premiers dépôts ; dans la fente agrandie vinrent rouler de nouveaux fragments des roches encaissantes ; ceux-ci se mêlant ensuite aux débris de toutes sortes déjà accumulés et se soudant à eux, quand il se formait au même moment de nouveaux dépôts métalliques, constituèrent bientôt le gîsement le plus complexe, sorte de *chaos* dont la largeur n'atteint pas moins de 70 mètres sur quelques points.

Les *variations* de *composition* et de *teneur* se rencontrent dans les limites les plus étendues dans un même filon ; il arrive par exemple, que des matières stériles soient ajoutées mécaniquement et en proportions variables au moment des réouvertures d'un filon, comme ce fut le cas à Bleyberg ; mais, le plus souvent ces variations de composition et de teneur dépendent de la formation même du gisement. En effet, le remplissage se produit sous l'influence de sources ou d'émanations dont l'intensité ne saurait d'abord être constante sur toute l'étendue de la fracture, d'autre part les dépôts seront d'autant plus abondants que la forme et les dimensions locales de cette même fracture s'y prêteront davantage ; on comprend dès lors que, d'une région à l'autre d'un gisement, les matières qui constituent le remplissage soient nécessairement variables dans leur nature ou leur abondance relative. Parmi ces matières, on distingue les éléments métalliques et les éléments pierreux ; les premiers renferment la portion utile du filon, les autres représentent la gangue, c'est-à-dire le minerai stérile.

Les composés métalliques sont en général très-nombreux dans un même gisement ; il n'est pas rare de rencontrer ensemble : galène, blende, avec plus ou moins de pyrite de fer et de cuivre et des carbonates de divers métaux.

Les gangues les plus ordinaires, en dehors des éléments fragmentaires ou métamorphiques provenant des roches encaissantes, sont composées de quartz, de chaux sulfatée ou carbonatée, et de spath fluor ; on y rencontre également des matières en relation directe avec la nature des roches voisines ; c'est ainsi que les filons encaissés dans des gneiss ou dans des roches magnésiennes, contiennent quelquefois, suivant le cas, des argiles feldspathiques ou stéatiques. (Pontgibaud dans le Puy-de-Dôme, Montecatini dans la Toscane).

**Richesse utile des filons.** — Quelle que soit la nature de la partie stérile du filon, il faut remarquer que son importance est toujours considérable et que la richesse moyenne des minerais extraits d'une exploitation, même très-productive, reste souvent dans des limites extrêmement réduites.

En Suède, les minerais de cuivre se tiennent dans les teneurs moyenne de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3 à 4 %; en Hongrie, cette teneur descend à 2 % et les fameuses mines du Mansfeld ne fournissent pas un minerai contenant plus de 2 à 4 % de cuivre.

Des minerais *riches* en argent contiennent de 0,1 à 0,9 %, comme ceux du Colorado ; de 0,1 à 0,8, comme ceux du Pérou, province des Ancas, ou ceux du Chili, province de Charnacillo.

Les galènes sont considérées comme très-argentifères, quand elles rendent 700 grammes d'argent par cent kilogrammes de plomb d'œuvre. Celles de Pontgibaud dont le traitement produit cependant de très-beaux résultats financiers sont à 250 ou 300 grammes d'argent.

Les quartz aurifères d'Australie ne renferment guère que 19 à 20 grammes d'or par mille kilogrammes.

Enfin, les nouveaux minerais de nickel découverts dans la nouvelle Calédonie, par M. J. Garnier et considérés comme de richesse exceptionnelle, contiennent au plus de 12 à 19 % de nickel métallique.

**Composition du filon dans la profondeur.** — En présence d'une diversité aussi grande des éléments constitutifs du remplissage, on se demande si du moins, dans la profondeur, on peut espérer conserver une certaine régularité dans la composition.

En Allemagne, au Hartz, on a atteint la profondeur de 7 à 800 mètres, sans remarquer de variation notable dans la proportion du minerai (1).

En Angleterre, les gisements d'étain du Cornouailles se maintiennent à peu près constants à plus de 600 mètres de profondeur.

En France, on pourrait citer les mines de Poullaouen qui offraient sur près de 300 mètres, une teneur relativement uniforme.

Mais à côté de cette constance assez remarquable, constatée dans la *présence* de l'élément métallique du filon, du moins faut-il s'attendre à de fréquents changements dans la nature même du minerai; ainsi, les oxydes de fer rencontrés et exploités à la surface, passent souvent dans la profondeur au carbonate de fer, comme aux mines de Rancié, dans l'Ariège et comme dans beaucoup des gisements ferrugineux de l'Algérie. On a vu également, chose plus remarquable, aux mines de Framont dans les Vosges, un gîte pyriteux succéder à un minerai de fer reconnu jusque là de qualité excellente.

**Examen de la production nationale.** — En résumé, les gisements métalliques, par suite de leur allure et de leur composition si complexes, doivent nécessairement présenter les difficultés d'exploitation les plus grandes.

Néanmoins, l'on rencontre des exemples remarquables de continuité et de succès dans un certain nombre de centres miniers, par exemple, au Hartz, dans la Suède, dans le Cornouailles, etc. Pour ne citer que le Hartz; on sait que son énorme production atteignait en 1867 environ 125000 tonnes produisant pour près de cinq millions de métaux et réparties comme suit :

4000 tonnes de minerais aurifères et argentifères.
90000 — de galène.
15000 — de blende.
16000 — de pyrites et divers autres minerais.

Voici plus de trois siècles que l'on suit les phases de cette énergique persévé-

(1) Ce résultat avait été hardiment escompté par la direction qui ne craignit pas de faire à l'avance des travaux énormes pour l'écoulement des eaux; la longueur de ces galeries n'est pas moins aujourd'hui de 25000 mètres ; l'une d'elles, la galerie Ernest-Auguste, commencée en 1851 fut terminée en 1864 ; elle a 1600 mètres de développement et a coûté plus de trois millions.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rance qui a su développer et maintenir dans un pays difficile et avec des filons de richesse très-ordinaire, des résultats aussi importants.

La France est malheureusement bien loin d'offrir des exemples de prospérité comparable; le seul examen du tableau de la production annuelle, montre combien l'exploitation des mines métalliques est restée en arrière des autres branches de l'industrie nationale; et tandis que pour les charbons et les minerais de fer, pour les fers et les aciers, la production s'est développée si rapidement dans ces dernières années, elle est au contraire restée à peu près stationnaire pour l'extraction et l'élaboration des minerais métalliques. Ce fait ressort des tableaux suivants, tirés de la statistique officielle.

**Production des principaux minerais autres que le fer.**

| MINERAIS ENRICHIS. | ANNÉE 1865. | ANNÉE 1869. | ANNÉE 1875. |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Minerais de cuivre | 1,900.000 | 1.800.000 | 286.000 |
| — de plomb et d'argent | 3,000.000 | 2.500.000 | 3.400.000 |
| — d'antimoine | 29.900 | 24.000 | 58.000 |
| — de manganèse | 353.000 | 420.000 | 465.000 |
| — de nickel et cobalt | 1.000 | » | » |
| — de zinc | 190.000 | 95.000 | 290.000 |

**Production en métaux autres que le fer.**

| MÉTAUX. | ANNÉE 1865. | ANNÉE 1869. | ANNÉE 1875. |
|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. |
| Cuivre et laiton | 43,267,185 | 43,419,067 | 55,440.000 |
| Plomb | 7,318,213 | 10,830,078 | 14,650.000 |
| Argent | 7,071,935 | 10,112,167 | 9,800.000 |
| Or | 2,723,400 | 2,591,394 | 3,300.000 |
| Zinc | 1,027,905 | 2,819,692 | 9,500.000 |
| Valeur totale en y comprenant divers autres métaux | 61,632,138 | 69,872,748 | 92,849.500 |

En présence de résultats semblables, il vient naturellement à la pensée que le sol de la France, si largement doué sous d'autres points de vue, n'a du moins pas reçu en partage de richesses minérales comparables à celles que renferment les pays voisins.

L'historique de l'industrie minérale en France et l'étude comparative des gisements qu'on y a reconnus avec ceux dont l'exploitation prospère dans d'autres régions ne permettent heureusement pas d'accepter sans de sérieuses réserves cette assertion.

Sans entrer dans l'examen détaillé des périodes successives d'activité et d'abandon des exploitations minières en France, on doit néanmoins rappeler qu'au douzième siècle, les montagnes des Vosges, de l'Auvergne et du Languedoc, étaient devenues le centre de travaux importants. A cette époque, l'industrie minérale était certainement aussi avancée chez nous qu'en Allemagne et qu'en Angleterre. Mais plusieurs causes ne tardèrent pas à entraver, puis à détruire en partie cette prospérité et, quand on chercha à la faire renaître, les tentatives répétées qui furent faites vinrent échouer devant les difficultés de toutes sortes qui s'étaient aggravées avec le temps.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vers les onzième et douzième siècles, les mines appartenaient à des propriétaires puissants, tenant la tête de la noblesse et du clergé, comme les comtes de Toulouse et de Foix, les ducs de Nevers, les évêques d'Embrun et de Viviers. A côté d'eux, vivait une population docile, laborieuse, s'occupant encore peu d'arts et de commerce, et trouvant dans le travail des mines, l'attrait de salaires élevés et de privilèges de toutes sortes dont on avait soin d'entourer alors cette industrie.

Ces conditions étaient particulièrement favorables. Maîtres absolus, aidés des ressources pécuniaires les plus larges, les propriétaires de mines pouvaient attendre patiemment les années rémunératrices, et lutter contre les difficultés d'exploitation en attirant, même de pays éloignés, les chefs mineurs les plus experts. D'un autre côté, confiant dans l'avenir et généralement satisfait du présent, l'ouvrier s'attachait à sa mine et devenait bientôt un auxiliaire exercé. La période troublée qui survint vers la fin du moyen-âge, porta une première atteinte à la prospérité de l'industrie minérale.

Le travail subissait alors des intermittences de vie et d'inaction, contre-coups inévitables des discordes politiques ou des luttes contre l'étranger ; il ne pouvait donc rester aussi rémunérateur. De plus, il faut le remarquer, les conditions mêmes de l'exploitation devenaient en même temps, par la force des choses, plus complexes et plus onéreuses.

Jusque là, on s'était tenu dans les parties hautes des filons ; on commença à atteindre des niveaux d'un accès plus difficile, et pour lesquels épuiser et aérer devaient être bientôt deux obligations sortant des moyens primitifs dont on disposait.

Déjà, sous cette double influence, le métier des mines était peu à peu délaissé lorsque la découverte de l'Amérique en donnant à quelques-uns l'occasion de gains faciles et exagérés, entraîna dans des recherches lointaines, bon nombre de ceux que les premiers mécomptes avaient découragés : le mal était fait.

Une réaction se produisit dans le courant du seizième siècle ; la royauté chercha par ses ordonnances et ses édits à rendre à l'exploitation des mines son activité primitive, on vit à cette époque reprendre plusieurs mines déjà abandonnées, dans les Vosges, dans les Cévennes et dans le Nivernais ; mais malheureusement cette recrudescence d'activité ne dura pas comme dans les pays voisins où elle avait été également stimulée ; on se contenta presque partout d'enlever les massifs déjà reconnus et bientôt les guerres religieuses aidant, la plupart des mines furent de nouveau fermées.

Depuis cette époque jusqu'à la révolution et l'Empire, la situation resta la même ; il y eut encore de sérieux efforts pour ramener l'esprit d'entreprise du côté des exploitations minières ; mais les conditions étaient devenues peu à peu bien différentes de ce qu'elles étaient au début Autrefois, grâce à la rareté des métaux, à la possibilité de traiter sur place des minerais et d'en écouler facilement les produits dans un rayon limité, bien des exploitations mal outillées ou médiocrement conduites avaient pu vivre. Mais à cette époque, le travail du fondeur, comme celui du mineur, était devenu plus difficile ; les immenses forêts qui donnaient le combustible sur place, avaient en grande partie disparu ; enfin la concurrence étrangère avait pris possession du marché français ; des habitudes étaient acquises et le discrédit jeté sur les exploitations nationales.

On ne saurait trop le dire, le travail des mines ne s'abandonne pas impunément ; il réclame entre tous une grande continuité d'efforts. Quand on rentre dans d'anciennes exploitations, on trouve en général, les puits ou les galeries éboulées, inondées ; il faut des travaux longs, coûteux et sans produits immédiats, pour reprendre possession du gisement. En même temps, l'on a à lutter

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec le manque de tradition et l'absence de personnel exercé, deux éléments qui constituent au contraire, la force des grands centres en pleine activité.

Plus les années s'étaient écoulées et plus ces difficultés devaient nécessairement s'accentuer; aussi, notre industrie minière ne put-elle se relever et elle est restée jusqu'à nos jours dans un état d'infériorité regrettable. Ce manque de production ne tient cependant pas à l'absence des gisements; ceux-ci existent, mais à de bien rares exceptions près, il faut compter sur des débuts laborieux. Or, l'esprit industriel du jour veut réaliser vite, il ne sait plus attendre.

Néanmoins, quand on s'est mis à l'œuvre armé de ressources suffisantes et surtout d'une volonté patiente, prête à persévérer malgré les déceptions du début, on est arrivé à tirer parti de nos richesses minérales; les exploitations de Pontgibaud et de Vialas en sont des exemples.

La dernière de ces sociétés a produit des résultats d'un intérêt tout particulier; exploitant les gisements si complexes de la partie méridionale du plateau central, elle eut d'abord à lutter avec les plus grandes difficultés, jusqu'au moment où les études si remarquables de M. Rivot sur l'allure, l'âge et le rôle des nombreux filons de cette contrée, eurent donné des règles précises pour la direction des travaux. Depuis lors, des études comparatives faites sur d'autres points et plus particulièrement dans les environs de Florac et de Meyrueis, ont montré que les conclusions de M. Rivot s'appliquaient dans leurs traits principaux à ces centres miniers (1).

Ces études ont été résumées d'une façon très-saisissantes sur le tableau ci-après, extrait du mémoire de M. Fuchs (2).

En résumé, les mines métalliques ne donnent, il est vrai, que peu ou pas de résultats en France, et cependant on ne saurait en conclure qu'il n'existe pas dans notre pays des richesses minérales très-importantes.

La mise en valeur de ces richesses offre certainement de grandes difficultés, mais des exemples fort encourageants sont là pour montrer qu'avec de l'esprit d'entreprise allié à de la persévérance, on en peut venir à bout.

Déjà, divers travaux d'ensemble entrepris dans les centres principaux, ont permis d'établir des règles précieuses pour diriger les exploitations voisines; il reste à souhaiter que certaines entraves imposées par les actes de concession soient supprimées, et surtout que dans toutes les régions montagneuses où se trouvent la plupart de ces gisements métalliques, les moyens économiques de transport reçoivent sans retard leur développement nécessaire. Peut-être aussi, pour favoriser cet esprit des traditions, si précieux dans l'art des mines, serait-il également à souhaiter que l'on créât une école pratique, spécialement en vue de l'exploitation des mines métalliques et de ses dérivés, et que quelques-uns des hommes éminents qui composent le corps des mines, fussent chargés d'une façon toute particulière et permanente de rechercher, tant en France qu'à l'Étranger, puis de grouper et de répandre tous les renseignements intéressant l'extraction et le traitement des minerais métalliques.

Dans ce même ordre d'idée, M. Petitgand a fait très-justement remarquer en 1867 (3) que l'on devrait revenir, au moins en partie, sur l'abrogation regrettable de l'article 39 de la loi de 1810 qui stipulait expressément, que les rede-

(1) Etudes de M. Fuchs sur les gisements des environs de Meyrueis et de Florac.

(2) Pour faciliter la lecture de ce tableau, il est bon de rappeler que M. Rivot a pris pour base de son classement des filons, leur orientation ; c'est-à-dire l'angle que fait une horizontale de leur plan avec une direction fixe. Ces orientations sont déterminées en prenant pour unité angulaire l'heure de la boussole correspondant à 15 degrés de la graduation sexagesimale et pour direction fixe le nord magnétique.

(3) Tome V des rapports du Jury international.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## Tableau résumant le travail de M. Rivot sur le district métallifère de Vialas.

CLASSEMENT ET DÉFINITION DES FILONS DE L'EXTRÉMITÉ MÉRIDIONALE DU MASSIF CENTRAL.

| ORDRE DE SUCCESSION des filons. | DIRECTION des FILONS ET FRACTURES en heures. | DIRECTION en degrés par rapport au méridien astronomique. | PLONGEMENT. | NATURE DES REMPLISSAGES. GANGUE. | MÉTAUX. | TENEUR en argent par 100 k. de plomb d'œuvre. | SYSTÈME de montagnes CORRESPONDANTS Nom du système. | SYSTÈMES de MONTAGNES CORRESPONDANTS. Direction de Vialas. | Age géologique. | ÉPOQUE des remplissages, par rapport à l'ordre de succession des fractures. | ORDRE et époque d'arrivée des remplissages. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | VI-VII | N 79° E | 75 à 80° S | *a.* Barytine. | » | » | » | » | » | » | » | |
| | | | | *b.* { Quartz en zones et en veinules. | Galène argentifère. | 300 à 500 gr. | Finistère. | N 75°31′ E | Après les terrains cumbriens. | Remplissage entre 7 et 8. | . . . . . (A) | (A) Ces filons sont assez rares à Vialas. Ils sont au contraire très-importants près de Meyrneis et de Florac. Ils se rapprochent surtout de l'heure VII, soit N 90°. La plongée est presque toujours au Nord. |
| 2 | V | N 56°30′ E | 75 à 80° N | *a.* Quartz, calcite. | Pyrite blende. | . . . . . | Westmoreland. | N 56°47′ E | Entre les terrains siluriens et devoniens. | 1er Remplissage après 3. | » | |
| | | | 60 à 65° N | B. { Quartz Calcite géodique. Barytine rose. | Galène pauvre. | 20 gr. | . . . . . | . . . . . | . . . . . | » | » | (B) Les filons H IV recoupent et dérangent les précédents. — Ils ont un remplissage unique et n'ont pas été recouverts. |
| | | | | | Galène argentifère. | 150 à 700 gr. | . . . . . | . . . . . | . . . . . | 2e Remplissage après 10. | » | (C) Filons puissants.—Remplissage unique et contemporain des fractures. — Quelquefois exclusivement quartzeux. — Au Sud de Meyrneis ces filons sont essentiellement cuivreux et quartzeux. — Plus au nord, et surtout à Florac, ils redeviennent plombeux et barytiques. |
| 3 | IV | N 41°30′ E | N | Quartz carié. | Pyrite de fer. Blende. | . . . . . | Côte-d'Or. | N 46°40′ E | Entre le terrain jurassique et les terrains crétacés inférieurs. | Remplissage contemporain. | Remplissage des filons H IV (B). 1er remplissage des filons H V : quartz calcite, galène pauvre. | (D) Réouverture probable. — Remplissage bien postérieur à la fissure. |
| 4 | VIII-IX | N 108° à 110° | N | *a.* Quartz blanc. | Blende, pyrite de fer, galène pauvre. | . . . . . | Pyrénées. | N 107°42′ E | Entre les terrains inférieurs et le calcaire parisien. | Remplissage contemporain. | Remplissage des filons H VIII-IX plongeant au Nord (C) | (E) Les filons recoupent nettement les H VIII-IX et le premier remplissage des H V. ils sont recoupés par les H VI et par le 2e remplissage des H V. |
| | | | S | B. Quartz Barytine. | Galène riche. | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . (D) | |
| 5 | I | N 176°30′ E | N | Quartz. | . . . . . | . . . . . | Corse et Sardaigne. | N 175°11′ E | Entre le calcaire parisien et la mollasse. | Remplissage entre 6 et 7. | . . . . . (E) | (F) Filons nombreux antérieurs au 2e remplissage des H V. |
| 6 | III | N 26°30′ E | S E | Quartz ferrugineux. | . . . . . | . . . . . | Alpes occidentales. | N 25°46′ E | Entre la mollasse et le terrain subapennin. | Remplissage entre 6 et 7. | Remplissage simultané des filons H I et H III (F). | (G) Pénètre également dans les filons H VI H VII. |
| 7 | VI | N 71°30′ E | N | Barytine blanche. Quartz laiteux. | . . . . . | . . . . . | Alpes principales. | N 72°9′ E | Entre le terrain subapennin et le diluvium. | Remplissage entre 7 et 8. | . . . . . Remplissage des filons H V (G). | (H) Croiseurs sans remplissage. |
| 8 | X-XI | N 133°30′ E | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . (H) | |
| 9 | XII | N 161°31′ E | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | Ténare. | N 161°42′ E | Après le diluvium. | » | » | (K) Filons minéralisés seulement au croisement des H V par le 2e remplissage de ces derniers. |
| 10 | XI | N 176°30′ E | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . | . . . . . (K) | |
| | | | | | | | | | | | 2e remplissage des filons H V. Galènes { à 150 gr., calcite, géodique. à 250 gr., calcite, quartz. à 350 gr., calcite, sidérose, quartz à 500 gr., calcite, quartz. à 700 gr., calcite, barytine rose. | |



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vances imposées sur le revenu des exploitations et des usines, formeraient « un fonds spécial déposé au trésor public pour être appliqué aux dépenses « administratives des mines et à *celles des recherches, ouverture mise en activité « des mines nouvelles ou rétablissement des mines anciennes.* » Il est certain que l'on pourrait trouver là des ressources précieuses pour stimuler et guider l'esprit d'entreprise et redonner confiance à nos capitaux; combien d'entre eux qui sont allé si témérairement s'engager dans des spéculations lointaines, auraient pu, sous l'influence d'une impulsion intelligente, être réservés aux travaux industriels de notre pays, et entre autres à l'exploitation de ses richesses minérales.

## PRÉPARATION MÉCANIQUE.

Le produit d'une mine est, comme on l'a vu, un composé plus ou moins complexe de minéraux divers et de matières stériles ou *gangues*.

La proportion des éléments utiles est presque toujours assez faible, aussi, dans un but économique, pour le transport et pour le traitement métallurgique, on tend à augmenter cette proportion en éliminant autant qu'on le peut ce qui est improductif.

Dans quelques cas, l'élimination en question est d'une importance très-grande pour les opérations métallurgigues ultérieures, et elle peut alors s'appliquer soit à des gangues, soit à certains minéraux.

Ainsi, le traitement des minerais de plomb au réverbère devient difficile avec 2 à 3 % de silice et presque impraticable avec 6 ou 8 % de cette gangue; on sait également que la présence du zinc dans les minerais de plomb, augmente sensiblement les pertes de plomb dans le traitement, et que d'autre part, le plomb dans la calamine, quand il atteint une certaine proportion, produit des accidents graves au moment de la réduction, en perforant les cornues (1).

La préparation mécanique a pour but de produire à la fois l'élimination et le groupement des divers éléments constitutifs d'un minerai en vue des mélanges de teneur et de composition convenables pour le traitement métallurgique.

L'installation d'une préparation mécanique demande, pour le choix des méthodes et le groupement des appareils, une étude attentive de la nature des minerais et des conditions locales dont on dispose. On doit fixer la teneur à laquelle on s'arrêtera, d'après la richesse ou la structure du minerai (2), et il est indispensable, dans la disposition d'ensemble, d'éviter toute fausse manœuvre car il s'agit de la manutention de matières très-encombrantes.

Voici, autant que le comporte le cadre restreint de cette étude, le résumé des opérations successives du travail en même temps que l'indication très-sommaire des principaux appareils employés.

**Triage et débourbage préliminaires.** — Sur les chantiers d'abattage et sur le carreau de la mine, les minerais reçoivent un premier classement en *gros* et

(1) Il y a peu d'années, les minerais de zinc ne se vendaient que s'ils contenaient moins de 2 à 3 % de plomb. On admet, il est vrai, aujourd'hui 6 à 7 %.

La présence du zinc dans les minerais de plomb, entraîne une réduction sur la valeur payée, elle entraine le refus quand elle atteint 12 %.

(2) Les minerais de plomb-argentifère ne peuvent être enrichis économiquement au-delà d'une certaine teneur (50 à 55 %) à cause des pertes en argent dues à un enrichissement plus avancé.

Certaines galènes et le carbonate de plomb se réduisent quelquefois en lamelles qui passent avec le stérile en proportion notable, quand on veut trop élever la teneur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en *menu*; on tient compte en même temps de la nature dominante du minerai ou de la gangue. Les blocs trop volumineux ont été brisés au coin et à la masse; le stérile nettement reconnaissable est resté sur place dans les remblais. En arrivant au jour, le minerai est lavé pour mettre en évidence les parties métalliques et enlever les gangues argileuses superficielles; après quoi, premier triage à la main.

Le *lavage* ou mieux le *débourbage* est généralement fait à bras, on se sert de caissons en bois, à fond incliné sur lequel le minerai, incessamment remué avec des crochets, est lavé par un courant d'eau.

On emploie aussi des *tamis* mus à la main sous l'eau, le fond en est fait de tôles perforées à différents diamètres (1).

Enfin, cette opération peut être exécutée dans des *cônes en maçonnerie* que l'on remplit par le haut de minerai tout venant; celui-ci est ensuite retiré par le bas où il vient tomber sur une grille en fer après avoir subi pendant sa descente, l'action d'un arrosage abondant.

**Cassage et nouveau triage.** — Pour enlever le maximum de produits finis,

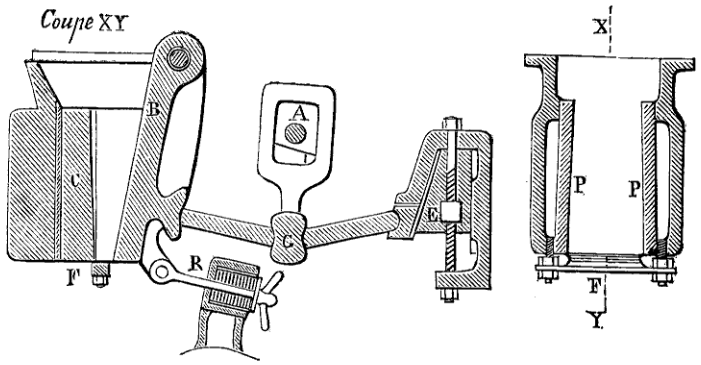



Fig. 1. — *Concasseur américain*, type Huet et Geyler, échelle 1/20. — A arbre moteur, G genou pour la transmission de mouvement. — B axe de rotation de la machoire mobile. — C machoire fixe. — P P parois latérales évasées pour la sortie des matières. — E coin pour règler le déplacement de la machoire mobile. — R ressort pour le rappel de la machoire mobile. — F régulateur des dimensions maxima des morceaux broyés.

en stérile ou en élément métallique, le minerai est réduit à la grosseur d'une noix. Autrefois, ce travail se faisait surtout à la main, c'était le *scheidage*; aujourd'hui. on emploie dans ce but et avec grande économie, les concasseurs américains dont les mâchoirs, si la dureté du minerai le demande, sont armées de plaques ou mieux de lames en acier. Les concasseurs peuvent recevoir des morceaux ayant jusqu'à 30 et 35 centimètres de grosseur; les fragments produits sont en majeure partie au-dessous de 3 à 6 $^{c}/_{m}$. Le tout passe sur des grilles ou dans des trommels; le refus seul, c'est-à-dire ce qui est supérieur à 3 ou 6 $^{c}/_{m}$ est, après triage à la main sur tables tournantes, (2) passé au scheidage proprement dit.

(1) Les tamis sont surtout employés dans les travaux de mine provisoires à cause de leur caractère portatif. Un jeu de tamis comprend ordinairement 4 tamis (diamètres des trous environ 40 $^{m}/_{m}$ — 30 $^{m}/_{m}$ — 15 $^{m}/_{m}$ — 2,5 $^{m}/_{m}$) prix 50 fr.

On estime, dans les ateliers des bords de la Meuse, que l'on peut passer 25000 kilos en 10 heures, et que le revient de ce travail est de 55 à 65 centimes par mille kilogr.

(2) Pour un concasseur produisant à l'heure environ 3500 kilogr. de minerai broyé à 5 ou 6 $^{c}/_{m}$ de grosseur, on peut admettre un personnel de 7 à 8 trieuses, le concasseur marchant à 200 tours par exemple, et les tables de triage tournant à raison de 5 ou 6 tours à la minute.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le croquis fig. 1 donne une disposition adoptée par MM. Huet et Geyler pour ce genre d'appareil.

L'emploi des concasseurs est si répandu, qu'il n'est pas sans intérêt de citer les données suivantes recueillies en Belgique sur la marche de ces appareils (1).

| LONGUEUR des mâchoires. | HAUTEUR des mâchoires. | QUANTITÉ broyée par heure. | FORCE en chevaux pour minerai de dureté moyenne. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|
| | | m. c. | chev. | |
| 0,20 | 0, 25 | 1/2 | 1 | La force dépend de la dureté de la matière et de la grosseur des morceaux à l'entrée et à la sortie. |
| 0,25 | 0, 32 | 1 | 2 | |
| 0,30 | 0,375 | 2 | 3 | |
| 0,40 | 0, 50 | 4 | 4 1/2 | La vitesse la plus convenable est de 225 à 250 tours par minute. |
| 0,50 | 0, 60 | 6 | 6 | |

**Débourbage.**— La composition de certains minerais oblige à un lavage soigné des menus morceaux. Cette opération se fait, soit sur une grille au contact d'un courant d'eau énergique, soit à l'aide de trommels.

Ces derniers sont cylindriques ou coniques ; cylindriques ils sont plus facile-

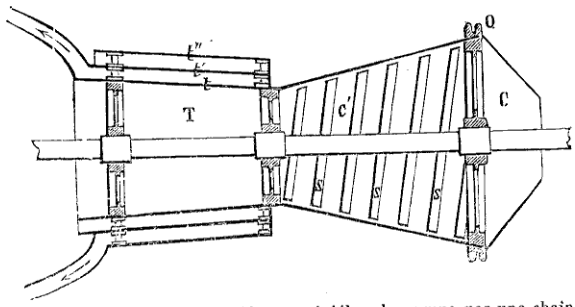



Fig. 2. — *Trommel débourbeur*, échelle 1/40. — *cc'* débourbeur mue par une chaine. — O poulie de commande. — *s* spires entraînant le minerai de *c* vers *c'*. — T trommel classeur préparatoire. — *t* barreaux de 0,025 distants de 0,020. — *t'* tôle perforée de trous de 0,01. — *t''* tôle perforée de trous de 0,0035.

ment établis, mais ne sauraient suffire pour des minerais un peu difficiles à nettoyer. Tous sont munis d'hélice ou fraction d'hélice à l'intérieur, afin de guider et entraîner la matière ; ils sont ou non armés de lames saillantes qui servent à diviser et à détacher les parties terreuses mélangées au minerai.

Les trommels débourbeurs les plus efficaces sont formés de deux troncs de cône placés bout à bout en sens inverse ; l'un est environ deux fois plus long que l'autre ; le plus court est placé du côté de l'entrée.

Au sortir de l'appareil débourbeur, vient un classement par grosseur, et les produits d'après leur composition sont envoyés, soit directement au broyage, soit à un scheidage préliminaire ; le croquis ci-contre donne la disposition adoptée à Engis pour une production de 30 à 40000 kilos en 10 heures (2).

(1) Tome I, 2e numéro. *Revue industrielle de Cuyper.*

(2) A Engis (nouvelle montagne), les troncs de cône composant l'appareil débourbeur, ont 0m,45 à 1m,50 de longueur. Le diamètre d'entrée est de 0m,60 ; celui de sortie de 0m,85. Il peut traiter de 30 à 40000 kilos de minerai en 10 heures, viennent ensuite 3 trommels séparateurs de 1 mètre. 1m,25, 1m,50 de diamètre. Le tout demande 3 à 4 chevaux de force et coûte environ 3000 fr.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Broyage.** — Pour faciliter la séparation des éléments métalliques dans les morceaux de composition mixte, ceux-ci sont réduits par le broyage en grains, dont la grosseur est fonction de la nature même des minerais. On cherche par exemple, à obtenir des grenailles d'autant plus fines que le minerai a ses éléments plus intimement mélangés, mais on se limite, au contraire, au minimum de broyage pour les minerais renfermant des métaux précieux, comme les galènes argentifères.

Les appareils de broyage sont de types nombreux.

*Les cylindres* sont surtout employés en Belgique; leurs diamètres vont en augmentant avec les dimensions des matières à broyer; on peut adopter par exemple, les diamètres et largeurs indiquées ci-dessous.

| DIAMÈTRE. | LARGEUR. | DIMENSIONS. des morceaux à broyer. |
|---|---|---|
| 0m,60 à 0m,70 | 0m,30 | 15 à 60 mill. |
| 0 ,45 0 ,50 | 0 ,35 | 4 15 » |
| 0 ,15 0 ,30 | 0 ,40 | au-dessous de 4 » |

On a essayé au Bleyberg d'augmenter l'effet d'écrasement en donnant aux cylindres, pendant leur mouvement, un certain déplacement latéral. M. Delnest,

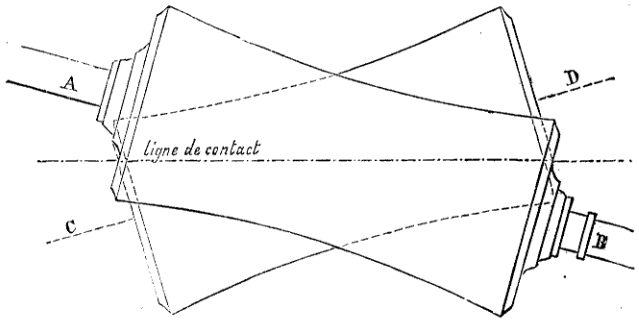



Fig. 3. — *Broyeur hyperbolique de Delnest*, échelle 1/10. — AB axe d'un des cylindre. — CD axe de l'autre cylindre. — A côté portant l'engrenage de commande.

à Mons, a cherché à obtenir un résultat semblable en broyant entre deux surfaces d'hyperboloïde de révolution à une nappe, la génératrice droite de contact étant maintenue horizontale.

*Les bocards* sont encore très-répandus et préconisés en Autriche, M. de Rittinger en a perfectionné le travail en ajoutant le chargement automatique et en assurant le broyage et l'entraînement des matières sous l'eau. Ces appareils conviennent moins bien que les cylindres pour les minerais à gangue un peu tendre, mais ils rendent de grands services avec des minerais durs à mélange intime des parties métalliques avec le stérile.

*Le désintégrateur Carr* se répand beaucoup en France et en Angleterre; il n'y a guère que les matières fibreuses qui résistent à son traitement, et l'on vient même de l'appliquer depuis peu pour la mouture des blés. Le croquis ci-dessous en donne la disposition d'ensemble.

Il se compose, comme on sait, de quatre jeux de barreaux ou tiges cylindriques en acier, implantés perpendiculairement sur 2 flasques en tôles, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

suivant des circonférences décrites sur chacune d'elles. Les cages ainsi formées, sont alternativement solidaires l'une de l'autre, la 1re avec la 3e, la 2e avec la 4e; la vitesse est donc identique et de même sens pour les cages 1 et 3 d'une part, pour les cages 2 et 4 d'autre part. Le premier groupe est fixé sur un arbre creux, le second sur un arbre plein, emboîtant dans le précédent. Le diamètre et la vitesse des appareils vont en croissant avec la dureté des matières. Dans la moyenne des cas, le diamètre est de 1 mètre à 1m,20 et la vitesse de 5 à 600 mètres, et l'on consomme une force motrice d'environ 8 à 10 chevaux; les

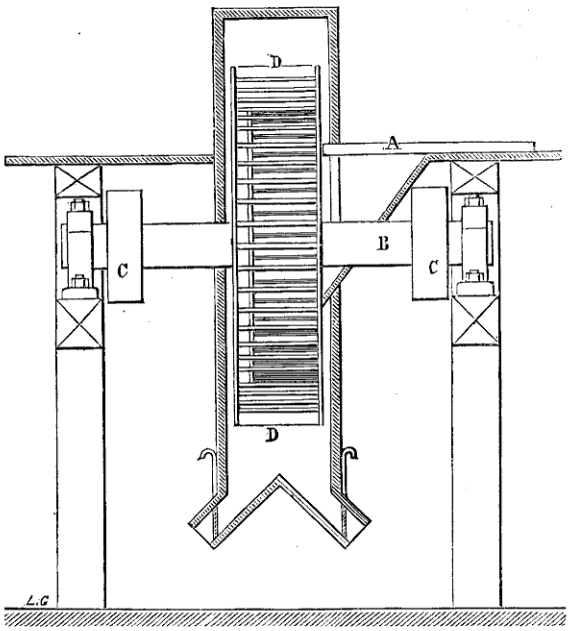



Fig. 4. — *Installation de broyeur Carr*, échelle 1/40. — A plancher de chargement. — B axe creux de rotation. — C C poulies de commande pour les deux axes. — D D chambre de travail.

produits sont en général réguliers et le rendement peut atteindre 50,000 kilos par jour. On estime que les frais de traitement peuvent être évalués approximativement :

Pour les matières tendres à 5 fr. les mille kilogr.

Pour les matières de dureté moyenne (phosphates) à 8 ou 10 fr.

Pour les matières dures comme le quartz à 15 fr.

*Les meules* sont également employées pour le broyage, mais réservées à des matières que l'on cherche à écraser et à réduire en poudre très-fine, ce qui n'est ordinairement pas le but avec les minerais métalliques.

Quelle que soit d'ailleurs la méthode de broyage appliquée, on a comme produits :

Des *grenailles* de 3 à 30 $^{m}/_{m}$ destinées aux cribles proprement dits.

Des *sables* de 1,5 à 3 $^{m}/_{m}$ que l'on peut passer aux cribles du Hartz.

Des *sables fins* au-dessous de 1,5 $^{m}/_{m}$ rentrant aussi dans le travail des cribles du Hartz.

Des *schlamms* traités ordinairement aujourd'hui dans les classeurs à courant ascensionnel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Classement des grenailles.** — Le groupement des grenailles d'après leur composition, s'obtient en cherchant à leur donner une vitesse de chute dans l'eau, qui ne dépende autant que possible que de leur densité; or, on ne saurait obtenir ce résultat qu'en traitant ensemble les grenailles ayant sensiblement le même volume.

On est donc amené à faire suivre le broyage d'*un classement méthodique par volume*, et ce classement devra être d'autant plus parfait que les minerais à séparer sont de densité plus voisine; on admet souvent que les dimensions maxima des grains dans chacune des catégories, doivent se suivre en progression géométrique dont la raison serait la valeur du rapport $\frac{D}{d}$ [D et $d$ étant les densités des minerais à séparer].

Pour produire ce classement par volume, on emploie les trommels.

Deux méthodes ont été appliquées dans la distribution du travail; *autrefois*, *tout* le minerai tombait d'abord dans un trommel moyen, donnant par exemple, successivement les grosseurs 6 — 7 — 8 — 9 $^{m}/_{m}$; deux courants nouveaux se produisaient ensuite; d'une part le refus fournissait les grosseurs 10 — 11 — 12 — 13 $^{m}/_{m}$; d'autre part le n° 6 se décomposait en 1 — 2 — 3 — 4 — 5 $^{m}/_{m}$, le refus de ce dernier classement formant le 6 $^{m}/_{m}$. Cette méthode avait l'inconvénient de produire des encombrements dans le trommel moyen, de fatiguer beaucoup, d'user ce trommel, et surtout de donner une proportion assez forte de poussière.

*Aujourd'hui*, on a groupé les appareils classeurs en deux grandes classes, les appareils *séparateurs* et les appareils *classificateurs*.

Les premiers reçoivent tout le minerai, mais n'ont qu'à fournir deux ou trois grandes divisions qui servent ensuite de point de départ à une classification détaillée, laissée aux autres appareils.

Cette nouvelle méthode a permis de procéder d'une façon toute différente pour le travail de classement : *on classe par refus*; on emploie en général, des trommels concentriques pour les séparateurs, et des trommels étagés pour les classificateurs; le travail ainsi obtenu, est plus régulier, les produits sont moins chargés de poussière et l'on n'use pas autant des appareils que l'on peut d'ailleurs établir d'une façon plus en rapport aves le service qu'on attend d'eux, et par conséquent moins coûteuse.

**Cribles.** — Le classement par volume étant terminé, vient ensuite le *classement* par *densité*; ce résultat est obtenu à l'aide des cribles à secousses dont les différents modèles peuvent être ramenés à trois types : les *cribles à bras*, les *cribles mécaniques discontinus*, les *cribles mécaniques continus*; dans tous les cas, leur construction doit répondre à certaines conditions : la descente du piston doit être vive pour soulever les grenailles dans l'eau ; la remonte doit être lente pour permettre aux grenailles de tomber librement et de se classer; d'un autre côté, il est certain que la perfection du travail dépendra de l'exactitude du classement par volume et d'un choix de grosseur pour les grenailles, bien en rapport avec la nature du minerai à traiter.

Le crible mécanique est aujourd'hui, en Belgique, en Autriche et en Allemagne, à peu près le seul employé. Il produit peut-être un peu moins, quelquefois, que le crible à bras, mais la dépense de main-d'œuvre est près de moitié ; il a surtout le grand avantage de ne pas demander des ouvriers spéciaux, exercés; comme conséquence, son travail est plus régulier et plus assuré.

Pour obtenir le mouvement différientielle du piston, dont il a été parlé plus haut, on employa d'abord des cames; on préfèra bientôt des manivelles à coulisse (coulisse Faibairn) ou des combinaisons cinématiques de bielles et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leviers (systèmes Detombay, Huet et Geyler). Tous ces systèmes ont l'avantage d'éviter des chocs au moment du changement de vitesse, et de permettre de varier l'amplitude de la course quand on a successivement à traiter des grenailles de grosseurs différentes.

Une économie notable de main-d'œuvre fut encore réalisée par l'introduction de la continuité dans le travail des cribles mécaniques. Les cribles continus furent inventés au Harz, en 1857.

Malheureusement, le classement produit par ces nouveaux appareils fut moins parfait, et l'on en vint même à admettre, au moins pour les minerais de zinc, que les cribles continus devraient en quelque sorte remplir le rôle d'appareils préparateurs; puis, un premier triage rapide et économique ainsi produit, on réserverait aux cribles mécaniques ordinaires le soin de terminer le classement.

Quoiqu'il en soit, voici des données générales sur le fonctionnement des cribles continus et discontinus.

| MATIÈRES TRAITÉES. | AMPLITUDES des secousses. | NOMBRE DES LEVÉES par minute. | | RAPPORT des sections de la pompe et du tamis. | VOLUME D'EAU consommé. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Crible mécanique ordinaire. | Crible continu. | | Crible ordinaire. | Crible continu. |
| Grenaille de 10 mill. | 0m,04 à 0,05 | 45 à 50 | 200 à 150 | 1 | 4 à 5 litres à la minute. | 25 à 30 litres jusqu'à 100 à la minute. |
| » d'environ 5 » | 0 ,025 0,03 | 30 35 | | $\frac{3}{4}$ | | |
| Sables de 1 à 2 » | 0 ,01 0,02 | 20 25 | | $\frac{1}{2}$ | | |

Les éléments d'un autre tableau (page 105) sont empruntés à une intéressante étude de MM. Dupont et Quéhant (tome I de la revue de Liège, année 1877) et proviennent des essais comparatifs exécutés au Bleyberg. Ils font ressortir les avantages, au point de vue de la main-d'œuvre et du rendement, que le crible mécanique continu peut réaliser avec certains minerais. Avec des minerais un peu difficiles, les conclusions seraient opposées; c'est du moins ce qu'il ressort d'autres essais faits à Engis qui laissent absolument l'avantage aux cribles discontinus.

Le point délicat dans la construction des cribles continus, est la disposition adoptée pour l'évacuation des matières.

Dans certains cribles de MM. Huet et Geyler, les matières stériles sont à chaque coup de piston recueillies dans une rigole contournant le tamis; les matières riches sont évacuées d'une façon intermittente par un tuyau central que l'on débouche après le travail.

Pour éviter les inconvénients de cette discontinuité, on a eu l'idée à Silberau, près Ems, de substituer à ce simple tuyau central un syphon qu'il est facile d'amorcer avec des robinets, au moment voulu.

Dans d'autres appareils, on a cherché à produire l'enlèvement du stérile à l'aide de raclette et celui du minerai enrichi en l'entraînant par une ouverture qui tient la largeur du tamis et est réglée par une vanne (Huet et Geyler).

Au Bleyberg, dont l'appareil est représenté ci-après (page 106), on produit le *cheminement* du minerai en même temps que le *classement*; le départ se fait suivant trois catégories, le stérile sur une tôle supérieure $T_1$, les produits intermédiaires sur une autre tôle $T_2$ située au-dessous de la précédente, enfin le riche, dont la couche a une épaisseur réglée par la vanne $V_2$, s'échappe d'une façon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

continue par entraînement à travers l'orifice inférieure O. Le croquis donne également le dispositif adopté pour le mouvement différentiel du piston.

En résumé, le travail obtenu avec les cribles continus est rapide, mais souvent incomplet, surtout avec les minerais contenant du zinc. Dans le cas de minerai composé de deux éléments métalliques joints au stérile, le crible du Bleyberg a donné de bons résultats; avec un minerai plus complexe, il serait peut-être préférable de n'employer le crible continu que comme appareil dégrossisseur en terminant le travail avec le crible mécanique ordinaire. Dans tous les cas, les grosseurs de grenailles ordinairement traitées dans les cribles, sont comprises entre 3 et 15 $^{m}/_{m}$, souvent même ne dépassent pas $10^{m}/_{m}$.

| DÉSIGNATION des CATÉGORIES produites. | QUANTITÉ PRODUITE. | | TENEUR. | | POIDS des MATIÈRES FINIES. | | DURÉE des opérations. | MAIN-D'ŒUVRE. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | NOMBRE d'ouvriers. | SALAIRES. | POUR 1,000 kilogr. | |
| | En poids. | Pour 100. | Zinc. | Plomb | Kilogr. | Pour 100. | | | | Des matières brutes. | Des matières finies. |
| **CRIBLES A BRAS.** | | | | | | | | | | | |
| Stérile. . . . . | 1,300 | 38,01 | 2 | » | 1,750 | 51,17 | 10 heures soit 175 kil. à l'heure en produits finis. | 1 | 1f,71 | 0f,50 | 3f,80 |
| Intermédiaire. . . | 1,200 | 35,09 | 35 | 9 | | | | | | | |
| Galène. . . . . | 450 | 13,16 | » | 80 | | | | | | | |
| Perte. . . . . | 470 | 13,74 | » | » | | | | | | | |
| TOTAL TRAITÉ. | 3,420 | 100,00 | 13 | 17 | | | | | | | |
| **CRIBLES CONTINUS.** | | | | | | | | | | | |
| Stérile . . . . . | 11,700 | 32,50 | 4 | » | 17,340 | 48,16 | 10 heures soit 1,734 kil. à l'heure en produits finis. | 3 | 8f,00 | 0f,22 | 1f,42 |
| Intermédiaires. . | 11,400 | 31,66 | 35 | 10 | | | | | | | |
| Galène . . . . . | 5,640 | 15,66 | » | 81 | | | | | | | |
| Perte. . . . . | 7,260 | 20,18 | » | » | | | | | | | |
| TOTAL TRAITÉ. | 36,000 | 100,00 | 13 | 17 | | | | | | | |

Avant de passer au classement des sables fins et des schlamms, il convient de citer quelques appareils permettant de traiter des matières un peu plus fines que celles passées dans les cribles ordinaires. Ces appareils servent, pour ainsi dire, de trait d'union entre les cribles ordinaires et les lavoirs; ce sont principalement la *pompe de Setzage*, la *roue de Setzage* tous deux essayés à Przibram, et le *crible du Hartz*.

*La pompe de Setzage* est caractérisée par l'emploi d'un piston aspirant et refoulant, ce qui permet d'éviter toute succion de haut en bas à travers le tamis. L'eau que l'on fait arriver en dessous de ce tamis pour mettre les grains en suspension, conserve donc sans interruption son mouvement de bas en haut, jusqu'au déversoir.

Le travail obtenu avec cet appareil était, au début, discontinu, on chercha bientôt à lui donner les avantages de la continuité, d'abord en aidant à l'avan-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cement des matières sur le tamis par des secousses latérales, ensuite en se servant simplement de l'eau comme véhicule des produits classés. Le stérile, dans ce cas, s'écoule tout naturellement avec l'eau qui franchit le déversoir ; quant aux matières enrichies, on les laisse s'accumuler puis, par le jeu de registres convenablement disposés, on les fait successivement arriver dans des compartiments spéciaux, d'où il est facile de les retirer sans entraver la marche de l'appareil. Cette dernière disposition, due à M. de Rittinger, est celle qui fut adoptée.

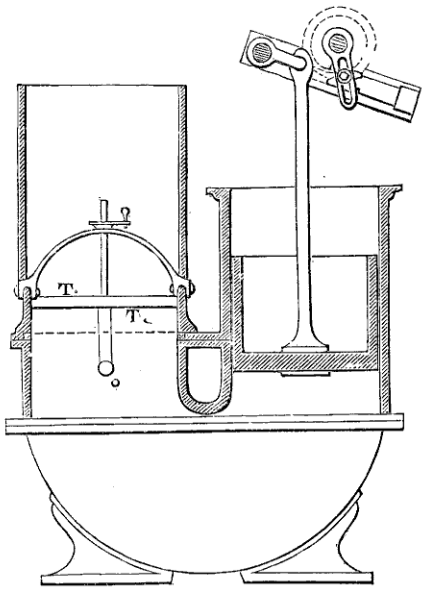



Fig. 5. — Crible continu de Bleyberg, échelle 1/25.

*La roue de Setzage* est un appareil basé sur ce principe que l'on obtient un classement par densité lorsqu'on laisse tomber des grenailles, déjà bien classées par volume, dans de l'eau animée d'une vitesse horizontale. On se sert d'un arbre muni d'ailettes, disposé dans le centre de la cuve, pour donner à l'eau contenue le mouvement de translation horizontale. Les matières à classer sont déversées d'une façon continue en un point déterminé de la section supérieure. Si les volumes sont égaux, les grains de densité minima restent davantage en suspension dans l'eau et en reçoivent un déplacement horizontal plus sensible. Il s'en suit donc, qu'après avoir suivi pendant leur chute, une courbe s'éloignant d'autant plus de la verticale que leur densité est plus faible, les éléments de même nature viennent se réunir dans une série de godets répartis sur le fond de l'appareil en différents points d'une même circonférence ; une sorte de

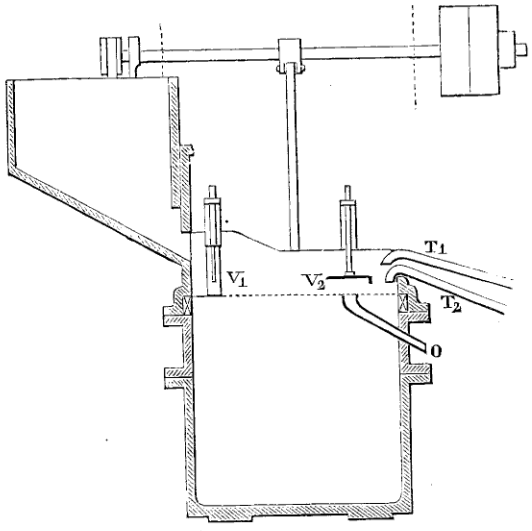



Fig. 5. — *Crible continu de Bleiberg*, échelle 1/20. — $V_1$ règle l'arrivée des matières. — $V_2$ règle l'épaisseur du riche. — $T_1$ sert à l'évacuation du stérile. — $T_2$ sert à l'évacuation de l'intermédiaire. — O sert à l'évacuation du riche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

syphon sert à dégorger au dehors, par entraînement, le contenu de chacun de ces godets. Cet appareil fut employé à Przibram pour des grenailles de 4 à 10 $^{m}/_{m}$, la production s'éleva à 6 ou 8 mètres cubes par heure, mais la consommation d'eau fut considérable et les résultats incomplets, quand le classement par volume n'était pas très-bien fait.

*Enfin, le crible du Hartz* dont l'introduction dans le travail de la préparation mécanique a été une innovation si importante, est caractérisé par l'emploi d'un lit de grenailles de densité analogue à celle des matières traitées. Le travail sur fond de tamis est imité de la méthode anglaise de setzage, mais il est accompagné ici de la continuité dans la production, côté caractéristique des tendances allemandes dans l'établissement des appareils de classement. En quelques mots, le crible du Hartz est composé d'après la nature des minerais de deux, trois ou quatre caisses juxtaposées; chacune est munie d'un piston latéral, donnant un nombre de secousses variable, suivant la grosseur des matières traitées. La vitesse est d'environ 110 coups à la minute pour des grains de 0,001,

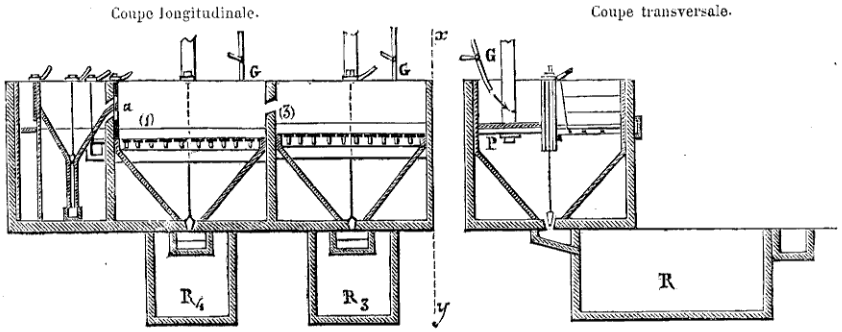



Fig. 6. — *Crible du Hartz,* échelle 1/30. — *x y* coupe le crible par le milieu, il y a donc 4 bacs juxtaposés. — Tamis n° 1 offrant des mailles de 2 $^{m}/_{m}$. — Tamis n° 2 offrant des mailles de 1,5. — Tamis n° 3 offrant des mailles de 1 $^{m}/_{m}$. — Tamis n° 4 offrant des mailles de 0,5. — *b* déversoir du stérile. — *a* déversoir de produit intermédiaire. — R caisses recevant le riche. — G. arrivée d'eau nécessaire pour produire l'écoulement par trop plein. — P piston.

et de 150 coups pour la grosseur de 0,00025; elle est quelquefois différente dans les caisses d'un même crible : l'amplitude varie de 7 à 12 $^{m}/_{m}$.

Le fond des divers tamis est formé ordinairement de toiles dont les mailles vont en diminuant du premier jusqu'au dernier; sur ce fond sont placées les grenailles de densité convenable sur une épaisseur de 5 à 7 centimètres.

Les matières amenées par l'eau dans le crible de tête, sont peu à peu entraînées jusqu'au dernier après séparation successive des produits les plus riches; ce qui s'échappe enfin par le déversoir donne un mélange que l'on retraite et des stériles que l'on jette.

Dans ces conditions, on peut dire que l'appareil remplit à la fois le rôle de classeur par volume et de classeur par densité.

L'emploi du crible du Hartz s'est beaucoup répandu; on obtient, en effet, des résultats économiques importants, tant dans l'installation que dans l'entretien de ces appareils, quand on les compare aux tables à secousses; les produits obtenus sont également supérieurs. La production a dépassé 5 à 7000 kilos en 10 heures avec des minerais moyens, elle atteint dans quelques cas 14000 kilos; c'est donc plus du double de ce que produisent en général les tables à secousses et, de fait, au Hartz, au bocard n° IV de la vallée de Zellerfeld, quatre cribles à deux caisses et un crible à trois caisses, ont remplacé dix tables à secousses; à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Friedrichssegen, on a même admis qu'un crible à quatre caisses équivalait à douze tables à secousses (1).

Une petite modification introduite à Welkenraedt, en Belgique, permet à l'aide d'une fente latérale réservée dans chaque caisse, de produire 3 catégories par tamis; la disposition en étage adoptée dans cet appareil, lui a fait donner le nom de *crible continu à étages*.

**Classement des sables fins et des schlamms.** — En général, les produits du débourbage et du broyage qui sont inférieurs à 1 $^{m}/_{m}$, ne peuvent être soumis au travail de classement des trommels et des cribles. Pour ces matières, le classement est obtenu par l'eau courante, il est suivi d'un enrichissement complémentaire dans des appareils de lavage.

*Les anciens appareils* de classement par l'eau courante, sont les *labyrinthes*, les *spitz* et les *trieurs à vent*.

Il est inutile d'insister sur les labyrinthes. Quant aux *spitz-kasten* ce sont, comme on sait, des caisses à forme de pyramide quadrangulaire renversée ; on

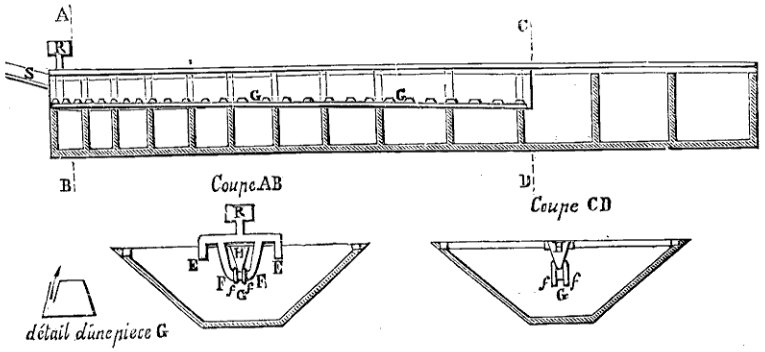



Fig. 7. — *Bac d'engis*, échelle 1/40. — S arrivée des schlamms. — R courant d'eau supplémentaire. — EE alimentation directe des compartiments. — FF courant ascensionnel dans le chenal central par les conduits *ff*. — H chenal central en zinc.

juxtapose un certain nombre de ces caisses, de telle sorte, que l'eau va se déverser de l'une dans l'autre; et les matières en suspension se déposent successivement par ordre de volume et de densité dans chacune d'elles. Ces appareils ont l'inconvénient d'être encombrants, difficiles à desservir et limités dans leur application, une fois qu'on les a réglés pour un minerai et une production déterminés.

Le *trieur à vent*, dont le principe repose simplement dans l'emploi d'un courant d'air à la place d'un courant d'eau pour tenir les matières en suspension, peut offrir dans des pays très-secs des avantages sérieux; mais, dans la plupart des cas, on reculera devant la dépense du séchage préalable du minerai, soit $0^{f},50$ à $0^{f},80$ par tonne. La production en est estimée à 10,000 kilogr. en 10 heures.

*Les nouveaux appareils* sont caractérisés par l'application d'un courant d'eau ascensionnel qui a pour effet de maintenir plus longtemps les matières en suspension et d'aider par conséquent, à la séparation des divers éléments.

L'application de ce principe a été faite aux caisses pointues, mais les appareils

(1) Voir le mémoire de M. Habets. *Revue industrielle de Liège*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les plus caractéristiques qui ont employé le courant ascensionnel, sont les *lavoirs à schlamms* et le *classificateur a caisse double de Schemnitz.*

*Le lavoir à schlamms d'Engis* en Belgique, est un des premiers types installés (1859-1860), il peut traiter des schlamms de 1 à 1,75 millimètre ; ceux-ci arrivent entraînés par l'eau dans un chenal en zinc de section croissante établi au-dessus de la série de bassins récepteurs (fig. 7, page 108).

Le fond du chenal est fendu d'un bout à l'autre et garni dans toute sa longueur de petites pièces G laissant accès à de l'eau amenée par des conduits longitudinaux *ff.* Des filets d'eau continus sont ainsi lancés *de bas en haut, sous un angle convenable* dans le courant principal ; les schlamms sont entraînés et maintenus plus longtemps en suspension avant de tomber dans les bassins inférieurs ; les matières fines et lègères sont successivement déversées par l'eau d'un bassin dans l'autre et finalement amenées dans de grandes caisses de dépôt. Cet appareil peut produire en 10 heures de 10 à 15000 kilogr. de minerai de 0,001 au maximum avec une consommation de 150 litres d'eau à la minute et une dépense d'environ 0f,60 par 100 kil. (1).

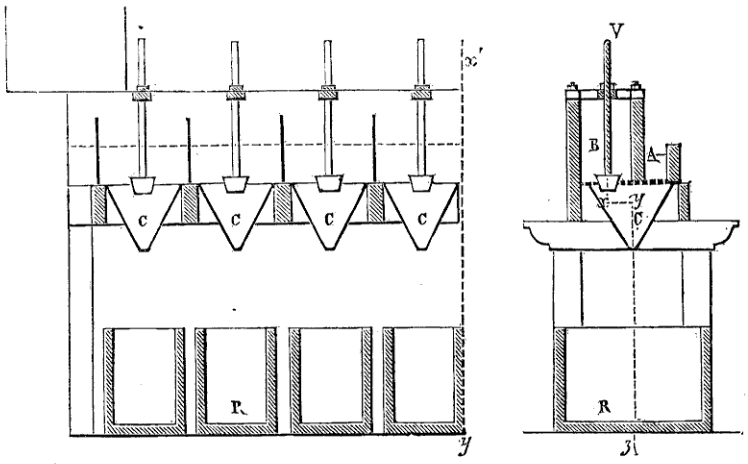



Fig. 8. — *Lavoir Thirion,* échelle 1/20. — A canal d'arrivée des schlamms. — B canal d'arrivée de l'eau. — C récepteurs provisoires. — R caisse de dépôt. — *x'y'* axe du lavoir.

Le type de lavoir d'Engis a été appliqué avec des modifications plus ou moins importantes dans un grand nombre d'ateliers, notamment en Belgique, à Moresnet, au Rocheux, au Bleyberg ; le cadre très-restreint de cette étude, ne permet que d'énumérer en citant seulement comme exemple, une disposition introduite par M. Thirion (fig. 8 ci-dessus).

Dans le lavoir Thirion, deux canaux AB, à section rectangulaire, avec une cloison commune, communiquent entre eux de distance en distance par des troncs de cône *c* fixés à leur partie inférieure. Cet ensemble règne au-dessus d'une série de compartiments récepteurs juxtaposés. L'un des canaux sert à l'arrivée du courant contenant les schlamms ; le fond en est garni de tôles perforées ; l'autre canal amène l'eau destinée à produire le courant ascensionnel. Le croquis ci-dessus fait comprendre l'ensemble de cette disposition.

(1) Mémoire de MM. Dupont et Quéhant. *Revue universelle de Liège* 1877.

CONSERVATOIRE BIBLIOTHÈQUE DES ARTS ET MÉTIERS

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On remarquera que ce dernier canal est divisé sur sa longueur en autant de petites cases à profondeur variable, qu'il y a de compartiments récepteurs; la force ascensionnelle du courant qui intervient pour le classement, est donc graduée d'après la nature des matières restant à classer. Cet appareil produit un peu moins que le bac d'Engis, mais ne consomme que 186 mètres cubes d'eau environ, au lieu de 216 mètres cubes par vingt-quatre heures.

*Le classificateur à caisse double de Schemnitz*, dû à M. de Rittinger, se compose essentiellement de deux caisses à section rectangulaires à parois inclinées et communiquant par leur partie inférieure; au point le plus bas du chenal ainsi formé, est réservé, comme compartiment récepteur, un tronc de pyramide à section rectangulaire dont la petite base est tournée vers le bas. Le courant

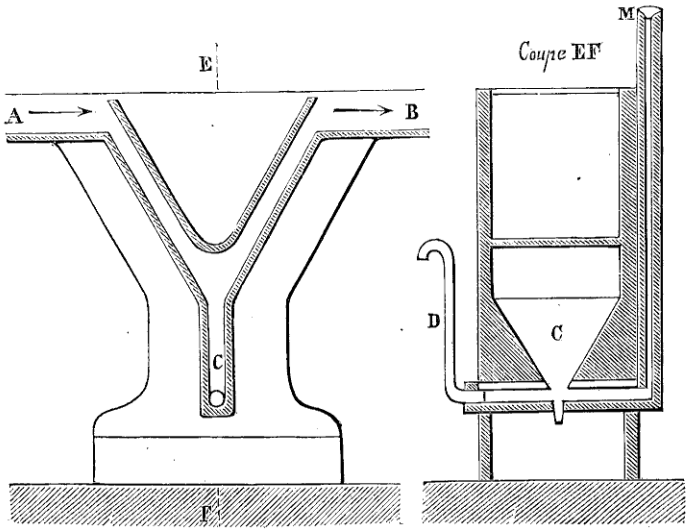



Fig. 9. — *Caisse double de Schemnitz*, échelle 1/25. — A arrivée des matières. — B sortie de l'eau et les stériles. — C compartiment récepteur. — D tuyau d'évacuation. — *n n* conduit amenant l'eau d'un courant ascensionnel pour tenir les boues en suspension.

qui sert à amener les schlamms, entre par une des caisses et ressort par l'autre avec une vitesse réglée de façon à permettre le dépôt de certaines matières et l'entraînement des autres; les produits déposés sont enlevés à l'aide d'un conduit recourbé, jouant le rôle d'un syphon. En général, un appareil comprend deux ou trois groupes de caisses établies comme il vient d'être dit.

On pourrait citer également comme type d'appareil à courant ascensionnel, le système appliqué aux mines de plomb de Commern Eifel (1). On traite dans les ateliers de préparation mécanique, un grès contenant environ 2 % de plomb en petits fragments de galène mélangée de quartz ; le volume des matières est donc énorme et près de 80 % de ce volume est constitué par des grains au-dessous de $2\,^{m}/_{m}$. L'appareil employé pour la séparation des parties métalliques, se compose simplement d'un cylindre à fond conique ordinairement ouvert, représenté sur le croquis (fig. 10 page 111). Dans l'axe de ce cylindre, viennent déboucher, par le haut, le courant tenant les matières broyées en suspension, par le bas, un courant d'eau pure ascensionnel. La galène tombe dans le compartiment récepteur

(1) *Revue universelle*, t. VII, XXIII et XXIV.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

E, le stérile est entraîné au dehors avec l'eau qui se déverse en trop plein à la partie supérieure; la manœuvre simultanée des deux tampons *a b* permet d'enlever sans difficulté les matières enrichies. Malgré la pauvreté du minerai, on obtient une tonne environ de minerai enrichi par 10 heures.

Pour terminer l'examen des appareils classeurs à courant ascensionnel, deux mots encore sur celui de *M. I. Dor*, à Ampsin (Belgique).

Dans l'appareil Dor, les schlamms après avoir subi un délayage à la main sur un tamis A, à trous de 1,5 millim. tombent sur le sommet d'un cône répartisseur *c* et descendent, sur ce cône, vers les parois d'une caisse cylindro-conique, dite barillet. En dessous du cône vient aboutir le courant ascensionnel d'eau pure amené par le conduit D; ce courant rencontrant un obstacle se rabat, remonte au contact des

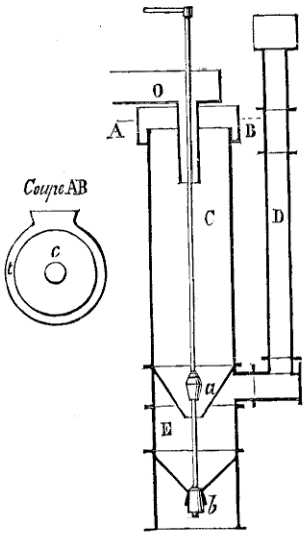



Fig. 10. — *Appareil ascensionnel des mines de Cummern*, échelle environ 1/60. — O arrivée des schlamms. — D arrivée du courant ascensionnel. — *a b* tampons. — E compartiment récepteur.

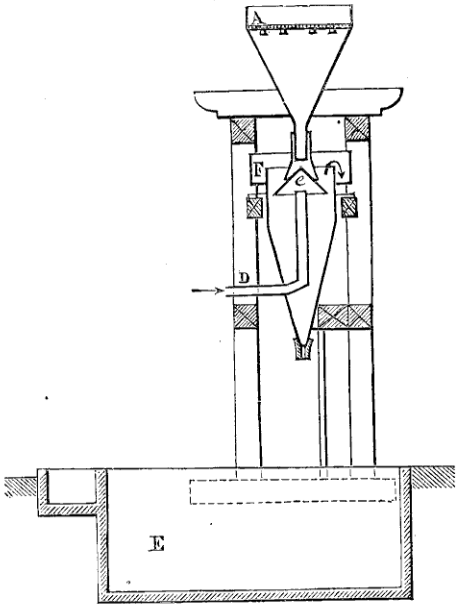



Fig. 11. — *Appareil Classeur J. Dor.* (Ampsin). — Coupe du barillet de tête, échelle 1/20. — A tamis recevant les schlamms. — C cône répartiteur. — D conduit d'eau. — E caisse où s'accumule le produit. — F déversoir alimentant le barillet suivant.

parois et vient atteindre les schlamms au moment où ils abandonnent la surface du cône; les parties légères sont entraînées et déversées dans un appareil voisin semblable, mais dans lequel le courant ascensionnel est plus faible. Il y a en général, 5 ou 6 barillets de diamètres allant en croissant, placés à la suite les uns des autres; le croquis ci-contre donne la disposition du premier d'entre eux.

Ces divers barillets fournissent des produits dont la destination est différente; les premiers, par exemple, alimentent des caissons allemands; ceux du milieu, des tables à secousses ordinaires; les derniers, des tables à secousses latérales; on passe environ 4 à 5000 kil. de schlamms en 10 heures.

**Enrichissement des produits classés.** — L'enrichissement sur matières fines et schlamms, se fait de plus en plus avec des appareils à action continue;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seulement, l'état de division des matières est si grand, qu'une difficulté nouvelle se présente tout d'abord, celle d'alimenter convenablement ces appareils. Voici les principales dispositions adoptées pour amener les schlamms bien délayés et en proportion constante.

Les principes qui ont servi de base à toutes les dispositions, sont toujours les mêmes : marche automatique du distributeur ; formation d'une boue liquide,

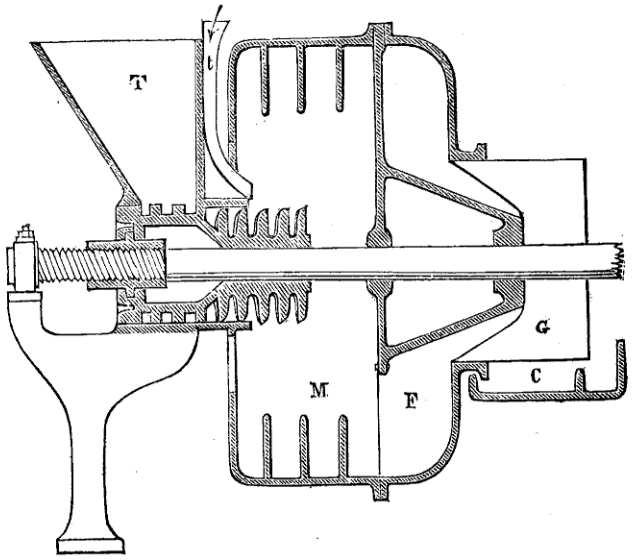



Fig. 12. — *Distributeur Huet et Geyler*, échelle 1/25. — T trémie contenant les schlamms. — H hélice distributrice. — *t* tuyau amenant de l'eau dans le mélangeur. — M mélangeur. — F parois en tôle perforée. — G trommel séparant le gros. — C canal conduisant aux tables.

homogène ; enlèvement des boules argileuses mal délayées ; répartition des matières d'une façon égale et constante sur tout l'appareil.

MM. Huet et Geyler ont appliqué pour l'alimentation de leur table de lavage, un distributeur basé sur l'emploi d'une hélice pour régulariser l'entraînement. Cette hélice a des spires de profondeur variable, de telle sorte, qu'introduite plus ou moins sur l'arbre qui lui donne le mouvement, elle fournit des quantités proportionnelles de schlamms ; plus les spires, qui sont à l'entrée du mélangeur M et en communication directe avec la trémie T, sont profondes et plus il est introduit de matières à chaque tour. Mais il reste à fournir à l'hélice une matière bien homogène et de consistance convenable.

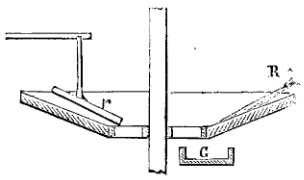



Fig. 13. — Distributeur conique. — *r* racloir fixe. — R arrivée de l'eau. — C canal conduisant aux tables.

En Autriche, on a préféré des distributeurs coniques. Les matières tombent d'une trémie sur un secteur de cône répartisseur. L'épaisseur en est régularisée par l'action d'un couteau restant fixe et à distance constante de la surface du cône ; puis, tranche par tranche, au fur et à mesure que l'appareil vient en tournant à l'aplomb d'un filet d'eau abondant, ces matières sont entraînées sur les tables.

Ces derniers distributeurs sont ou concaves ou convexes. La dernière forme est préférée aujourd'hui ; on trouve que l'installation est plus facile et l'entraînement des matières plus régulier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La distribution faite, les matières sont reçues sur des appareils enrichisseurs, dont les principaux types sont les *round-buddles* les *tables* à *secousses*, les *tables sans fin* et à *secousses*, les *tables* à *secousses latérales* et les *tables tournantes*.

Cette nomenclature ne comprend pas le caisson allemand ; celui-ci comme le round-buddle tend à disparaître pour faire place aux appareils à travail continu ; les tables à secousses elles-mêmes sont peu à peu délaissées pour les cribles du Hartz, malgré les progrès accomplis dans leur construction ; ainsi, on les établissait en bois, ce qui entraînait à des dimensions encombrantes et à de fréquentes réparations ; on les construit aujourd'hui en fer et en fonte, ce qui permet de les rendre peu volumineuses et plus solides ; en même temps, grâce aux combinaisons mécaniques réalisées avec l'introduction des métaux, on arrive à régler à son gré l'inclinaison de la table, l'amplitude des oscillations, ainsi que le nombre et l'intensité des chocs.

*Les round-buddles* sont principalement employés en Angleterre ; ils consistent en une surface conique fixe sur le sommet de laquelle sont amenées à l'état boueux les matières à classer. Ces matières ont été tamisées dans un trommel recouvert d'une toile métallique ; elles viennent déboucher tout autour d'un

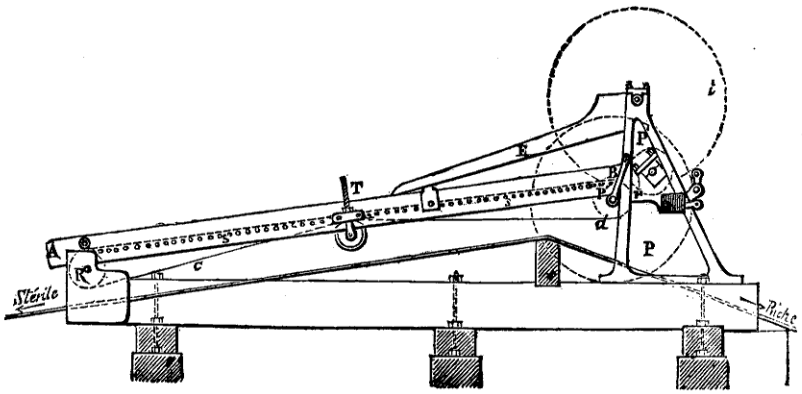



Fig. 14. — *Table à toile sans fin et à secousses*, type Huet et Geyler, échelle 1/25. — *t* trommel amenant les matières. — C couloir. — AB châssis métallique supportant. — *s* supports de la table formée d'une courroie de caoutchouc. — R R′ rouleaux. — R′ donne le mouvement de translation. — T tendeur. — *a b c d* courroie constituant la table. — P poulie motrice des rouleaux P′ poulie motrice de la came. — *r* ressort de rappel.

axe placé au centre de la surface conique et tombent par le vide annulaire réservé entre cet axe et un manchon animé d'une certaine vitesse de rotation ; le manchon porte lui-même trois conduits fournissant de l'eau par gerbes et en filets ; son mouvement de rotation sert donc à la fois à répartir les matières, à classer et à distribuer l'eau nécessaire au travail. Cette eau s'écoule ensuite librement.

Le résultat du lavage ainsi produit est d'entraîner plus ou moins les schamms suivant leur densité, les grains les plus lourds restant nécessairement près du sommet du cône ; peu à peu les matières s'accumulent en conservant un ordre de classement à peu près constant quand elles sont presque toutes de richesse équivalente. Une fois l'appareil suffisamment plein, on arrête l'alimentation ; on reconnaît par une section faite suivant une génératrice quel est l'enrichissement produit ; on trace en conséquence deux circonférences plus ou moins distantes du sommet du cône et l'on établit ainsi trois produits ; l'un celui de la partie inférieure est généralement considéré comme stérile. Dans une pre-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mière opération sur schamms pauvres, les deux autres sont mis à part pour être retraités avec des matières de même teneur.

Le round-buddle peut passer environ 5 mètres cubes de matières par jour.

*Les tables sans fin et à secousses* se composent essentiellement d'une large courroie en caoutchouc, constituant la table, entraînée par des rouleaux. Ceux-ci ne doivent pas seulement transmettre à la courroie le mouvement de translation, mais aussi les petites secousses transversales (environ 50 à la minute) qui aident au classement des matières. Dans ce but, et pour se prêter aux déplacements longitudinaux de tout l'ensemble, ils sont installés de façon à pouvoir prendre un premier mouvement de rotation autour de leur axe de figure et un second autour de leur point de suspension, fig. 14, p. 113.

Les matières sont distribuées vers le haut de la table, vers le tiers de la longueur; les rouleaux entraînent la courroie de bas en haut; un courant d'eau tombant par conséquent en sens inverse du mouvement de la table, ramène le stérile vers le bas; les parties lourdes ou riches restent seules adhérentes et arrivent au sommet où un nouveau courant d'eau les détache.

Cet appareil peut traiter de 12 à 15000 kilogr. en 10 heures, avec une dépense d'environ 1f,50 par tonne de minerai traité.

Dans certaines usines, les principaux éléments de la construction de ces tables, sont les suivants (1).

| ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DE LA TABLE SANS FIN ET A SECOUSSES. | POUR DES SABLES. | POUR DES SCHLAMMS. |
|---|---|---|
| Dimensions. . . . . | 2m,7 sur 1m,2 | 3 à 4 mètres sur 1m,3 à 1m,5 |
| Inclinaison. . . . . | 1/20 | 1/25 |
| Nombre de secousses. . . . . | 20 à 40 | 50 à 60 |
| Amplitude du déplacement. . | 0,08 0,18 | 0,04 0,08 |

L'application des tables sans fin et à secousses, doit être limitée au traitement de minerais simples (calamine et gangue), (galène et quartz); on a dû renoncer à employer ces appareils avec des minerais complexes (sulfures de plomb, zinc, fer et gangue, par exemple); leur rôle serait, dans ce dernier cas, limité à celui d'un appareil dégrossisseur. Quelquefois, on groupe deux tables sans fin, que l'on superpose en leur donnant des inclinaisons différentes.

*Les tables à secousses latérales* sont dues à M. de Rittinger, elles ont permis d'obtenir avec les tables, un travail réellement continu. Les minerais sont déposés sur le quart du petit côté de la table; l'eau arrive sur les trois autres quarts; au fur et à mesure que, grâce aux secousses latérales, les grains parviennent dans cette zone, ils se trouvent d'abord entraînés par l'eau d'après leur volume; puis, les secousses latérales continuant à intervenir, chaque grain finit par décrire sur la surface de la table une courbe plus ou moins paraboliquet et aboutit suivant sa densité, en un des points du bord inférieur; ce résultat s'obtient naturellement d'une façon d'autant plus complète que le classement par volume a été plus parfait.

La construction de la surface de la table est une assez grande difficulté; on a d'abord essayé de l'établir en bois d'érable, puis de la goudronner ou de la recouvrir d'enduits spéciaux qui devaient éviter les effets de l'humidité; on en

(1) *Revue industrielle de Liège*, année 1873.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vint ensuite à la fonte polie : les résultats sont bons quand on peut éviter la rouille, mais l'entretien est difficile ; on a enfin employé le verre, puis simplement la pierre en grandes dalles, et c'est là, ce qui résiste le mieux aux variations d'humidité et de température.

Les tables à secousses latérales consomment le double de force que les tables ordinaires ; aussi couple-t-on, en général, ces appareils pour économiser la force motrice ; il faut environ $^1/_2$ cheval pour deux tables jumelles ; la production est de 6 à 7000 kilogr. par jour, avec un revient d'environ 0f,80 à 1 fr. par tonne de minerai traité ; on réalise ainsi une économie de 30 % sur le travail des tables ordinaires, surtout dans le traitement de minerai peu complexe, parce que l'on peut, avec des appareils à secousses latérales, obtenir des produits finis dès le premier passage.

| ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DE LA TABLE A SECOUSSES LATÉRALES. | POUR LES SABLES. | POUR LES SCHLAMMS. |
|---|---|---|
| Amplitude des secousses. . . . . | 30 à 65 mill. | 10 à 25 mill. |
| Nombre de secousses à la minute. | 200 | 300 |
| Consommation d'eau à la minute. | 20 à 40 lit. | 10 à 20 lit. |

*Pour les tables tournantes* encore plus que pour les tables à secousses, la perfection de la surface sur laquelle se fait le classement par densité, est une question capitale ; aussi l'emploi du métal est-il devenu d'une application presque générale pour cette construction.

Le minerai est reçu à la partie supérieure de la table, puis entraîné dans le mouvement de rotation de l'appareil, il vient successivement à l'aplomb de balais d'eau, fixes, qui le lavent et enlèvent les parties légères ou stériles.

Le travail se fait sur tables concaves ou convexes ; les premières paraissent mieux appropriées pour le traitement de minerais pauvres, parce qu'elles offrent au minerai, au moment de son arrivée, une grande surface qui favorise le dépôt des parties riches ; inversement, vers le bas, au moment où le stérile qui est en abondance a besoin d'être entraîné, la surface est réduite et la vitesse d'écoulement de l'eau atteint son maximum. De leur côté, les tables convexes conviendraient mieux au traitement de minerais un peu compliqués ; l'accélération du courant enlèverait une partie des produits intermédiaires avec le stérile. Dans le même ordre d'idées, on choisit le diamètre d'autant plus grand que la matière à traiter réclame un lavage plus soigné, ou que la production doit être considérable.

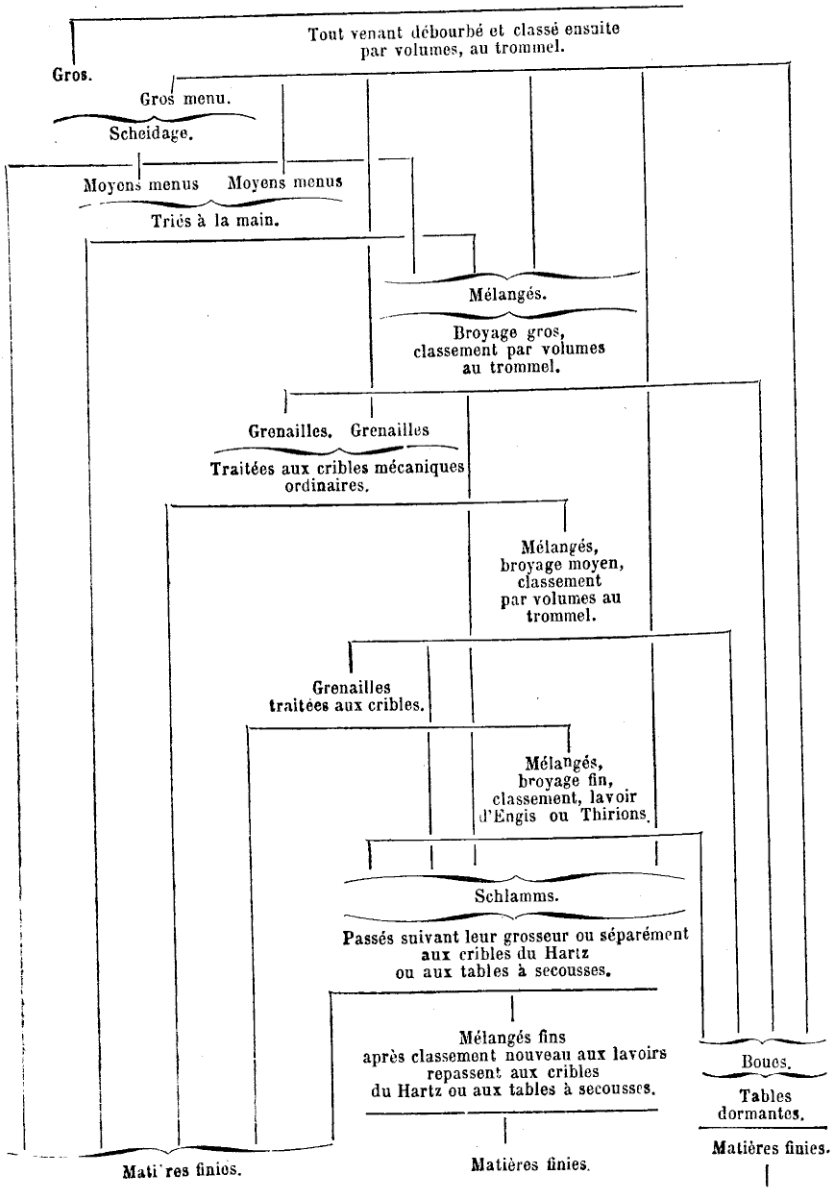
Le type de table tournante que M. de Rittinger a fait établir à Schemnitz et Przibram, offre une particularité caractéristique. La table au lieu d'être unie, est divisée par des saillies radiales en un certain nombre de segments ; un courant d'eau amené par un tuyau courbé en spirale vient produire le classement ; cet appareil marche avec une grande lenteur, il ne fait guère que 6 tours à l'heure ; on peut traiter en une minute 45 à 60 kilogr. de schlamms (poids sec) (1), ce qui est plus du triple de la production des tables à secousses ; on ne consomme guère que 1 cheval vapeur par 30 tables, et l'on a besoin de 80 litres d'eau à la minute ; dans ces conditions, on s'explique que l'emploi des tables tournantes, dans certains ateliers, ait été préféré à celui des tables à secousses.

(1) A Przibram cette production a été encore notablement dépassée ; mais en même temps, il fallut compter avec une consommation d'eau considérable, 3 à 500 litres à la minute.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Résumé.** — Après cet exposé rapide et malheureusement très-incomplet, il ne sera peut-être pas sans intérêt de donner un tableau synoptique des opérations successives que l'on pourrait appliquer à un minerai de composition moyenne (galène, blende, pyrite et gangues quartzeuses).

**Minerai sortant de la mine.**




Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour terminer, il n'est pas non plus inutile de rappeler que dans le groupement et le choix des méthodes, l'on a généralement suivi deux courants différents en Allemagne et en Angleterre, les deux pays où la production métallique est la plus considérable.

Dans la méthode allemande, on a une tendance à pousser très-loin la division et le classement par volumes, tandis qu'en Angleterre le travail des cribles se fait sur des matières n'ayant subi qu'un classement par volume très-imparfait.

Mais en réalité, cette distinction s'atténue de jour en jour. Les deux méthodes se confondent peu à peu en une seule, mieux appropriée à la nature des minerais et permettant de réaliser une certaine économie de main-d'œuvre. Un exemple frappant de cette tendance est l'emploi du crible du Hartz; celui-ci tient de la méthode anglaise par l'application du fond de tamis en grenaille, il conserve d'autre part, la continuité du travail et la grande production des appareils allemands.

Enfin, il faut signaler encore la tendance assez générale de substituer le métal au bois dans la construction des appareils; cette substitution marque un grand progrès; elle est due aux efforts persévérants de MM. Sievers et C^ie^, en Allemagne, et surtout de MM. Huet et Geyler, en France.

Les avantages sont en effet nombreux; d'abord les appareils deviennent beaucoup plus faciles à déplacer, et ils conservent une certaine valeur après leur mise hors service, deux considérations importantes pour des travaux d'étude; d'un autre côté, on évite la prompte destruction que produisent sur le bois, dans certaines contrées, les brusques alternatives de sécheresse et d'humidité; enfin, on arrive, grâce à l'emploi du métal à créer des appareils moins encombrants, à donner plus de régularité aux mouvements et, ce qui est capital à exécuter l'ensemble de chaque appareil avec une exactitude qui permet d'assurer dans un même atelier, l'homogénéité du travail.

(*A suivre*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LE FER [1]

## DEUXIÈME PARTIE

## TRANSFORMATION DU FER BRUT EN FER FINI

### SOMMAIRE.

PRINCIPES DU LAMINAGE : Cannelures. — Forme et composition des paquets. — CHAUFFAGE ET RÉCHAUFFAGE DES PAQUETS : Fours à réchauffer ordinaires. — Fours à gaz. — Fours à régénérateur de chaleur, système Siemens. — Fours à récupérateur de chaleur, système Ponsard. — Gazogène Tessié du Motay. — LAMINOIRS : Machines motrices de laminoirs. — Machines à renversement. — Trains de laminoirs. — Laminoirs à tôles. — Laminoirs à fers spéciaux. — Laminoirs à fers plats, dits universels .— Releveurs mécaniques. — Laminoirs à trois cylindres. — Dressage, cisaillage et ébarbage des fers laminés. — Réception des fers. — Machines à essayer les fers.

**Principes du laminage.** — Le fer ébauché n'est qu'un produit intermédiaire; il n'a pas assez de corps et d'homogénéité et il est trop impur pour être utilisé directement, il faut qu'il soit chauffé à nouveau et qu'un autre laminage le purifie des scories qu'il contient encore. Pour cela des barres d'ébauché de la qualité voulue sont coupées à longueur et réunies ensemble pour former un paquet que l'on réchauffe dans un four spécial. Ce paquet amené au blanc soudant est alors laminé c'est-à-dire passé entre deux cylindres tournant en sens inverse, qui, par leur pression, chassent les scories contenues dans le paquet et l'allongent en proportion de la diminution d'épaisseur qu'ils lui font subir. Pour tous les fers autres que les tôles on emploie au lieu de cylindres lisses des cylindres présentant des creux dits cannelures.

*Cannelures.* — Ces cannelures sont tantôt partagées également entre le cylindre supérieur et le cylindre inférieur, tantôt partagées inégalement et tantôt contenues entièrement dans le cylindre inférieur. Les dimensions, la suite et la disposition de ces cannelures ont une importance considérable pour la bonne exécution du profil cherché.

On doit faire entrer dans le tracé d'une cannelure la dimension de la section qui doit être dans un rapport convenable avec la section précédente et déterminer les parties de cette section pour lesquelles la hauteur étant plus faible que celle de la section précédente, fera subir au fer en cet endroit une pression correspondant à cette diminution; on doit aussi veiller aux parties qu'il faut éviter de trop isoler, de peur qu'elles se refroidissent au point de ne plus pouvoir supporter les dernières passes qui donnent le profil définitif.

Bien que le tracé des cannelures dépende de la nature du fer composant le

(1) Voir p. 65.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

paquet, et si le paquet contient des fers corroyés, de la position de ces corroyés; bien qu'il faille aussi tenir compte d'influences multiples dûes au travail même qu'il est très-difficile de prévoir exactement et qui donne presque toujours lieu à une retouche des cylindres après le laminage des premières barres, le tracé des cannelures reste toujours soumis aux règles générales suivantes : La dernière cannelure ou cannelure finisseuse aura le profil du fer que l'on veut produire agrandi dans les proportions exigées par le retrait. Cette valeur du retrait varie avec la température à laquelle le fer passe dans la dernière cannelure et cela dépend premièrement de la chaleur initiale du paquet et deuxièmement du temps que les ouvriers emploieront pour le laminage de la barre, temps qui varie très-peu lorsqu'il ne se produit pas d'accident amenant du retard dans une cannelure. En marche courante les paquets sont également chauffés, le temps employé au laminage est le même pour toutes les barres, la température de la barre laminée ne varie donc pas et le retrait reste constant.

La section de la cannelure finisseuse étant déterminée, il s'agit de la distribuer sur les deux cylindres de manière que la barre produite sorte bien droite; pour cela il faut que le centre de gravité de la section soit à égale distance des axes des deux cylindres et que la somme des pressions qui agissent d'un côté de la verticale passant par ce point soit égale à la somme des pressions qui agissent de l'autre côté. En pratique pour prévenir l'enroulement de la barre autour du cylindre supérieur, on cherche toujours à la rabattre vers le cylindre inférieur qui se trouve protégé contre cet enroulement par des organes spéciaux; le moyen employé pour obtenir ce résultat sans modifier la répartition de la section dans les deux cylindres est de donner au cylindre mâle un diamètre un peu supérieur à celui du cylindre femelle.

La dernière cannelure ainsi obtenue on détermine les autres qui doivent remonter successivement à la forme primitive du paquet, c'est-à-dire à la section rectangulaire. Le nombre de ces cannelures dépend essentiellement du profil à obtenir et aussi de la nature du fer. Il y aurait avantage au point de vue du travail à se servir d'un très-grand nombre de cannelures pour éviter au fer les déchirements causés par un changement trop brusque de section; mais d'un autre côté la rapidité du travail, et la dépense qu'occasionnerait une trop grande quantité de cannelures exige que leur nombre soit aussi faible que possible.

Connaissant la nature du fer que l'on doit laminer, le profil à produire et la section du paquet que l'on emploie, on s'impose pour le passage d'une cannelure à l'autre une pression déterminée, d'où l'on déduit immédiatement le nombre des cannelures. Ces cannelures se répartissent sur deux paires de cylindres, les premiers dits dégrossisseurs, les seconds finisseurs; pour éviter la dépense d'une trop grande quantité de cylindres, on réunit sur une même paire de finisseurs des profils analogues ne différant que par une faible modification dans une dimension et on cherche à utiliser la même paire de dégrossisseurs pour plusieurs paires de finisseurs.

Les cannelures d'un cylindre sont séparées les unes des autres par un renflement ou *collet*. Lorsque les deux cylindres ont des collets tangents la cannelure est dite *ouverte;* lorsqu'au contraire un seul des cylindres porte des collets qui pénètrent dans les gorges correspondantes du second la cannelure est dite *fermée* ou *à emboîtement*.

La figure 19 représente une paire de cylindres à cannelures ouvertes servant de dégrossisseurs pour fers carrés ou méplats; les cannelures ogivales, celles pour fers ronds, etc., sont également ouvertes.

La figure 20 représente une paire de cylindres à cannelures fermées; ce sont des cylindres finisseurs pour fers plats, on peut faire varier dans une certaine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

limite l'écartement de ces cylindres pour produire différentes épaisseurs sans que les collets du cylindre inférieur cessent de pénétrer dans les gorges correspondantes du cylindre supérieur.

L'inconvénient de cet avantage est le jeu qu'il faut laisser au collet pour lui permettre un libre mouvement dans la gorge; ce jeu s'augmente assez vite par

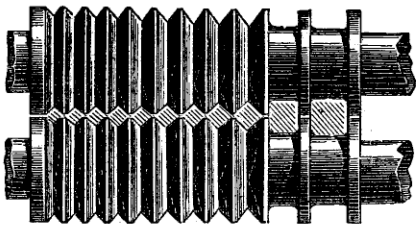


Fig. 19. — Cannelures ouvertes.

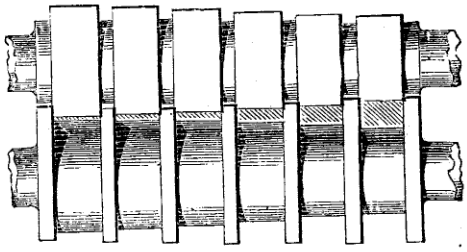


Fig. 20. — Cannelures fermées.

l'usure, et le fer n'étant plus pressé sur toute sa surface contre le fond de la cannelure se lamine avec une ou deux bavures sur les bords, fig. 21.

Pour les fers profilés qui exigent une exactitude plus grande on évite ce défaut au moyen de cannelures fermées dites à emboîtement. fig. 22. Le collet est raccordé aux flancs de la cannelure par une partie inclinée correspondant à une inclinaison semblable ménagée dans le cylindre mâle. Ce dernier, guidé par ces surfaces inclinées, pénètre dans le cylindre femelle à la manière d'un coin et se maintient forcément en place. Le frottement des cylindres l'un sur

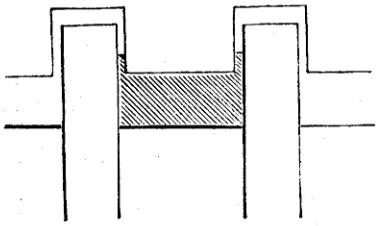


Fig. 21.

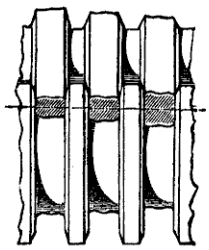


Fig. 22. — Cannelures à emboîtement.

l'autre se produit sur les surfaces inclinées et l'usure qui en résulte se fait sans déformation pour la cannelure.

Nous avons vu que la transformation de la loupe cinglée en barre se fait par un laminage dans des cannelures ogivales puis rectangulaires; les cannelures ogivales sont également employées pour le dégrossissage des fers ronds, carrés ou plats; les paquets y sont bien comprimés et soudés.

Ces cannelures se tracent en prenant comme largeur de la première le diamètre du paquet à laminer, et comme hauteur une dimension dont le rapport avec la largeur est déterminé par la pression que doit donner la cannelure. La cannelure suivante a une largeur un peu supérieure à la hauteur de celle qui la précède; à chaque passage on retourne la barre de 90°,

Cette règle est adoptée aussi pour les cylindres finisseurs de fers ronds; les cannelures y ont une forme légèrement elliptique.

Nous donnons, fig. 23, la série des cannelures servant au laminage des Cornières égales.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

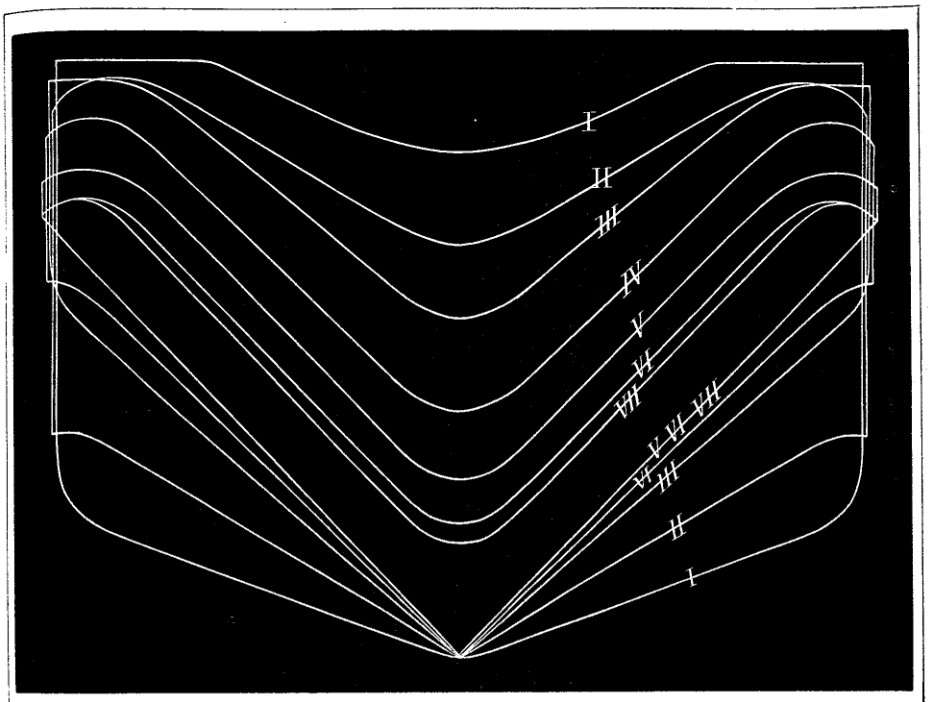



Fig. 23. — Tracé des Cannelures pour cornières.

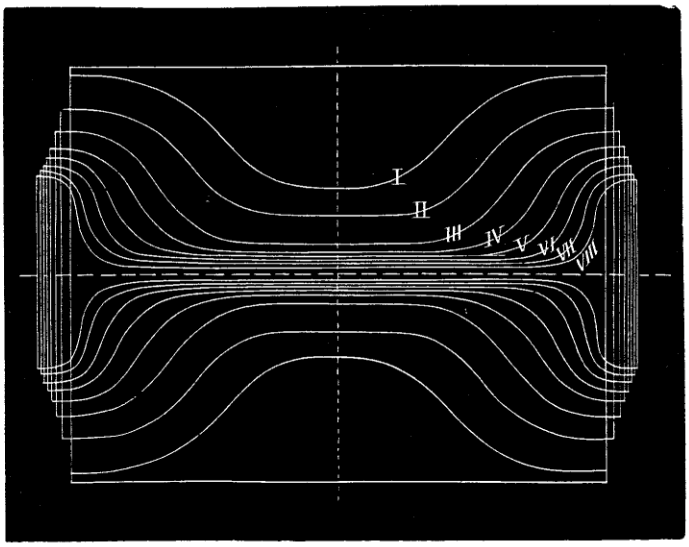



Fig. 24. — Cannelures pour fers à double T.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Et, fig. 24, les cannelures pour laminage de fers à double T de grande dimension; ce dernier croquis indique en même temps la fabrication des fers à simple T et des fers à ⌊. Toutefois, pour appliquer ce tracé à ces deux derniers profils, il faudrait tenir compte des principes généraux du laminage; ainsi pour les fers à ⌊ on aurait soin de laisser jusqu'à la fin un renflement aux angles inférieurs pour maintenir cette partie chaude jusqu'à la fin et que sa compression dans la dernière cannelure produise un angle bien vif, fig. 25.

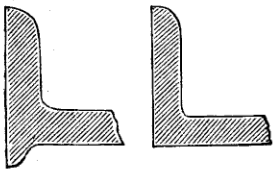


Fig. 25.

Une bonne méthode pour vérifier un tracé de cannelures consiste à découper des calibres en papier ou mieux en métal tel que du zinc. Ces calibres donnent par leur poids la décroissance des sections et aussi le poids du fer fini; ils servent en même temps à vérifier le tournage des cylindres et à contrôler leur déformation pendant le travail.

Nous aurions encore à parler des cannelures de cylindres à rails, mais nous renvoyons pour ce sujet à l'*article Acier*, où cette question sera traitée longuement, la fabrication des rails en fer ayant considérablement diminué pour céder la place aux rails d'acier. Les profils des cannelures destinées à l'acier sont légèrement différents de ceux employés pour le fer mais leur ensemble et leur forme générale restent les mêmes.

**Forme et composition des paquets.** — Les paquets ont presque toujours la forme rectangulaire, ils sont composés de barres d'ébauchés coupées à la longueur convenable au moyen de cisailles à bielle simples ou doubles.

*Cisailles.* — La figure 26 représente une cisaille simple à bielle, elle prend son mouvement à la machine motrice du train puddleur; une bielle animée d'un mouvement de va-et-vient agit à l'extrémité du grand bras de la cisaille, l'autre bras est muni d'une lame dite lame mobile qui oscille devant une autre lame fixée au bâti.

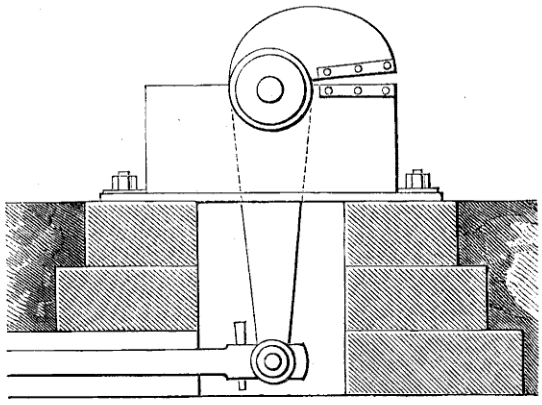


Fig. 26.

Les dimensions du paquet étant déterminées par celle du fer à produire, les barres d'ébauché sont coupées à une longueur égale à celle du paquet; pour cela le bâti de la cisaille porte une tige de fer, fig. 27, sur laquelle glisse un buttoir fixé sur cette tige par un coin; on pousse la barre d'ébauché jusqu'au buttoir de manière que tous les morceaux ont une longueur égale à la distance du buttoir à la lame fixe de la cisaille. Les lames des cisailles sont en acier fondu ou en fer aciéré.

*Poids du paquet.* — On détermine le poids d'un paquet de la manière suivante : connaissant la section et la longueur de la barre à produire on en déduit son cube et son poids. Suivant le nombre de longueurs que l'on coupera dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une barre laminée on a une proportion plus ou moins grande de chûtes qu'il faut ajouter au poids précédent pour avoir le poids de la barre sortant du laminoir; enfin suivant la nature du fer employé et le nombre de réchauffages que le paquet devra subir, il se produira au four un déchet plus ou moins considérable qui ajouté au poids de la barre laminée donne le poids du paquet à préparer.

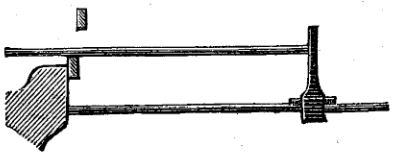


Fig. 27.

*Paquets pour petits fers marchands.* — Les paquets pour petits fers marchands se font en superposant 4 ou 5 morceaux d'ébauchés pour avoir une section à peu près carrée, fig. 28.

Pour produire des petits fers de bonne qualité on utilise les chûtes de gros fers marchands carrés ou ronds qu'on réchauffe et qu'on lamine à nouveau.

On fait aussi de bon fer avec les ferrailles et déchets de toute sorte, tels que chûtes de petits fers, petites rognures, boulons cassés, écroux, débouchures de tôle provenant du poinçonnage, etc., etc...; on fait un paquet de ces déchets en les enveloppant dans une feuille de tôle mince ou dans quatre morceaux d'ébauchés formant les parois d'une caisse.

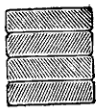


Fig. 28.

*Masserie.* — Un atelier spécial dit masserie est occupé à cette fabrication.

*Banc de masserie.* — Les ouvriers doivent faire ce travail avec assez de soin pour que les ferrailles disposées à l'intérieur laissent entre elles le moins de vide possible et pour choisir un peu les qualités employés.

Ces paquets se font sur un banc dit *Banc de masserie*, fig. 29. L'ouvrier dispose dans une forme en fonte, fig. 30, p. 125 les ébauchés qui forment le fond et les côtés et range les ferrailles dans l'intérieur, il termine par un ébauché formant couverture et n'a plus qu'à serrer le paquet. A cet effet il emploie une forte

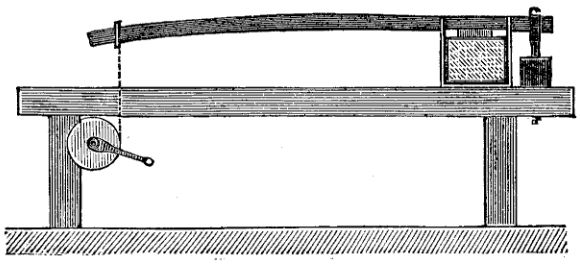


Fig. 29. — Banc à faire les paquets ou banc de masserie.

barre de fer servant de levier dont il passe l'extrémité dans un anneau fixé à son banc de travail devant le paquet; la barre s'appuie sur le paquet. La pression s'opère au moyen d'un petit treuil agissant à l'extrémité du levier.

Au lieu d'un levier on se sert souvent aussi d'une vis de pression. Pendant que le paquet est ainsi comprimé l'ouvrier frappe sur la couverture et sur les bouts à coups de marteau pour en aider le tassement puis met les ligatures ou fils de fer chauffés au rouge qu'il noue pour empêcher le paquet de se desserrer; cela fait, il lâche le levier retire le paquet et en recommence un autre.

*Paquets pour gros fers marchands.* — La section des paquets pour gros fers marchands nécessite le plus souvent une largeur de 2 ou 3 ébauchés. On com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pose le paquet par mises horizontales contenant alternativement 2 et 3 ébauchés pour que les joints se trouvent croisés, fig. 31, ci-dessous.

*Paquets pour tôles et pour larges plats.* Le poids d'un paquet pour tôles est environ une fois et demie le poids de la pièce finie qu'il faut produire car on doit compter sur un déchet d'environ 45 % qui se décompose de la manière suivante :

| | |
|---|---|
| Déchet à la 1re chauffe . . . . . | 10 % |
| — 2e — . . . . . | 5 |
| Rognures des bouts . . . . . | 15 |
| Rognures des côtés . . . . . | 15 |
| TOTAL . . . . . | 45 % |

Les joints d'ébauchés mis bout à bout risquant de se mal souder, on emploie autant que possible des ébauchés ayant comme longueur celle du paquet; on les range par plans horizontaux en croisant les joints; on fait aussi quelques mises dites en travers composées de fers ébauchés ayant comme longueur la largeur du paquet afin de donner à la tôle de la résistance dans le sens transversal. Pour la bonne qualité du fer, il y a intérêt à employer des ébauchés de petite section parce que ceux-ci se sont mieux épurés au train puddleur; mais cela présente l'inconvénient pour les mises supérieure et inférieure de laisser un trop grand nombre de joints qui, se soudant mal, laisseront voir les lignes de la composition du paquet. En effet, ces joints qui se soudent peu au chauffage, s'ouvrent lorsqu'on passe le paquet en travers au laminoir pour lui donner la largeur que doit avoir la tôle; les scories tombent dans ces joints et y restent jusqu'à la fin, faisant obstacle à la parfaite soudure.

Fig. 30. — Forme pour faire les paquets.

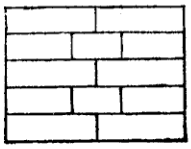


Fig. 31. — Paquet pour gros fers marchands.

Pour remédier à cet inconvénient, on recouvre le paquet avec une mise d'une seule pièce ou *couverte*, laminée spécialement en fer corroyé et coupée aux dimensions du paquet; on obtient ainsi des surfaces sans défaut de soudures; mais, d'un autre côté, cette couverture faite d'une matière supérieure à celle des ébauchés qu'elle recouvre, se soude imparfaitement au paquet et produit souvent des soufflures. Aussi emploie-t-on fréquemment des couvertures en fer ébauché, obtenues en laminant entre deux cylindres lisses la loupe cinglée au marteau; on lui conserve dans ce cas une épaisseur assez forte d'au moins deux centimètres. Lorsqu'on opère le soudage du paquet au marteau pilon, on peut éviter la dépense des couvertures en formant la mise supérieure par des ébauchés assez larges pour ne laisser qu'un joint que l'on recouvre par un autre ébauché de grande largeur, fig. 32. Le paquet ainsi fait sur les deux faces et réchauffé est conduit au marteau dont les coups font pénétrer l'ébauché formant couvre-joints dans la mise voisine et le joint horizontal qui en résulte est assez parfait pour que le second réchauffage le soude complètement.

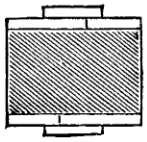


Fig. 32.

Les larges plats laminés au train universel (appareil que nous décrirons plus loin) nécessitent des paquets très-soignés suivant la largeur, le laminage ne devant s'opérer que dans le sens longitudinal; la composition et la forme de ces paquets sont analogues à celles des paquets pour tôles.

*Paquets pour fers profilés.* — Les paquets pour fers profilés nécessitent un soin spécial sous le rapport de leur composition et de leur forme; les parties minces et à angle vif demandent un fer de qualité supérieure, qui ne soit pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

exposé à se criquer, et de plus, lorsque le fer a un profil trés-tourmenté, le nombre des cannelures qui seraient indispensables pour amener progressivement le paquet de la forme rectangulaire au profil désiré devenant considérable, il y a lieu, pour le diminuer, de donner au paquet une forme préparant la section du fer à produire.

Les paquets pour Cornières ou fers d'angle L ont généralement la forme rectangulaire avec des couvertures en fer corroyé pour assurer la bonne soudure de l'angle.

Les paquets pour fers à simple T sont presque toujours rectangulaires; cependant pour les T de grande dimension, on donne quelquefois au paquet la forme du croquis ci-contre, fig. 33 : la mise inférieure est une couverture en fer corroyé.

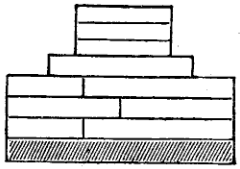


Fig. 33. — Paquet pour gros fers à T.

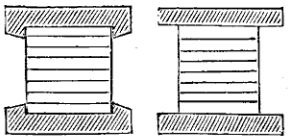
Les figures 34 et 35 indiquent la forme de paquets pour fers à double T de grandes dimensions. Les angles sont faits en fer corroyé de bonne qualité. Comme on ne peut pas pour la solidité du paquet donner à la partie médiane une épaisseur assez faible pour qu'elle soit par rapport à l'épaisseur de la pièce finie dans la même proportion que la hauteur du paquet à la hauteur du fer fini, on est obligé de la composer avec des ébauchés d'une longueur moindre

Fig. 34 et 35. — Paquet pour gros fers à double T.

que celle des semelles, de manière que subissant un plus fort allongement dû à la diminution de section que lui dònne le laminage, elle ne se trouve pas plus longue que les semelles elle-mêmes.

Les figures 36 à 39 donnent d'autres dispositions de paquets pour fers à double T les parties en fer corroyé y sont indiquées par des hâchures.

Fig. 37. Fig. 36.



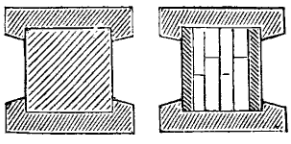


Fig. 39. Fig. 38.

La figure 40 p. 127 représente un paquet contenant des corroyés de forme spéciale et destiné au laminage de longrines en fer pour chemins de fer.

Nous aurions encore beaucoup de dispositions à indiquer si nous parlions des paquets pour rails en fer, mais la substitution de l'acier au fer dans les rails retire à cette question beaucoup de son intérêt et nous renvoyons nos lecteurs aux ouvrages spéciaux. Nous indiquerons seulement, fig. 41 p. 127, la disposition adoptée par les usines du Phœnix à Ruhrort pour la fabrication des rails ayant le champignon en acier Bessemer et le patin en fer. La mise supérieure A de forme spéciale est en acier Bessemer les deux pièces B sont en fer à gros grain phosphoreux provenant de fonte de Lorraine et produit spécialement pour servir de soudure entre l'acier Bessemer et le fer nerveux qui constitue la partie inférieure du paquet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Chauffage et réchauffage des paquets.** — Les paquets de petites dimensions tels que ceux pour fers marchands sont chauffés au blanc soudant puis laminés en une seule opération à la dimension du fer qu'ils doivent produire.

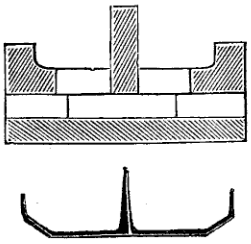


Fig. 40.

Les paquets plus forts tels que ceux pour gros fers marchands, pour tôles et pour larges plats sont au contraire chauffés deux fois. Après le premier chauffage ils sont dégrossis soit au laminoir soit au marteau pilon. Ce dégrossissage expulse une grande quantité des scories et commence le soudage en même temps qu'il commence à donner au paquet une forme qui le rapproche de la forme finie. Les paquets dégrossis sont réchauffés puis laminés pour produire la pièce définitive.

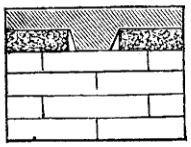


Fig. 41.

**Fours à réchauffer.** — Le chauffage et le réchauffage se font dans les mêmes fours dits fours à réchauffer ou à souder. Leurs dimensions varient suivant les dimensions des paquets qu'ils doivent contenir.

Ce sont des fours à réverbère, fig. 42, 43 et 44, à une ou deux portes, soufflés ou non soufflés; la sole A recouverte en sable est inclinée dans deux sens : de l'avant vers l'arrière et de la grille vers le rampant Leurs chaleurs perdues sont utilisées par des chaudières semblables à celles des fours à puddler. On charge dans le four un paquet de moins qu'il ne peut en contenir pour pouvoir retourner les paquets dans le four lorsque leur partie supérieure est suffisamment chauffée. Pour que ce retournement soit possible il faut évidemment que la largeur du paquet soit inférieure à la hauteur du four.

L'atmosphère du four doit toujours être carburante afin que le fer ne s'oxyde pas.

Pendant le chauffage les scories s'écoulent du paquet et suivant l'inclinaison de la sole descendent par le rampant B jusqu'au trou d'écoulement ou floss C : devant ce trou est une boîte en fonte D dans laquelle on brûle constamment du charbon pour maintenir les scories liquides et les empêcher de se solidifier dans l'intérieur du rampant. Lorsque les paquets ont été retournés et ont atteint la température du blanc soudant, le chauffeur appelle son équipe pour retirer les paquets du four et avertit les lamineurs qu'il va leur envoyer une fournée à passer.

Les systèmes de chauffage de fours à réchauffer, et de dispositions de grilles sont très-nombreux; si nous les passions en revue nous retrouverions les systèmes appliqués aux fours à puddler et dont nous avons parlé à ce sujet tels que Bernau et Sommer, Price, Bicheroux, etc., etc.; nous n'entreprendrons pas cette longue description et nous arrivons immédiatement aux fours à gaz.

**Fours à gaz.** — Les fours à gaz, système Siemens ou Ponsard, ont reçu quelques applications au puddlage mais leur emploi ne s'en est pas généralisé dans nos pays; leur application dans la métallurgie du fer a été presque uniquement réservée aux fours à réchauffer le fer, ou aux fours à fondre l'acier; c'est pourquoi nous en avons reporté la description à cette place.

L'emploi du gaz comme combustible est assez ancien mais, il n'a été réellement rendu pratique et ne s'est généralisé que depuis l'invention de M. Siemens, lorsque les régénérateurs ont permis de recueillir l'excès de chaleur non utilisé dans le four et d'élever la température de combustion par un chauffage préalable de l'air et des gaz employés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

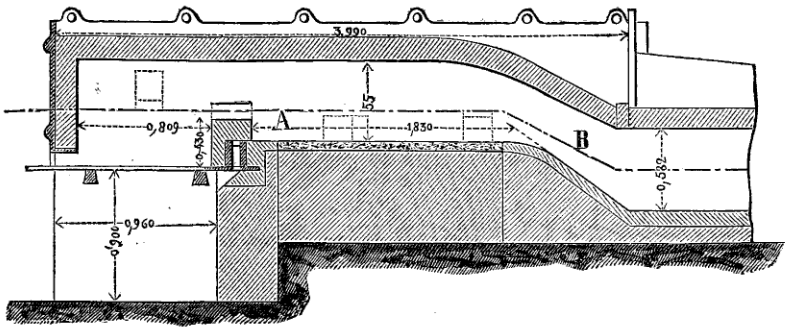



Fig. 42. — Four à réchauffer à 2 portes (coupe longitudinale).

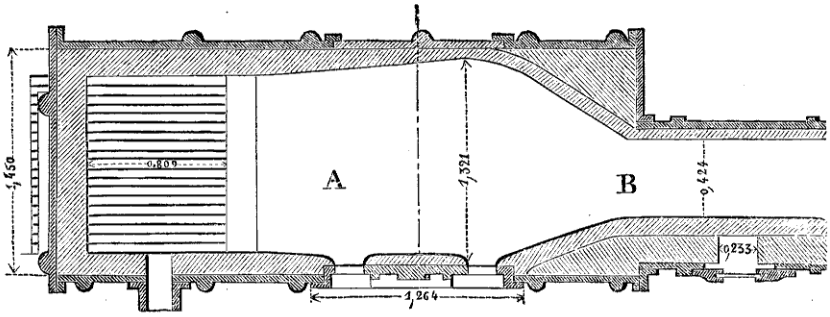



Fig. 43. — Plan.

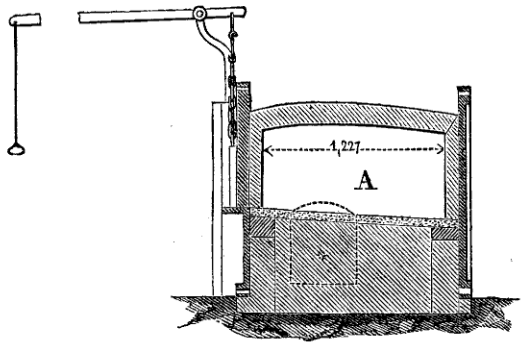



Fig. 44. — Coupe transversale.

**Gazogène Siemens.** — Planche IV. fig. 1.

Nous empruntons à l'ouvrage de M. Siemens (1) la description de son gazogène :

Le gazogène est une chambre rectangulaire en briques réfractaires dont un côté B est incliné suivant un angle variable de 45° à 60° suivant la nature du

(1) De l'application du four à gaz et à chaleur régénérée au puddlage du fer et à la production de l'acier fondu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

combustible; la partie inférieure est formée par une grille C laissant entre elles et le bas du plan incliné une ouverture qui permet d'introduire les barreaux de la fausse grille servant au décrassage. Le combustible est chargé à la partie supérieure du plan incliné dans une trémie A dont le couvercle opère la fermeture au moyen d'un joint de sable et dont le fond mobile est maintenu en place par un contre-poids. Pour faire le chargement, on retire le couvercle et on remplit la trémie de charbon, on replace le couvercle et on fait basculer le fond; de cette manière le combustible est introduit dans le gazogène sans permettre de rentrée d'air et descendant sur le plan incliné vient former une couche épaisse sur la grille.

L'air entre par la grille et comme il traverse lentement la masse en ignition, l'acide carbonique qui se forme tout d'abord par la combinaison de l'oxygène de l'air avec le carbone du combustible reprend un nouvel équivalent de carbone pour former de l'oxyde de carbone qui mélangé avec l'azote de l'air et un peu d'acide carbonique qui a échappé à la transformation ainsi qu'avec les gaz que donne la distillation du combustible crû dans sa descente jusqu'à la grille sort par le conduit H pour se rendre au four par un conduit spécial.

Un tuyau E amène un peu d'eau dans le cendrier où elle est vaporisée pour se décomposer au contact du combustible incandescent et donner de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone qui enrichissent le gaz.

Un petit trou ou regard G permet de constater l'état du foyer, de surveiller la marche du combustible et de remuer le feu au moyen d'une pince si cela est nécessaire. Un registre à coulisse D sert à arrêter le gazogène lorsque l'on veut.

*Régénérateurs*, fig. 45, 46, 47 et 48. — Les régénérateurs sont employés à chauffer les gaz venant du gazogène et l'air nécessaire à la combustion par la chaleur perdue de la flamme du four emportée par les gaz brûlés. Quatre chambres C, $C_1$, E, $E_1$, placées au-dessus du four sont remplies de briques réfractaires empilées en chicanes de façon à présenter autant de surface que possible. Deux valves de distribution A et B conduisent dans les deux chambres convenables le gaz et l'air froid à brûler; la combustion s'étant opérée dans le four les gaz brûlés traversent les deux autres chambres et reviennent aux valves qui les dirigent vers la cheminée. Les empilages contenus dans ces deux chambres s'échauffent peu à peu enlevant aux gaz brûlés la chaleur qu'ils emportent du four et les laissant échapper presque complétement refroidis. On maintient le courant de gaz chauds dans ces deux régénérateurs jusqu'à ce qu'un certain nombre des rangs supérieurs de briques soient chauffés uniformément à une température presque égale à celle des gaz sortant du four, la chaleur allant en diminuant vers le bas suivant la vitesse du courant et la disposition et la quantité de briques empilées. Par une inversion des valves on change alors la direction du courant de manière que les gaz brûlés aillent chauffer la seconde paire de régénérateurs, tandis que le gaz et l'air entrant dans le four passent dans la première paire de régénérateurs en sens inverse léchant d'abord les briques inférieures relativement froides et s'échauffant graduellement à mesure qu'ils montent jusqu'à ce qu'ils atteignent à quelque distance de la partie supérieure une température presque égale à celle du four; entrant alors dans le four, le gaz et l'air s'y rencontrent, et se combinent en produisant une flamme d'autant plus chaude que leur température initiale était plus élevée; après avoir traversé le four les produits de la combustion redescendent à la cheminée à travers la seconde paire de régénérateurs.

La température qu'atteignent le gaz et l'air entrant dans le four reste à peu près constante jusqu'à ce que les rangs de brique supérieurs des régénérateurs commencent à se refroidir sensiblement; mais en même temps les deux autres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

régénérateurs se sont suffisamment échauffés et l'on renverse alors la circulation; les gaz brûlés redescendent dans la première paire de régénérateurs, les

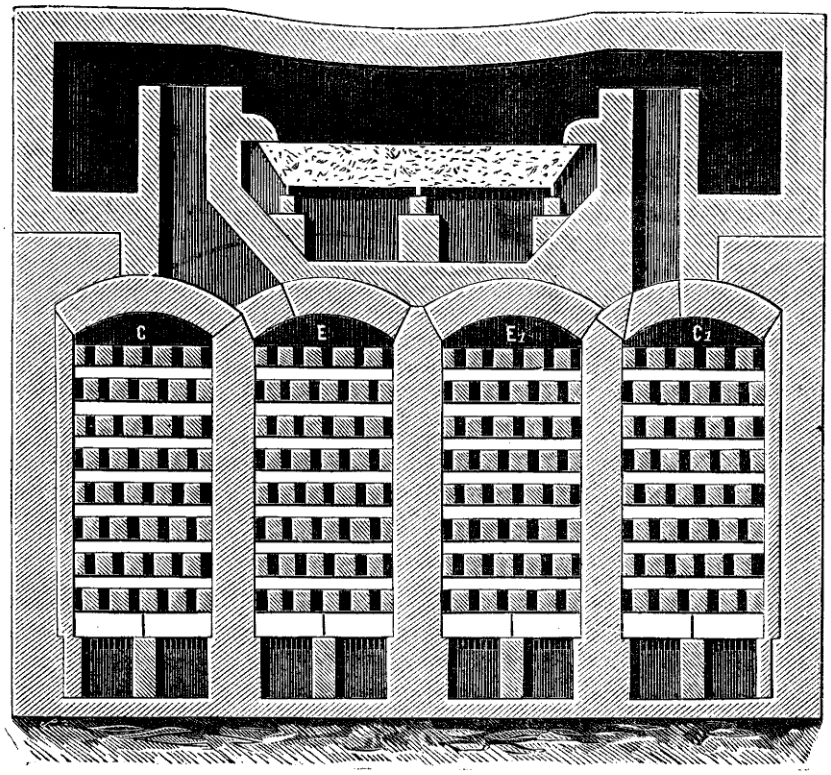



Fig. 45. — Four à réchauffer, système Siemens (coupe verticale).

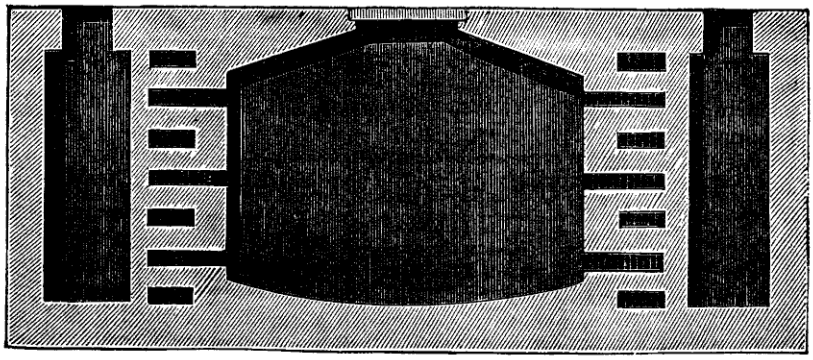


Fig. 46. — Vue en plan.

échauffent à leur tour tandis que l'air et le gaz entrant dans le four montent par les deux autres régénérateurs.

Les espacements entre les renversements sont réglés par la température du



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

four et la dimension des régénérateurs, c'est-à-dire leur capacité calorifique ; ils sont déterminés par cette condition de ne pas attendre que les gaz et l'air entrant dans le four, ayant épuisé la chaleur des chambres d'entrée, n'arrivent froids ou insuffisamment chauffés et que les gaz brûlés circulant depuis un temps trop long dans les chambres de sortie, n'aient chauffé jusqu'aux rangées inférieures de briques et s'échappent sans avoir abandonné la presque totalité de leur chaleur.

En renversant à intervalles convenables la direction du courant, on retient dans le four presque toute la chaleur qui serait, sans cela, emportée par les produits de la combustion ; la température dans le conduit à la cheminée dépasse rarement 150°, quelle que soit la température du four lui-même.

Remarquons qu'en plaçant les régénérateurs verticalement au-dessous du four, on obtient une utilisation rationnelle de la chaleur, on rend plus uniformes et méthodiques l'échauffement et le refroidissement que lorsque le tirage a lieu dans toute autre direction, parce que, d'un côté, le courant chaud descendant passe plus facilement à travers la partie la plus froide de la masse, tandis que de l'autre côté, les courants ascendants d'air et de gaz que l'on veut chauffer, s'élèvent principalement à travers la partie qui se trouve la plus chaude et la ramènent à la même température que le reste.

Les régénérateurs se trouvant placés à un niveau inférieur à celui du four, déterminent avec un tirage bien réglé, une légère pression dans l'intérieur du four, et empêchent, en conséquence les rentrées d'air froid, dont le principal inconvénient est d'oxyder les matières contenues dans le four et de produire par ce fait, un déchet dont l'importance est souvent très-grande.

*Économie de combustible.* — L'utilisation presque complète de la chaleur par les régénérateurs entraîne une économie de combustible très-importante et d'autant plus considérable, que le système des gazogènes permet d'employer du charbon de qualité inférieure, inacceptable pour des foyers ordinaires.

*Température obtenue.* — Lorsque la température du four n'est pas abaissée à chaque instant par l'introduction de matériaux froids, elle s'élève nécessairement à chaque renversement, attendu que les produits de la combustion n'emportent qu'une très-petite proportion de la chaleur développée. Le gaz et l'air, en montant à travers les générateurs, s'élèvent à une température presque égale à celle que possèdent les produits de la combustion à la descente, et lorsqu'ils se rencontrent et s'enflamment dans le four, ils ajoutent leur chaleur de combustion à celle qu'ils ont empruntée aux régénérateurs et la flamme devient nécessairement plus chaude et donne à la deuxième paire de régénérateurs une température plus élevée. On accumule ainsi à chaque renversement une nouvelle quantité de chaleur, et on pourrait obtenir par ce moyen une température illimitée, si l'on n'était arrêté théoriquement par la dissociation et d'abord, en pratique par la difficulté de trouver des matériaux suffisamment réfractaires.

*Tuyau de refroidissement.* — Nous avons vu l'intérêt qu'il y a à maintenir dans le four une légère pression de gaz. Lorsque le four est placé à un niveau suffisamment supérieur aux gazogènes, pour que l'on puisse faire monter le conduit à gaz considérablement, on obtient facilement la pression voulue, mais le plus souvent, la grande profondeur qu'exigeraient les fondations et l'inconvénient de rencontrer de l'eau à ces profondeurs, empêchent de placer les gazogènes à un niveau suffisamment inférieur aux fours, et il faut employer une disposition spéciale pour assurer en tout temps la pression convenable dans les conduits. Le moyen adopté pour atteindre ce but, est le tuyau de refroidissement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

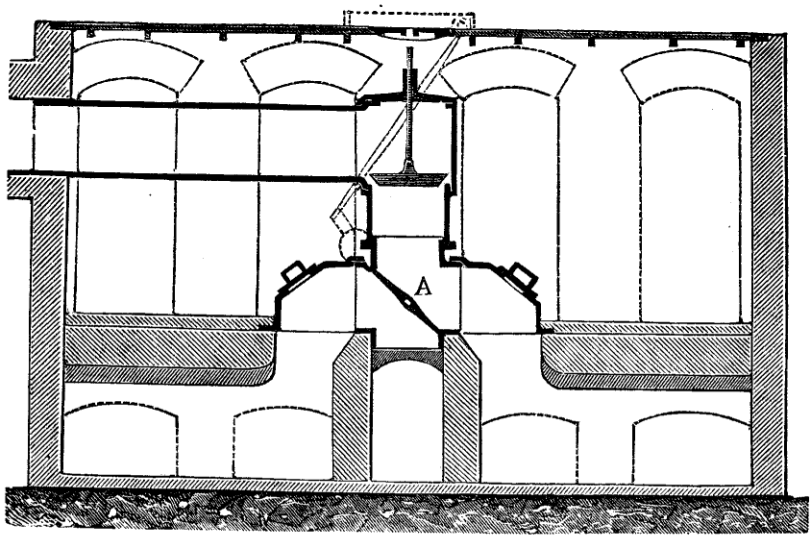



Fig. 47. — Four à réchauffer, système Siemens (coupe verticale par une valve de distribution).

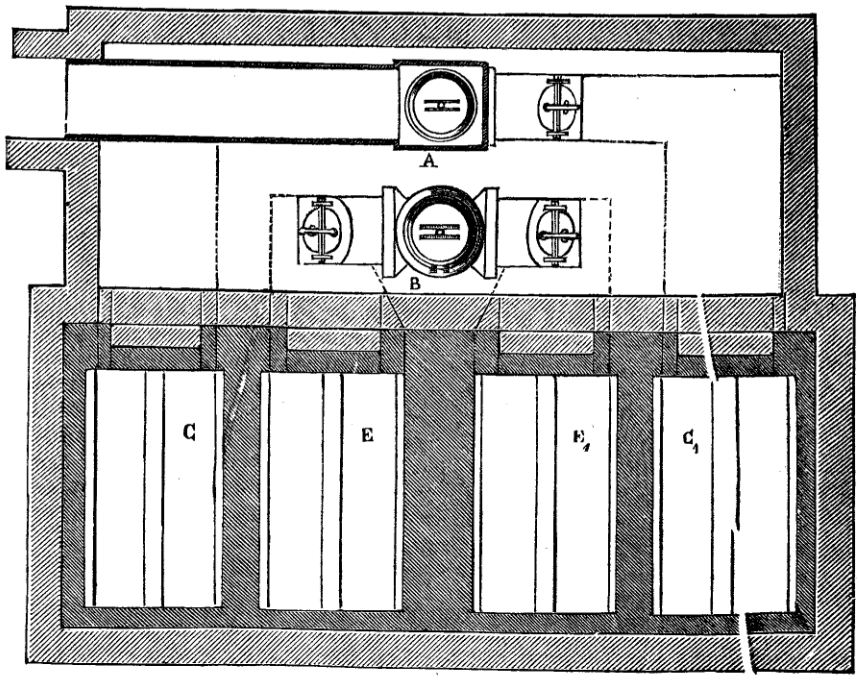



Fig. 48. — Vue en plan de la distribution.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les gaz chauds, en sortant du gazogène, montent dans une cheminée en briques à une hauteur de 3 à 4 mètres au-dessus du niveau supérieur des gazogènes, et sont conduits à travers un tuyau de refroidissement horizontal en tôle J, présentant au moins 6 mètres carrés de surface par gazogène, jusqu'à un tuyau descendant qui les mène au four, soit directement, soit par un canal souterrain en briques.

L'effet de ce tuyau de refroidissement s'explique de la manière suivante : Les gaz sortant des gazogènes à environ 600°, se refroidissent dans le tuyau placé en l'air et possèdent en arrivant dans la colonne descendante une densité supérieure à celle qu'ils avaient dans la colonne montante. Le système forme, en réalité, un véritable siphon, dont les deux branches sont de même longueur, mais contiennent des fluides de densité différente.

*Perte de chaleur due au refroidisssement.* — Ce système de refroidissement conduit évidemment à une perte de chaleur réelle, mais dont il ne faut pas s'exagérer l'importance.

Si le tuyau de refroidissement n'existait pas, les gaz entreraient dans les générateurs à une température de 600° qui deviendrait la température minimum de refroidissement des gaz brûlés. Si l'on tient compte de ce que 100 volumes de gaz ont besoin pour brûler environ 130 volumes d'air, on voit que la chaleur emportée par les gaz brûlés sortant à 600° correspondrait, si elle était répartie uniquement entre les gaz entrés, l'air étant supposé ressortir froid, à une température de 1380°

$$(100 + 130) \times 600 = 100 \times 1380.$$

Le système de refroidissement diminue considérablement cette perte, en permettant de maintenir la température de sortie des gaz des régénérateurs à 150° environ et en faisant subir la perte de chaleur contenue dans des gaz à une température déterminée par des gaz dont le volume est de 100 au lieu d'être de 230.

Pour évaluer autrement cette perte de chaleur, on peut dire que si les gaz sortent à 600° et sont ramenés par le tuyau de refroidissement à la température de 50°, cette perte de 550° sur 100 volumes à l'entrée, correspond à la chaleur que l'on perdrait en lâchant dans l'atmosphère les produits de la combustion complète à une température supérieure de 240° à la température actuelle.

On arrive comme conclusion au résultat suivant : Que si par une disposition de terrain convenable, on pouvait placer les gazogènes à un niveau assez bas, par rapport aux fours, pour obtenir naturellement la pression convenable dans les fours sans avoir recours au tuyau de refroidissement, la température minimum des régénérateurs s'élevant alors à 600°, il y aurait lieu d'établir des appareils tels que chaudières, etc., pour recueillir la grande quantité de chaleur emportée par les produits de la combustion se rendant à la cheminée, mais que pour tirer un meilleur parti de ces appareils, il y aurait lieu de les faire agir de manière à ramener à 50° la température minimum des régénérateurs, c'est-à-dire, de les placer entre les gazogènes et les régénérateurs, en leur faisant faire l'office de tuyau de refroidissement; la supériorité de rendement que l'on obtiendrait ainsi, serait dans le rapport de $\frac{230}{100}$ c'est-à-dire dans le rapport du volume du mélange d'air et de gaz au volume de gaz à brûler. On n'a pas jusqu'ici jugé suffisamment économique de recueillir cette chaleur perdue et on continue à laisser en plein air la surface du tuyau de refroidissement.

*Nature du gaz.* — La composition des gaz varie avec la nature du combus-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tible employé dans la marche du gazogène. Voici une analyse faite en juillet 1865 du gaz provenant d'un mélange de 3/4 de charbon gras et 1/4 charbon maigre aux usines à glaces de Saint-Gobain (France).

| | Volumes. |
|---|---|
| Oxyde de carbone, . . . . . | 23.7 |
| Hydrogène. . . . . | 8.0 |
| Carbure d'hydrogène . . . . . | 2.2 |
| Acide carbonique. . . . . | 4.1 |
| Azote. . . . . | 61.5 |
| Oxygène libre. . . . . | 0.4 |
| | 99.9 |

La trace d'oxygène libre, dit M. Siemens, est due, sans aucun doute, à un manque de soin dans la prise de gaz, ou à une rentrée d'air dans la conduite, et si l'on n'en tient pas compte, l'analyse chimique donnera :

| | Volumes. | |
|---|---|---|
| Oxyde de carbone. . . . . | 24.2 | |
| Hydrogène . . . . . | 8.2 | 34.6 |
| Carbures d'hydrogène . . . . . | 2.2 | |
| Acide carbonique. . . . . | 4.2 | |
| Azote . . . . . | 61.2 | 65.4 |
| | 100.0 | |

Les trois premiers éléments seuls, c'est-à-dire 35 $^{0}/^{0}$ sont utilisables; l'azote et l'acide carbonique présents ne faisant que diluer les gaz. C'est la présence de cette grande proportion de gaz inerte que l'on doit échauffer à la température même de la flamme qui rend si difficile l'obtention d'une température élevée par un gaz de cette nature, brûlé dans un four ordinaire. En employant ce gaz dans un four à chaleur régénérée, la présence d'une telle proportion d'azote n'est pas un obstacle, parce que la chaleur qu'il emporte est rendue au gaz et à l'air entrant dans le four.

Le gaz qui se dégage du combustible contient aussi plus ou moins de vapeur d'eau dont on se débarrasse par le refroidissement ainsi que du goudron et d'autres impuretés et un peu de suie ou de poussière entraînée mécaniquement.

Toute rentrée d'air non brûlé dans la masse de combustible diminue la valeur du gaz en brûlant l'oxyde de carbone et le faisant revenir à l'état d'acide carbonique; des dispositions spéciales ont été prises pour prévenir ces rentrées d'air.

On diminue la quantité d'azote qui traverse la grille, et par suite on augmente la quantité du gaz en maintenant le cendrier toujours humide. La vapeur d'eau est décomposée par le coke en ignition et ses éléments, l'hydrogène et l'oxygène, donnent un mélange d'hydrogène et d'oxyde de carbone avec une faible dose invariable d'acide carbonique.

La proportion de vapeur que l'eau peut introduire dans le gazogène, est cependant limitée parce qu'elle tend à refroidir le foyer.

*Nature de la flamme* — L'emploi du combustible sous forme de gaz présente des avantages considérables au point de vue de la nature de la flamme qu'il permet d'obtenir.

Le réglage facile dont on dispose de la proportion des corps combustibles et comburants, donne la faculté de produire une flamme oxydante, neutre, ou réductrice en même temps que l'état gazeux dans lequel ces corps sont em-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ployés, assure leur mélange intime et supprime les excès d'air que le plus grand soin évite difficilement dans certains points des grilles ordinaires, et dont l'inconvénient se traduit dans les fours à réchauffer par un déchet plus ou moins considérable des matières placées dans le four.

**Batterie de gazogènes.** Pl. IV, fig. 2, 3, et 4. — La plupart des usines qui emploient le système Siemens, ont une série de fours chauffés par ce système : dans ce cas, on groupe tous les gazogènes en un seul massif et on réunit les gaz dans un collecteur qui les distribue à chaque four. Cette disposition produit une économied ans le travail et plus de facilité à cause de la concentration des gazogènes, et donne une plus grande régularité, attendu qu'il arrive rarement que l'on arrête tous les fours à la fois, ou qu'ils exigent tous à la fois une plus grande quantité de gaz.

Les gazogènes A sont disposés sur deux rangées parallèles ayant comme mur mitoyen commun B la face postérieure du gazogène. Chaque appareil est muni de trémies C et de regards D en quantité convenable. Au centre d'un ensemble de quatre gazogènes s'élève une cheminée E dans laquelle se rendent les gaz de chacun de ces gazogènes, pour être conduits au tuyau de refroidissement F, qui dessert toutes les cheminées verticales. Des registres convenablement placés permettent d'intercepter la communication d'un gazogène déterminé avec la cheminée correspondante.

**Fours Ponsard.** Pl. V. — Nous extrayons de l'intéressant ouvrage de M. Périssé (1) qui a paru dans les Mémoires de la Société des Ingénieurs civils, la description du système.

Le four Ponsard se compose essentiellement :

1° D'un gazogène dans lequel le combustible à l'état solide, subit une combustion incomplète et se transforme en gaz eux-mêmes combustibles.

2° D'un appareil à air chaud, chauffé par les flammes perdues, appelé par son inventeur, récupérateur de chaleur, et placé en contre-bas du four proprement dit ;

3° D'un laboratoire de four où les gaz du gazogène subissent une combustion complète au moyen de l'air chaud fourni par le récupérateur ;

4° Enfin d'une cheminée qui, par son appel convenablement réglé, force les produits de combustion à descendre sur toute la profondeur du récupérateur, pour les rejeter ensuite dans l'atmosphère.

Remarquons de suite les points essentiels qui font différer les fours Ponsard des Siemens :

On voit par cette description sommaire, que les gaz fournis par le gazogène se rendent directement au four sans passer par un tuyau de refroidissement, et sans nécessiter un réchauffage dans le récupérateur, dont la fonction est uniquement de chauffer l'air, qui se fait par conductibilité et non plus par contact ; la marche de l'appareil est ici continue c'est-à-dire qu'il n'y a pas à manœuvrer de valves de renversement. Nous verrons à parler plus loin des avantages et des inconvénients qui résultent de cette disposition.

Revenons à la description détaillée de l'appareil.

*Gazogène.* — On emploie deux sortes de gazogènes suivant la nature du combustible : Les gazogènes ordinaires sont à grille avec alimentation d'air froid ; les gazogènes dits surchauffés, sont sans grille et alimentés avec de l'air chaud fourni par le récupérateur.

(1) Note sur le Four à gaz avec récupérateur de chaleur, système Ponsard, par Sylvain Périssé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Gazogènes ordinaires.* — Ils sont analogues aux gazogènes Siemens.

Le dessus du gazogène est généralement au niveau du sol et porte une ou plusieurs boîtes par lesquelles le combustible est introduit dans l'appareil. Il y a aussi des trous par lesquels on peut passer des ringards pour piquer la couche de combustible et pour détruire les voûtes que forment certaines houilles. Ces trous permettent au chauffeur de se rendre compte de l'allure de l'appareil et de lui indiquer le moment où il convient de faire les charges.

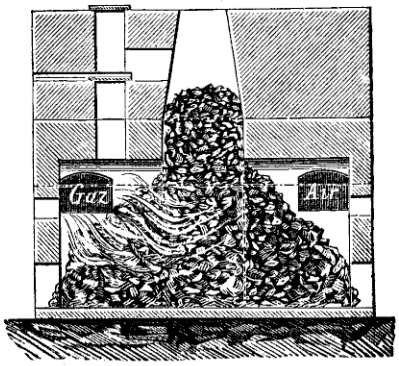



Fig. 49. — Gazogène surch..uffé, systè:. e Ponsard.

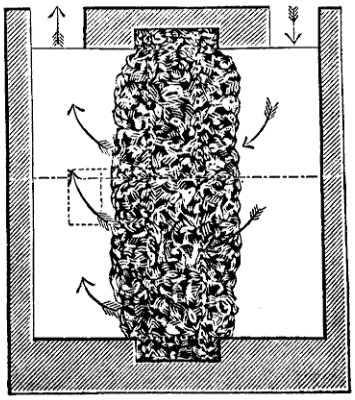


Fig. 50.

La profondeur des gazogènes ordinaires varie entre 2m,50 et 3 mètres. Chaque gazogène doit être muni d'un registre réfractaire pour pouvoir régler la quantité de gaz ou intercepter à un moment donné la communication avec le four.

*Gazogènes surchauffés.* Fig. 49 et 50. — L'emploi de l'air chaud à une température de 800 à 1000° ne rend pas possible l'emploi d'une grille, parce qu'elle brûlerait ou s'encrasserait rapidement. Ces gazogènes sont donc à cuve; le combustible, introduit par une ouverture ménagée dans le plafond de la cuve, prend son talus naturel d'éboulement et divise la chambre en deux compartiments, dont l'un communique avec l'arrivée d'air chaud, et l'autre avec la sortie du gaz; cette disposition force donc l'air chaud à traverser le combustible pour se rendre au four sous forme de gaz.

Les cendres s'étalent sur le sol de la chambre d'où elles sont enlevées de temps en temps par des ouvertures tenues normalement fermées.

*Récupérateur.* (Pl. V). — Nous trouvons ici une différence essentielle avec les régénérateurs Siemens : en effet, nous avons vu que dans le système Siemens, les briques pleines disposées dans les chambres, s'échauffaient au contact des gaz brûlés, et que lorsqu'elles avaient atteint une température convenable on remplaçait le courant de gaz brûlés par un courant d'air ou de gaz froid qui, par son contact avec ces briques devenues chaudes, leur reprenait la chaleur qu'elles avaient accumulée en agissant sur les surfaces mêmes qui avaient subi l'action des gaz brûlés; dans le récupérateur Ponsard, la transmission de la chaleur au lieu de se faire par contact, se fait par conductibilité; les briques employées sont creuses et les unes parcourues intérieurement par les gaz brûlés, transmettent la chaleur à l'air froid qui les entoure, tandis que les autres sont entourées de gaz brûlés et traversées par de l'air froid. Ce résultat est obtenu en disposant les briques comme il est indiqué dans la figure 51 et 52 et sur la planche V.

Pour bien comprendre l'appareil, il faut se le représenter comme composé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une série de cloisons verticales parallèles, disposées suivant l'axe du four : les intervalles compris entre ces cloisons servant soit à l'air froid, qui s'élève dans les parties *c* pour s'échauffer, soit aux gaz brûlés qui descendent dans les parties *b* pour se refroidir ; les intervalles *b* et *c* sont régulièrement alternés.

Ce système de cloisons formé de petites briques pleines à section carrée, est complété par une série de briques creuses disposées transversalement, qui font communiquer entre eux deux intervalles de même nature, en traversant un intervalle de nature différente. C'est ainsi que comme nous l'avons dit, les unes faisant communiquer deux compartiments d'air froid, traversent un compartiment de gaz brûlés et transmettent à l'air froid qui les traverse, la chaleur qu'elles reçoivent des gaz chauds qui les entourent ; tandis que les autres, faisant communiquer deux compartiments de gaz brûlés, s'échauffent intérieurement et échauffent l'air froid dont elles sont entourées dans le compartiment qu'elles traversent. Le mouvement des gaz dans l'appareil est donc méthodique, l'air froid ayant un mouvement ascendant, et les gaz chauds un mouvement descendant qui correspond à la meilleure utilisation de la chaleur.

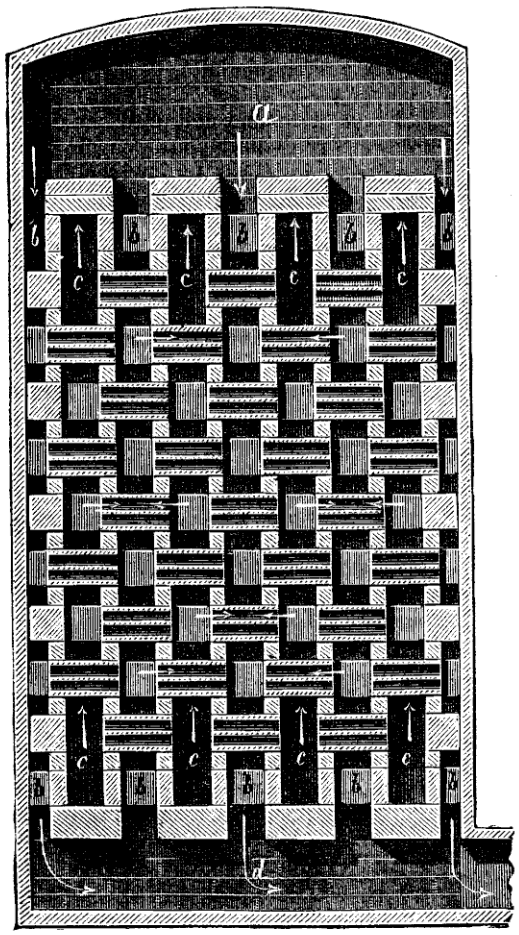



Fig. 51. — Récupérateur Ponsard (coupe verticale).

Ajoutons pour compléter la description de cet appareil, que toutes ces briques creuses, reposant par leurs extrémités sur les petites briques pleines, sont alternées pour former chicane aux courants gazeux ; que les briques n'étant jamais placées bout à bout, le récupérateur peut subir des efforts de dilatation et de contraction sans être exposé à aucune dislocation, les efforts qui s'exercent partiellement sur des pièces très-courtes, n'ont aucun effet sur les joints.

Afin de rendre les joints verticaux parfaitement étanches, chaque brique creuse porte aux points de jonction une rainure de 30 millimètres sur 3 millimètres ; de cette façon, deux briques juxtaposées présentent un vide de 30 millimètres sur 7 à 8 dans lequel on coule un mortier qui gonfle à la chaleur et forme ainsi joint étanche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le nettoyage des poussières qui s'accumulent dans l'appareil se fait par des trous ménagés dans le mur de façade et lutés pendant la marche ; on introduit par ces trous un crochet avec lequel on fait tomber les poussières en dépôt sur un fer plat que l'on dispose dans le carneau inférieur ou directement au fond de l'appareil pour le retirer par le trou de nettoyage.

Lorsqu'après un long service, les briques se sont usées et laissent filtrer les

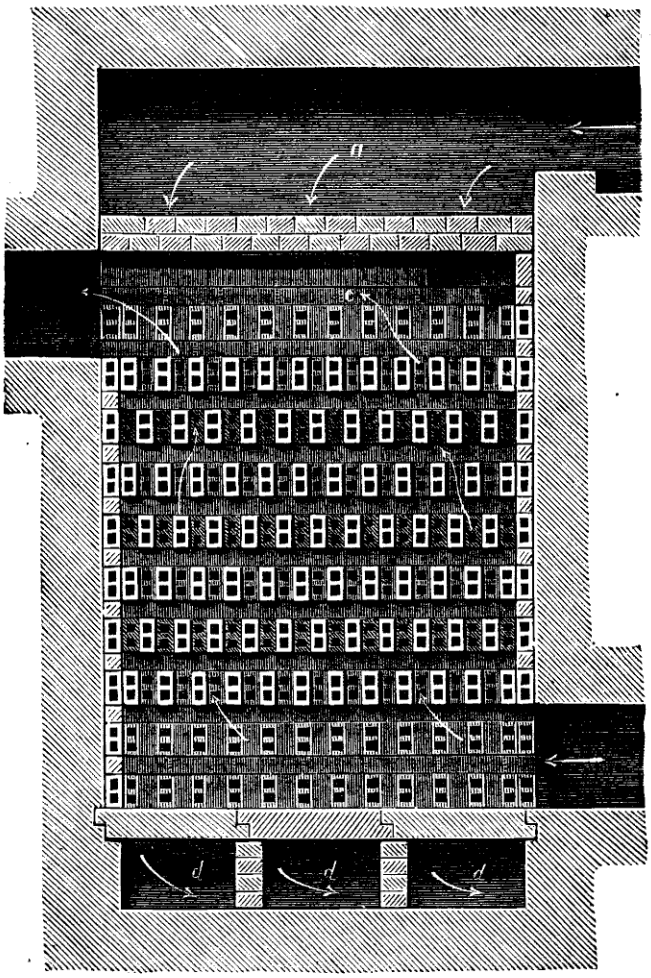



Fig. 52. — Récupérateur Ponsard (coupe verticale).

gaz, ce que l'on reconnaît à une diminution de pression dans l'appareil, on enlève le mur de façade et on construit à nouveau le récupérateur.

La durée d'un récupérateur varie suivant les applications. Pour les fours à souder, on compte aujourd'hui sur une moyenne de un an. Dans d'autres applications, la durée est beaucoup plus longue, et on pourrait citer des appareils qui sont en service depuis 3 ou 4 ans.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La construction du récupérateur Ponsard doit évidemment être faite avec grand soin; mais en revanche cet appareil a une grande puissance sous un petit volume. La surface de chauffe de l'air est d'environ 10 mètres carrés par mètre cube, et l'air atteint la température de 900° à 1000° dans les fours métallurgiques. Le poids du mètre cube de l'appareil est de 800 à 900 kilos, et le prix d'achat du mètre cube ressort à moins de 100 francs.

*Laboratoire.* — Dans le four Ponsard, le laboratoire est placé à un niveau plus haut que celui du gazogène et du récupérateur. Il en résulte que les gaz et l'air chaud débouchent dans le laboratoire avec une certaine pression, sans avoir besoin pour cela d'employer une soufflerie quelconque, et cette pression est réglée à volonté au moyen du registre de la cheminée.

La pression dans le four est utile pour empêcher l'air extérieur de pénétrer, soit par les portes, soit par les fissures de maçonnerie. Les entrées d'air qui se produisent dans les autres appareils non soufflés ont pour effet, non-seulement de refroidir le foyer, mais aussi d'exposer les matières contenues à des oxydations ou à des altérations nuisibles.

Pour nous résumer, nous voyons donc que le four Ponsard est un four à gaz à marche continue, dans lequel les gaz combustibles sont amenés au laboratoire à leur température de formation sans être refroidis comme dans le four Siemens,et sans dépôts d'hydro-carbures ni goudron.

Comme dans le four Siemens, le gaz combustible etl'air comburant arrivent au laboratoire à peu près à la même température et à la même pression, condition essentielle pour réaliser le maximum d'économie de combustible, et surtout le maximum d'économie de déchets.

Il faut noter à l'avantage du four Ponsard, son prix d'installation, qui est environ deux fois moindre que celui d'un four Siemens correspondant. De plus, il a l'avantage de se prêter à la production de la vapeur, par l'utilisation des gaz brûlés, encore chauds à la sortie du récupérateur.

Avec des chaudières Field,Belleville, placées à la suite de fours Ponsard, on arrive à une production d'environ 2 kilogr. de vapeur par kilog. de houille brûlée au gazogène.

Tandis que dans les fours Siemens, où les produits de la combustion ont à chauffer à la fois le gaz et l'air, la température de ces produits, à la sortie du régénérateur, n'est pas suffisante pour permettre l'adjonction d'une chaudière à vapeur.

Nous n'entreprendrons pas de juger le système qu'il serait préférable d'adopter, nous renvoyons à ce sujet nos lecteurs à l'intéressante discussion faite à la Société des Ingénieurs civils, et dans laquelle M. Périssé, par des calculs très-complets sur la composition du gaz provenant des gazogènes de différents systèmes, détermine le rendement des deux systèmes de fours.

Quel que soit l'appareil préféré, Siemens ou Ponsard, il est incontestable que l'avenir appartient aux appareils à gaz; la régularité que l'on peut obtenir pour la flamme en manœuvrant convenablement les registres d'admission de gaz et d'air; la nature neutre, oxydante ou réductrice que l'on peut donner à cette flamme; la parfaite utilisation du combustible résultant du même état du combustible et du comburant, de leur mélange intime qui en est la conséquence; la haute température que l'on peut obtenir et en peu de temps, sont les causes de supériorité évidente des fours à gaz qui en font généraliser l'emploi dans toutes les grandes usines.

**Gazogène soufflé, système Tessié du Motay.** (Planche VI.) — Un des avantages de l'emploi du combustible à l'état gazeux, est la possibilité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'user dans les gazogènes des combustibles de qualité médiocre. Cependant à mesure que la qualité des houilles baisse au point de vue calorifique, on se trouve amené à augmenter la surface des grilles pour avoir une production de gaz suffisante dans un temps donné, et les dimensions démesurées auxquelles on est conduit pour utiliser les combustibles de qualité inférieure, limitent l'emploi des gazogènes à grilles et à tirage naturel. Ces motifs ont fait imaginer un système de gazogène alimenté par l'air en pression, qui permet de réduire les appareils à des dimensions raisonnables, tout en produisant une quantité de gaz considérable. Cette combustion, au moyen du vent forcé, présente les avantages suivants :

Emploi de combustibles très-impurs, très-chargés en cendres, qui ne brûleraient que très-difficilement avec le seul tirage naturel. Suppression des syphons produisant aspiration d'air sous les grilles.

Liberté absolue d'établir les appareils producteurs de gaz à un niveau quelconque, par rapport aux fours, ce qui a une importance capitale dans certaines localités.

Pression du gaz produit, permettant d'augmenter la vitesse dans les conduites qui, par ce fait, peuvent être diminuées de dimension.

Enfin, production d'une température plus considérable dans les appareils métallurgiques où le gaz est employé, en raison même de la pression avec laquelle il y arrive.

L'échec que présentait la solution du problème, consistait tout entier dans la difficulté du décrassage qui croît avec l'impureté des combustibles. La continuité de marche essentielle à des appareils de ce genre, exige en effet, que les arrêts nécessaires pour le nettoyage des grilles, soient aussi courts que possible, ce résultat est obtenu d'une manière complète par les gazogènes soufflés, système Tessié du Motay, dont nous avons vu l'installation aux forges de MM. de Wendel à Hayange, où leur usage donne toute satisfaction.

Nous en donnons un dessin pl. VI.

Une capacité A en forme de tronc de cône, construite en briques avec une chemise extérieure en tôle, est fermée à sa partie supérieure par un appareil en fonte B analogue à celui qui sert à la fermeture des gueulards de hauts-fourneaux. La sole est formée de briques réfractaires, présentant des rainures longitudinales qui se prolongent jusqu'au dehors, laissant entre elles des saillies H, H, H. Chacune de ces rainures est terminée à ses deux extrémités par des boîtes en fonte I, pourvues d'un clapet J, qui les bouche hermétiquement. Chaque boîte reçoit un tuyau K, communiquant avec un tuyau circulaire L, amenant le vent d'un tuyau M, mis en rapport avec une machine soufflante ou un ventilateur. Le gaz produit sort par l'ouverture D ménagée à la partie supérieure de la cornue et se rend par l'intermédiaire de la boîte à soupage E, dans une conduite générale de gaz F.

La boîte à soupape E présente au gaz qui entre par l'ouverture D deux orifices de sortie : l'un F conduit aux fours, l'autre G communique directement avec l'atmosphère. Une chaîne met à la portée de l'ouvrier la manœuvre des deux clapets qui commandent ces orifices ; une poulie de renvoi convenablement disposée, fait que lorsqu'on ouvre le clapet N, on ferme en même temps le clapet O et réciproquement.

Une batterie comprend une série de ces cornues situées à côté les unes des autres ; leur fonctionnement a lieu de la manière suivante :

Au milieu de la batterie se trouve un élévateur à godets qui monte le charbon menu jusqu'au niveau du gueulard de la cornue, où il est reçu dans des petits wagonnets qui vont le distribuer aux différentes cornues.

La cuve étant remplie aux deux tiers environ de combustible, et le feu ayant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

été mis par le bas, on ferme le gueulard et le clapet O; on ouvre le clapet N et on donne le vent. Une combustion rapide se produit dans la rainure de la sole et dans la partie située immédiatement au-dessus il se forme de l'acide carbonique qui se décompose en oxyde de carbone au contact de la couche de combustible qu'il traverse en même temps que les éléments volatils distillent.

Le gaz remplit les conduites générales ou s'emmagasine, dans un gazomètre, et va de là aux foyers où il doit être employé. Au bout d'un certain temps qui varie avec la nature et la quantité de combustible, les rainures de la sole se remplissent de cendres qu'il faut retirer. On arrête le vent, on ferme le clapet N, on ouvre le clapet O pour permettre à la petite quantité de gaz qui se produit encore de s'échapper dans l'atmosphère, et on enlève rapidement les bouchons J. On retire alors avec de petits râbles par toutes les boites 1 les cendres et les mâchefers qui s'y sont accumulés; le nettoyage se fait en dix minutes avec deux ouvriers. Pour la commodité du service, on fait tomber les cendres dans un petit wagonnet qui les emmène au dépôt de cendres; les ouvriers sont protégés contre la chaleur par une tôle suspendue au chariot. Ce travail terminé, on replace les bouchons garnis de lut, on ferme le clapet O, on ouvre le clapet N, et on redonne le vent.

L'avantage que présentent ces gazogènes de pouvoir brûler tous les combustibles en faisant varier la hauteur de la cuve et la pression du vent, les rend très-précieux dans l'industrie.

Outre leur utilisation évidente pour les fours à puddler et à réchauffer, l'inventeur en propose d'autres explications ; il les considère comme pouvant secourir d'une manière très-avantageuse les appareils à air chaud des hauts-fourneaux qui, lorsqu'un dérangement se produit dans l'allure du fourneau nécessitant le libre dégagement des gaz au gueulard, ne sont plus à même d'alimenter d'air chaud les tuyères, précisément au moment où il serait important de maintenir une haute température dans le fourneau; dans ce cas, des gazogènes spéciaux capables comme ceux que nous venons de décrire d'être rapidement mis en marche, pourraient être d'un très-grand secours.

L'inventeur considère encore cet appareil comme pouvant servir de producteur d'un gaz riche en hydrogène libre : en effet, si dans un groupe de deux gazogènes en activité, on ferme dans l'un d'eux l'accès de l'air et qu'on y injecte de la vapeur d'eau, cette eau sera décomposée en oxygène qui se combinera au charbon pour faire de l'oxyde de carbone et en hydrogène qui restera libre. Cette décomposition produisant un refroidissement considérable ne peut être prolongée longtemps. On fait alors alterner les appareils, les uns fournissant de l'oxyde de carbone, les autres un mélange des deux gaz. On obtient ainsi un gaz éminemment combustible et qui, par barbotage dans des carbures liquides, peut devenir éclairant. Ce dernier procédé est employé à New-York par la Municipal Gaz Light Company, qui éclaire ainsi une grande partie de la ville.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LE CUIVRE [1]

**Minerais.** — Les principaux minerais de cuivre sont : le cuivre natif, le cuivre oxydulé, le cuivre oxydé noir, le cuivre carbonaté bleu et vert, le silicate de cuivre, le sulfure de cuivre, les cuivres pyriteux et panachés, le cuivre gris.

*Le cuivre natif* se rencontre surtout dans l'Amérique du Nord, aux mines du lac supérieur, dans quelques exploitations de l'Amérique du Sud, au Chili, au Pérou et dans la Bolivie, ou encore dans l'Oural; en dehors de ces provenances on ne le trouve plus qu'accidentellement et mêlé à d'autres minerais de cuivre, comme dans le Sud de l'Espagne, dans le Cornouailles et sur quelques autres points.

Tel qu'il est le plus communément expédié de l'Amérique du Sud, ce minerai est en très-petits grains mélangés d'une certaine quantité de gangues terreuses, de pyrite de fer et quelquefois même de pyrites arsenicales (Corocoro).

La densité du cuivre natif est de 8,788; il est en général très-pur et a par conséquent la couleur et la ductilité du cuivre.

*L'oxydule de cuivre* a une composition chimique répondant à la formule $Cu^2O$ et dans ce cas la teneur est de 88,78 % de cuivre. L'oxydule de cuivre se présente sous l'aspect de masses cristallines, avec ou sans cristaux déterminés et en masses terreuses. Dans le premier cas, il est généralement en filons distincts, quelquefois cependant, comme au lac supérieur, il apparaît comme le résultat de l'altération du cuivre métallique. En masses terreuses, il est mélangé d'une façon très-inégale à des gangues en général ferrugineuses; tels sont les gisements d'oxydule en Sibérie; leur richesse varie de 4 jusqu'à 40 % de cuivre.

La densité de ce minéral est d'environ 6.

*Le cuivre oxydé noir* répond à la formule $Cu\ O$ et $Cu\ O + HO$, suivant qu'il y a eu ou non hydratation. La teneur théorique varie parallèlement de 79,82 % à 65,05 % de cuivre métallique. La densité est un peu supérieure à 6.

Le cuivre oxydé noir est rarement assez abondant pour donner lieu à des exploitations importantes, comme exception on pourrait citer le gisement de Cupper Harber (lac supérieur).

*Les Cuivres carbonatés* que l'on rencontre en quantité exploitable sont :

1° La variété bleue $3\ Cu\ O + 2\ Co^2 + Ho$ contenant 69,13 % de $Cu\ O$ et dont la densité varie de 3,50 à 3,80.

2° La variété verte $2\ Cu\ O + Co^2 + Ho$ contenant 71,9 % de Cu O et dont la densité est d'environ 3,7.

Ces deux variétés sont souvent ensemble soit disséminées aux affleurements des filons de cuivre pyriteux et de cuivre gris, dont elles sont alors une altération, soit en amas plus ou moins considérables donnant lieu à une exploitation distincte. La variété verte notamment se présente quelquefois en gisements importants, comme en Sibérie (malachite) et sur la côte occidentale de l'Afrique; on l'a trouvée encore en masses assez grandes à Chessy en France, dans l'Amérique du Sud, dans le Tyrol, en Angleterre, etc., etc., on a également pu exploiter le cuivre carbonaté bleu, à Chessy, en Sibérie, dans le Banat, et dans l'Amérique du Sud.

---

(1) Voir page 89.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Les hydro-silicates de cuivre* ont une composition assez variable; ils contiennent en général près de 30 à 40 % d'oxyde de cuivre; ils sont le plus souvent mélangés à d'autres minerais de cuivre et se rencontrent dans beaucoup de gisements de l'Oural, du Chili et du lac supérieur; la densité est de 3,3 environ.

*Les sulfures de cuivre* existent en veines assez puissantes dans le Cornouailles, en Sibérie et au Chili; la composition la plus ordinaire correspond à la formule $Cu^2 S$ contenant de 75 à 80 % de cuivre. La densité est ordinairement de 5,5 à 5,8. Les sulfures de cuivre sont quelquefois argentifères comme cela se présente en Sibérie et au Chili.

*Les cuivres pyriteux et panachés* sont des composés en proportions variables de cuivre, de fer et de soufre. Le cuivre pyriteux se rapproche plus ou moins de la formule théorique $Cu^2 S + Fe^2 S^3$ correspondant à la composition suivante :

| | |
|---|---|
| Cuivre | 34,80 |
| Fer | 29,90 |
| Soufre | 35,30 |

Le cuivre panaché n'a pas une composition aussi définie; quelques cristaux ont donné :

| | |
|---|---|
| Cuivre | 56 à 62 |
| Fer | 15 à 12 |
| Soufre | 29 à 26 |

En masse compacte ces deux minerais s'éloignent de ces teneurs un peu théoriques, notamment le cuivre panaché dans lequel la proportion du cuivre s'élève quelquefois jusqu'à plus de 70 %.

Le cuivre panaché peut donc devenir un minerai très-riche; les gisements les plus connus sont ceux de Californie et de Toscane; quant au cuivre pyriteux, malgré sa teneur en cuivre plus faible, il doit être considéré comme le minerai de cuivre le plus important. Il se présente en certains cas en masses très-considérables, notamment à Rio Tinto, à Huelva (Espagne), à Agordo (Vénétie), à Fahlun (Suède), dans le Cornouailles, en Toscane, aux États-Unis, etc., etc. Mais en général il est mélangé dans les filons à de la pyrite de fer, à de la blende, à du cuivre gris, à des gangues diverses et la teneur en cuivre ne ressort guère qu'à 3 à 5 % de la masse totale. La densité du cuivre pyriteux est de 4,1 à 4,3; celle du cuivre panaché atteint 4,4 et 5.

*Les cuivres gris* sont des arsenico et antimonio sulfures de cuivre et de fer; ils constituent les minerais de cuivre les plus complexes, contenant souvent à la fois du zinc, du plomb, de l'argent et même du mercure, du nickel et du cobalt mélangés au cuivre; pour ne parler que des minerais propres du cuivre et non argentifères, voici quelle serait par exemple, d'après Rivot, la composition de quelques cuivres gris.

| | CORNOUAILLES. | FREYBERG. | FREYBERG. | MEXIQUE. |
|---|---|---|---|---|
| Soufre | 30,25 | 28,11 | 10,00 | 17,80 |
| Antimoine | » | » | » | 28,30 |
| Arsenic | 12,46 | 18,87 | 24,10 | » |
| Cuivre | 47,70 | 41,07 | 41,00 | 13,30 |
| Fer | 9,75 | 2,22 | 22,50 | » |
| Zinc | » | 8,90 | » | » |
| Plomb | » | 0,34 | » | 40,20 |
| | 100,16 | 99,51 | 97,60 | 99,60 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les cuivres gris, par leur composition, sont toujours d'un traitement métallurgique assez difficile. Aussi ne sont-ils généralement recherchés que quand leur teneur en métal précieux devient importante. La densité des cuivres gris varie de 5,7 à 5,9.

Tels sont les principaux minerais de cuivre; on peut ajouter, quant à leur répartition dans les pays producteurs, que plus des 3/5 sont fournis par le nouveau monde. Les centres d'exploitation les plus importants se trouvent au Chili (1), où l'on ne compte pas moins de 1,500 à 2,000 mines de cuivre occupant plus de 20,000 ouvriers; aux États-Unis, avec les gisements des grands lacs, du Maryland, de la Pensylvanie, du Massachussett et de l'État de New-York, sans omettre la Californie qui donnait déjà en 1870 plus de 30,000 tonnes de minerais.

En Europe, c'est d'abord la Grande-Bretagne, avec ses gisements du Cornouailles et du Devonshire; viennent ensuite la Russie, la Suède, l'Autriche, la Prusse, l'Espagne et l'Italie.

Parmi les pays producteurs de cuivre, l'Angleterre tient incontestablement le premier rang. Depuis longtemps, en effet, elle ne se contente pas du traitement de ses propres richesses métalliques, elle a concentré dans ses grandes usines de Swansea l'élaboration d'une quantité énorme de minerais, de mattes ou de cuivres noirs qui lui sont envoyés de tous les points du globe (2); mais il faut ajouter que cette importante industrie n'a pas la même prospérité qu'autrefois. Le Chili arrive peu à peu à traiter ses minerais sur place et les États-Unis, de leur côté, suppriment leur exportation et s'efforcent même à leur tour d'attirer chez eux minerais et produits intermédiaires qui prenaient autrefois la route des ports anglais. L'Angleterre a donc à compter maintenant avec les nouvelles usines chiliennes, celles de Barnucillo, Carrisal, Guayacan, Lota et d'autres encore qui retiennent au passage une bonne partie des minerais du pays, en même temps elle doit lutter avec la concurrence américaine à Pittsburg, Baltimore et Boston pour les produits fabriqués.

A côté de ces centres principaux de production la France présente malheureusement une infériorité incontestable comme le montrent les tableaux ci-dessous tirés de la statistique officielle.

| | | 1867 | 1868 | 1869 | 1870 | 1871 | 1872 | 1873 | 1874 | 1875 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Production en minerais. | q.m. | 755,082 | 811,333 | 925,198 | 49,140 | 67,569 | 76,526 | 46,000 | 44,000 | 54,000 |
| | fr. | 1,697,146 | 1,701,191 | 1,774,101 | 91,950 | 128,090 | 129,119 | 157,000 | 132,000 | 286,000 |
| Production en cuivre et laiton. | q.m | 200,163 | 219,330 | 218,591 | 177,407 | 211,338 | 214,554 | 215,000 | 229,000 | 239,000 |
| | fr. | 46,507,269 | 59,725,820 | 43,419,067 | 37,640,603 | 50,443,621 | 54,636,291 | 52,000,000 | 54,900,000 | 55,440,000 |

Du moins, retire-t-on de la lecture de ces chiffres que le travail métallurgique a conservé une certaine activité qui s'accroît même dans une certaine mesure; seulement il en faut conclure également que cette activité se développe grâce à

(1) L'exportation des produits de mines a été en 1874.

| | T |
|---|---|
| Regulus de cuivre | 3543,761 |
| Minerai de cuivre | 315,037 |
| Cuivre en barre | 8143,661 |

(2.) L'importation de minerai était environ de 100,000 tonnes il y a une dizaine d'années; 1/4 était de provenance chilienne. — Il y avait en plus les importations de mattes et cuivres noirs dont le Chili seul fournissait près de 50,000 tonnes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'introduction croissante de minerais ou produits divers étrangers au grand détriment de la production des mines françaises dont l'abandon paraît être à peu près complet.

La vente des minerais de cuivre en France, n'offre rien de particulier; mais voici quelques renseignements sur la vente des minerais de cuivre dans les usines saxonnes de Freyberg; les matières et les minerais contenant du cuivre en même temps que de l'or ou de l'argent sont payés, dans le tarif de juillet 1873, pour ce qui regarde la teneur en cuivre, suivant les taux proportionnels indiqués au tableau ci-dessous.

| TENEUR en cuivre des matières. | PAIEMENT par quintal 50 kilog. de cuivre. | PRIX par quintal des matières. | TENEUR en cuivre des matières. | PAIEMENT par quintal 50 kilog. de cuivre. | PRIX par quintal des matières. |
|---|---|---|---|---|---|
| pour cent. | marcs. | marcs. | pour cent. | marcs. | marcs. |
| 1 | 27 | 0,27 | 16 | 49,50 | 7,92 |
| 2 | 30 | 0,60 | 17 | 50,30 | 8,55 |
| 3 | 32,60 | 0,97 | 18 | 51 | 9,18 |
| 4 | 34,90 | 1,39 | 19 | 51,80 | 9,84 |
| 5 | 37,10 | 1,85 | 20 | 52,20 | 10,44 |
| 6 | 39 | 2,34 | 21 | 52,50 | 11,02 |
| 7 | 40,50 | 2,83 | 22 | 52,90 | 11,63 |
| 8 | 42 | 3,36 | 23 | 53,20 | 12,23 |
| 9 | 43,5 | 3,91 | 24 | 53,60 | 12,86 |
| 10 | 45 | 4,50 | 25 | 54 | 13,50 |
| 11 | 45,80 | 5,03 | 30 | 55,10 | 16,53 |
| 12 | 46,50 | 5,58 | 40 | 57,30 | 22,92 |
| 13 | 47,30 | 6,14 | 50 | 58,50 | 29,25 |
| 14 | 48 | 6,72 | 60 | 59,60 | 35,76 |
| 15 | 48,80 | 7,32 | 70 | 60,70 | 42,49 |

**Traitement métallurgique.** — Le traitement des minerais de cuivre se fait par voie sèche ou par voie humide; en général le premier mode de traitement s'emploie avec des minerais de teneur moyenne ou élevée; le second, appliqué seul ou doublé de quelques opérations de la voie sèche, est réservé aux minerais de faible teneur, surtout dans le cas de minerais oxydés.

MÉTHODES PROCÉDANT PAR VOIE SÈCHE. — Les procédés d'élaboration de la *voie sèche* peuvent être groupés en deux méthodes principales : la *méthode anglaise ou galloise* et la *méthode allemande* ou *continentale*.

Prises dans leur ensemble, ces méthodes ont ce trait commun qu'elles comprennent toutes deux une succession de grillages et de fusions qui enlèvent peu à peu le soufre et les matières étrangères; mais elles offrent des particularités caractéristiques; la méthode anglaise emploie exclusivement le four à réverbère, elle procède plus rapidement mais réclame des manipulations plus complexes et des ouvriers plus habiles; elle se termine par une opération où la réduction des produits à l'état métallique s'obtient par une double décomposition des combinaisons oxygénées et sulfureuses. La méthode anglaise se justifie par la nature ordinaire des minerais traités, minerais riches, purs et de composition variée.

La méthode allemande au contraire est plus lente, elle procède par des opérations de grillage puis de fusion qui sont conduites dans des appareils différents. Le grillage se fait en général en tas, ou mieux dans des stalles; la fusion, dans des fours à cuve ou à manche. On peut dire que cette dernière

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

méthode grâce à sa lenteur et au groupement judicieux de ses opérations, est préférable pour des minerais pauvres et impurs; elle est également plus économique dans les pays où l'approvisionnement en combustible de grille est difficile ou coûteux.

En somme *la méthode allemande*, si l'on prend pour exemple ce que l'on pratique au Hartz pour minerais sulfurés impurs, comprendra la série d'opérations suivante :

1° Le grillage du minerai en tas de 50 à 100 tonnes.

2° La fonte pour matte crue avec mélange du minerai à des scories de la fonte suivante et des fondants convenablement calculés. La matte obtenue contient de 25 à 35 % de cuivre.

3° Le grillage de la matte crue (grillage en général à 3 feux).

4° Une fonte de concentration de matte crue grillée ce qui élève la teneur à 45 ou 50 % de cuivre.

5° Le grillage de la matte concentrée, grillage qui se fait plus complétement que les précédents; on va jusqu'à 5 ou 6 feux au lieu de 3.

6° La fonte pour cuivre noir, ce qui donne de la matte mince à 65 % de cuivre, un peu de cuivre noir impur et des scories à 1,5 % de cuivre.

7° Le grillage de la matte mince à 7 ou 8 feux.

8° Une nouvelle fonte, pour cuivre noir et matte mince, qui donne encore partie matte mince et partie cuivre noir.

9-10° Nouveau grillage et nouvelle fusion.

11-12° Premier affinage du cuivre noir (ou spleisen) et affinage proprement dit au bas foyer.

Quant aux deux opérations de grillage et de fusion, elles n'offrent aucune difficulté d'exécution particulière, étant donné le résultat qu'on se propose d'obtenir. Dans le grillage on se contente de mélanger le minerai et le combustible, minéral ou végétal, par stratifications successives dont la disposition réserve soigneusement l'accès de l'air. La proportion du combustible et le nombre successif des opérations sont déterminés par le degré d'avancement que l'on veut atteindre dans le grillage.

Pour la fusion, les matières convenablement dosées et bien mélangées sont chargées à la partie supérieure du four, par couches alternant avec le combustible; le vent est donné sous pression à la partie inférieure; un trou de coulée situé vers le bas permet d'évacuer les matières fondues.

Dans tous les cas ainsi qu'il a été déjà dit, les grillages sont faits en stalles et les fusions dans les fours à manche. Le traitement des minerais de cuivre à Atvidaberg est une application de méthodes allemandes; on en trouvera l'exposé dans l'étude sur l'Exposition de 1867.

De son côté, la *méthode anglaise* comprendrait par exemple :

1° Le grillage du minerai au réverbère ce qu'on appelle aussi, improprement, la calcination.

2° La fonte pour matte crue au réverbère.

3° Le grillage de la matte crue, également au réverbère.

4° La fonte pour matte riche d° d°

5° Le rôtissage de la matte que l'on répète quelquefois pour produire une épuration plus complète.

6° L'affinage et le raffinage.

Toutes ces opérations sont conduites dans des fours à réverbère dont les dimensions et la forme sont appropriées au travail que l'on a en vue.

Diverses modifications sont en voie de s'introduire aujourd'hui en Angleterre



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

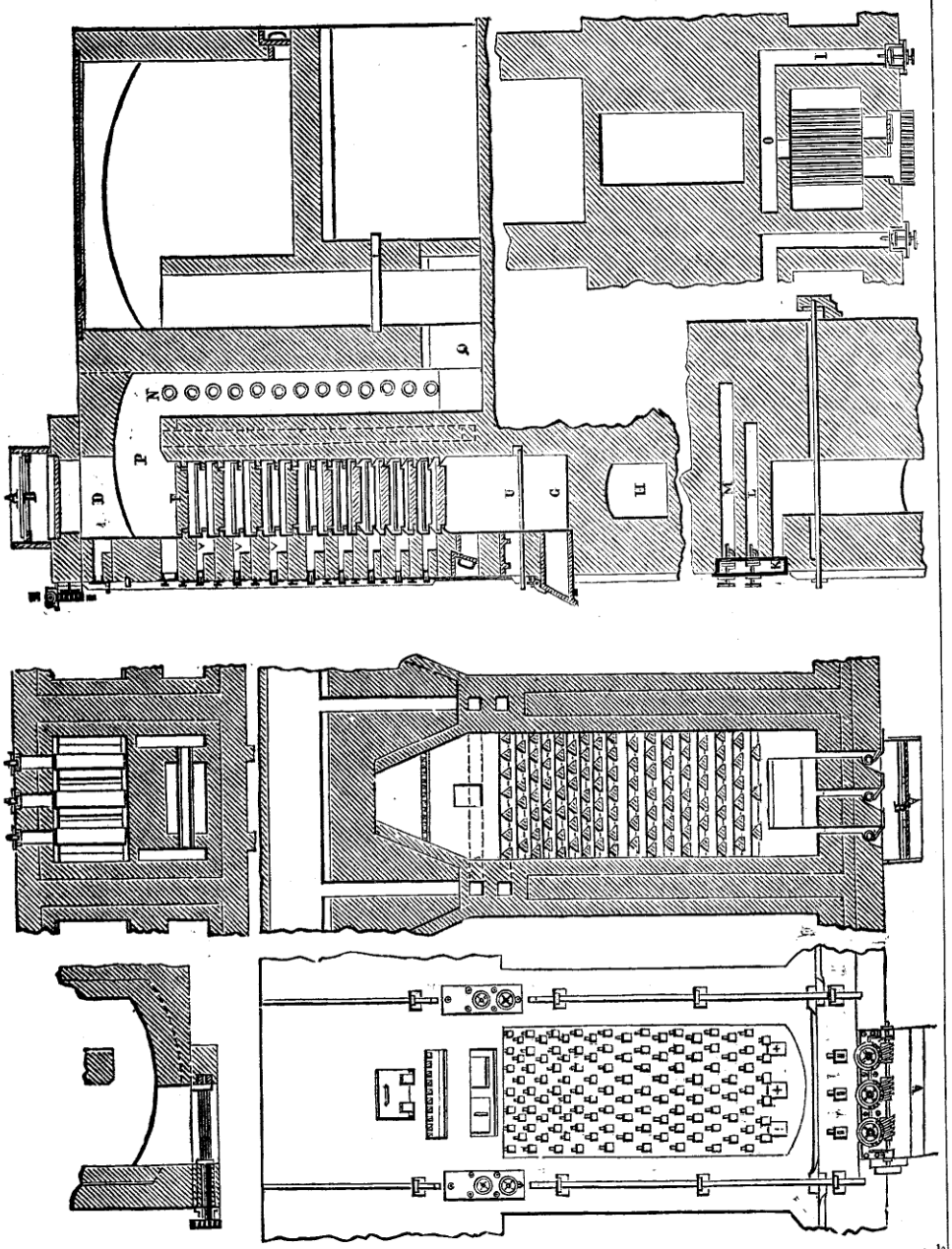


Fig. 1. — C coupe longitudinale; vue de face; coupe transversale; A B trémie distribuant le minerai; F, gradins recevant le minerai; N, conduits où se chauffe l'air qui débouche par I; Q, passage conduisant aux chambres de plomb; L grille de chauffage pour le début de l'opération.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans cette méthode générale ; on arrive peu à peu à une méthode mixte qui donne une certaine économie de combustible et qui permet d'utiliser le soufre enlevé par le grillage, cette nouvelle méthode pourrait se résumer comme suit :

1° Le grillage avec fours spéciaux (fours Spence et Gerstenhofer) qui permettent de recueillir l'acide sulfureux dans les chambres de plomb et de le transformer, en acide sulfurique (1).
2° La fonte du minerai grillé au four à manche.
3° Le grillage de la matte en tas ou au four à réverbère.
4° La fusion pour cuivre noir au four à manche.
5° L'affinage et le raffinage au four à réverbère.

En un mot on conserve le four à réverbère pour les opérations qui réclament un facile accès d'air, en même temps qu'une chaleur quelquefois assez intense et l'on préfère pour la fusion le four à manche dans lequel le contact avec le combustible permet l'utilisation bien plus complète des calories qu'il développe.

Les fours Spence et Gerstenhofer, dont il est question pour le grillage des minerais, ont permis de réaliser d'importantes économies grâce à l'utilisation du soufre pour la fabrication de l'acide sulfurique; il ne sera donc pas sans intérêt d'en dire quelques mots.

*Le four Spence* est une variété de four à réverbère, il se compose d'une aire de $2^m,75$ de large environ, sur $6^m$ de long, légèrement inclinée vers le foyer. Le minerai chargé à la partie supérieure est ramené peu à peu vers la région la plus chaude en progressant en sens inverse des gaz ; l'avancement est d'environ $1^m$ à $1^m,25$ par heure ; on rable les matières toutes les deux heures et l'on traite environ 6 à 8 tonnes par charge qui dure 12 heures; le four Spence permet d'obtenir un travail continu et méthodique, les produits du grillage sont homogènes grâce à l'action progressive de la chaleur sur le minerai.

*Le four Gerstenhoffer* présente une originalité bien plus caractéristique que le précédent; il offre en particulier l'avantage de permettre la suppression presque complète du chauffage à l'aide d'un foyer spécial; celui-ci existe dans le four mais n'est utilisé qu'au début de l'opération; une fois le four chauffé, la combustion seule du soufre suffit pour entretenir la température nécessaire au grillage. La figure ci-contre donne la disposition du four; on voit qu'il consiste en une chambre verticale, construite en briques réfractaires et pourvue d'une série de gradins horizontaux également en terre réfractaire. Des trémies, convenablement agencées pour que leur débit soit régulier, alimentent le four de minerai en poussière qui tombe depuis le haut, de gradin en gradin, jusque vers les régions les plus chaudes en abandonnant peu à peu à l'état d'acide sulfureux la majeure partie du soufre qu'il contient. Les gaz en s'échappant échauffent des conduits où circule de l'air refoulé sous pression qui vient ensuite déboucher dans le bas du four pour servir à la combustion ; cette disposition permet de réaliser plusieurs avantages :

La surface des grains de minerai exposée à l'air est incessamment renouvelée, il y a donc un contact plus intime des matières à griller avec l'élément oxydant.

La distribution mécanique du minerai donne une grande régularité en même temps que la continuité dans le travail et une économie notable de main-d'œuvre.

Le tirage artificiel permet de son côté de proportionner sans inconvénient le volume d'air entré et la quantité de minerai à griller.

(1) La fabrication de l'acide sulfurique s'est surtout développé en Angleterre et en Belgique; elle a dépassé en Angleterre 300,000 T. par an.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin on utilise une bonne partie de la chaleur développée par la combustion du soufre ce qui produit une économie importante sur le combustible ordinairement nécessaire dans le grillage.

Quelques mots maintenant sur chacune des opérations de la *méthode anglaise* ordinaire.

Le premier grillage terminé, les matières sont mélangées avec des scories de la fonte de concentration ou de la fusion pour cuivre noir et traitées pour matte dans un four à réverbère. Dans la première fusion, pour matte, les opérations se succèdent en général pendant toute la semaine sans interruption à raison de 5 et même de 6 charges par jour; on produit la fusion avec flamme peu oxydante; les oxydes et les sulfures réagissent les uns sur les autres, le fer passe en grande partie dans la scorie cédant son soufre aux autres métaux; ceux-ci se retrouvent dans la matte.

On peut admettre à titre d'exemple que cette première matte « dite matte bronze » contient déjà 10 à 12 % de cuivre; on la reçoit dans l'eau à la sortie du four pour la grenailler et rendre son grillage ultérieur plus facile.

*Lorsque la matte bronze a été grillée* dans un four à réverbère on la soumet à une nouvelle fusion, en cherchant à produire une oxydation lente à basse température; on termine par un coup de feu qui sépare nettement la scorie et l'on coule une matte dont la teneur en cuivre s'est élevée déjà dans les environs de 30 %; cette opération est plus longue que la première fusion, on ne fait guère que six charges par semaine et chacune est de 3 tonnes à 3 tonnes et demie.

*La nouvelle fonte de la matte grillée* se fait en vue de matte plus riche, matte bleue, ou de cuivre noir; on mélange la matte grillée à du minerai riche, carbonaté, dans la proportion d'environ poids pour poids et on ajoute quelques scories d'affinage. La charge est d'environ 5 tonnes; l'opération dure 6 heures, elle se fait dans le four de fusion du minerai et se conduit de même; on coule la matte après deux charges, celle-ci a déjà la teneur de 70 à 80 % de cuivre; aussi a-t-on soin d'avoir des scories bien fluides pour éviter le déchet par entraînement de grenailles dans la scorie.

*Le Rôtissage* a pour but une sorte de purification que l'on produit à l'aide d'une fusion lente et progressive qui dure près de 16 heures. La fusion obtenue, on ferme le four et on donne un bon coup de feu pour assurer une fluidité complète dans toute la masse; on agite alors le bain, on écume les scories riches qui ont été formées et on coule le cuivre. La durée totale de l'opération est d'environ 20 à 24 heures pour 3, 5 tonnes de matte, le produit obtenu est un cuivre brut appelé quelquefois le cuivre à ampoules; la présence des ampoules est un indice de la pureté du métal.

L'*affinage* et le *raffinage* se font dans des fours de disposition analogue à celle des fours de fusion mais généralement moins grands et ne possédant que trois ouvertures: le foyer, la porte latérale de chargement et la porte de travail par laquelle se fait aussi, à l'aide de cuiller, l'enlèvement du métal raffiné. Le but de l'opération est d'enlever les métaux restés mélangés au cuivre en les oxydant et en les faisant passer dans la scorie; pour y parvenir on est nécessairement amené à oxyder en même temps une certaine quantité de cuivre ce qui donnerait au produit final un aspect terne, un grain inégal et le rendrait cassant; on évite cet inconvénient en mélangeant au bain, vers la fin de l'opération, une certaine quantité de charbon; l'oxyde formé est réduit et le cuivre redevient tenace et malléable, seulement il faut éviter en même temps un autre écueil, la formation d'un carbure de cuivre; aussi, quelques moments avant de couler, multiplie-t-on le nombre des prises d'essai et dans tous les cas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'arrête-t-on un peu avant l'enlèvement complet de tout l'oxyde d'abord formé.

L'*affinage* et le *raffinage* sont conduits de façon à produire 5 à 6 tonnes de cuivre en 12 heures; le métal obtenu est coulé en lingots et prend les dénominations de « best selected » ou « cuivre rosette, cake copper », suivant le degré de pureté; le premier peut encore contenir un peu de fer, 0,10 à 0,15 %, mais ne doit pas avoir traces de plomb ni d'antimoine; le cuivre rosette contient souvent de 0,10 à 0,15 de plomb et 0,04 à 0,06 d'antimoine.

**Méthodes procédant par voie humide.** — Le traitement par voie humide peut être employé seul ou concurremment avec un certain nombre des opérations de la voie sèche. Dans tous les cas on ne traite par voie humide que les minerais pauvres dont les gangues ne sont pas attaquables par les acides employés.

La dissolution du cuivre est obtenue par différents procédés.

On peut commencer par *sulfatiser* à l'aide d'un grillage convenablement conduit, puis on dissout par l'eau les sulfates formés.

Dans d'autres circonstances on a préféré *attaquer directement par des acides* et pour cela deux variantes ont été appliquées qui ne diffèrent d'ailleurs que par ce détail que l'acide employé est préparé à l'avance ou est produit au contact même du minerai (Stadtberg).

On traite par les acides les minerais oxydés naturels ou les minerais sulfurés déjà oxydés par un grillage.

Quelle que soit d'ailleurs la façon dont la dissolution du cuivre est effectuée celui-ci est ensuite précipité par de la ferraille ou de la fonte, le produit obtenu est le « cuivre de cément ».

L'emploi de la voie humide est assez répandu; on trouve cette méthode en particulier à *Agordo*, à *Mülbach* dans le Tyrol, à *Espedal Nickel* en Norwège, à *Stadtberg* en Westphalie, à *Mona mine*, à *Rio Tinto*, à *Huelva* en Espagne.

Quelques mots sur la méthode spécialement appliquée à Agordo où l'on est parvenu, grâce à certaines manipulations qui sont même assez en dehors du procédé de la voie humide, à traiter avec profit des minerais sulfurés qui ne contiennent pas plus de 1,5 % de cuivre. Il y a donc là un exemple qui peut donner lieu à une application fructueuse sur certains des minerais de cuivre français abondonnés aujourd'hui ou vendus au dehors.

*Méthode d'Agordo.* — Le côté caractéristique de la méthode consiste dans le grillage des minerais pauvres; cette opération est conduite avec une extrême lenteur, on l'arrête quand il reste encore dans le cœur des noyaux une notable proportion du soufre qui s'y trouvait contenu.

Grâce à l'effet gradué du grillage, une partie du soufre est sulfatisée et une autre est éliminée à l'état de vapeur; celle-ci est condensée et recueillie, ce qui donne un premier produit marchand; mais, en même temps, et c'est là le point important, il s'est produit dans l'intérieur même du noyau de minerai un transport moléculaire du cuivre vers le centre où se trouve le soufre en excès, on obtient donc des morceaux dont la périphérie est sensiblement appauvrie, tandis que le cœur atteint une teneur en cuivre beaucoup plus grande que celle du minerai primitif.

Cette périphérie terreuse et pauvre, est enlevée par un cassage et un triage à la main; on la traite par voie humide, tandis que les noyaux vont rejoindre les minerais naturels riches pour être fondus dans un four à manche.

Le procédé de la voie humide, appliqué aux parties pauvres, comprend une série de lexiviations successives très-méthodiques qui se terminent par un nouveau grillage et un dernier lessivage avant le rejet des matières comme stérile; on arrive à des eaux chargées de sulfates de fer et de cuivre, que l'on décante

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

puis concentre et où l'on précipite le cuivre avec du fer, ou mieux avec de la fonte comme à Rio Tinto et à Stadtberg; on obtient ainsi une matière pulvérulente que l'on sèche et passe à la fusion pour cuivre noir; cette matière contient d'après M. Petitgand les éléments suivants :

55 °/₀ de cuivre à 55 ou 60°/₀ de métal pur (Grassure).
12 °/₀ de cuivre à 10 °/₀ de métal pur (Brumini).
33 °/₀ de cuivre pur.

Quant aux eaux-mères, on les concentre par évaporation naturelle dans des ateliers bien aérés et l'on obtient la cristallisation des sels de fer.

*Le traitement métallurgique* proprement dit d'Agordo, comprend dans son ensemble la fonte crue des minerais, le grillage des mattes obtenues, la fonte

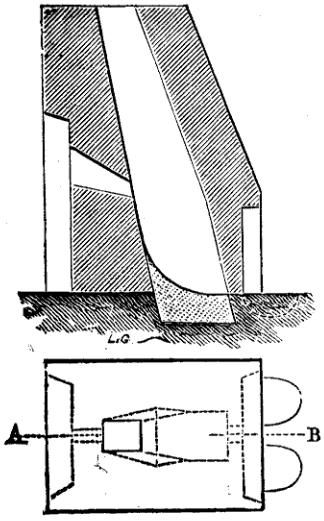



Fig. 2. — Four pour fonte crue; coupe verticale, échelle de 8 mill. par mètre.

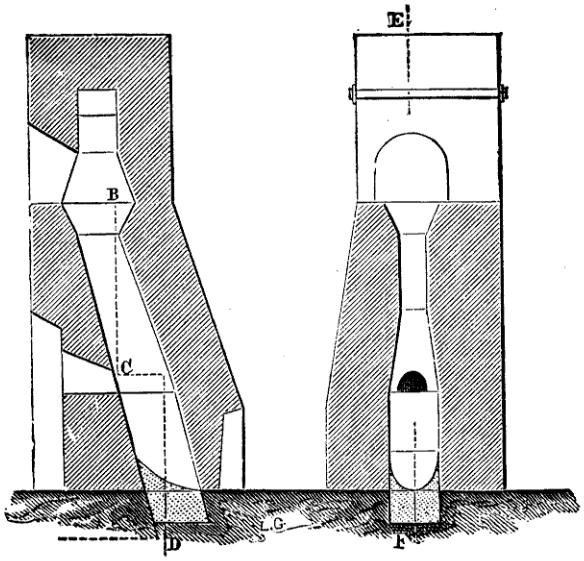



Fig. 3. — Four de fusion pour cuivre noir; coupes verticales; échelle de 8 mill. par mètre.

pour cuivre noir, opération où l'on passe le cuivre de concentration obtenu par voie humide, enfin l'affinage et le raffinage.

*La première fonte* est généralement obtenue dans des demi-hauts fourneaux dont la disposition est donnée dans la fig. 2. La forme caractéristique est l'inclinaison de la poitrine et de la warme de l'arrière à l'avant, ce qui a pour but d'augmenter la durée du séjour des matières et de graduer l'impression de la chaleur; vers le haut la section est rétrécie et terminée par une sorte d'entonnoir aidant au chargement; une seule tuyère, lançant le vent sous la pression de 1 centimètre de mercure, suffit pour alimenter la combustion de chaque fourneau; d'autre part, un rampant entraîne les gaz de plusieurs fours à une cheminée commune.

On passe à cette opération jusqu'à 15 et 16 tonnes de matières par 24 heures, les matières se composent, de la pyrite riche, des noyaux enrichis, de quelques dépôts de cémentation, de crasses et de fumées d'opérations antérieures; le combustible employé est le charbon de bois, sa consommation est d'environ 1,500 litres par tonne de cuivre produite.

***La matte crue*** obtenue est grillée à 5 feux dans des stalles contenant de 8 à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

10 tonnes de matières, chaque feu dure 2 jours et consomme environ 500 litres de charbon et 500 kilog. de bois.

Vient ensuite la *fonte pour cuivre noir* qui n'offre d'ailleurs rien de particulier; le type de demi-haut fourneau employé est indiqué fig. 3. il est, comme on voit, caractérisé également par l'inclinaison de la warme vers l'avant. La marche est aussi à une seule tuyère lançant du vent à 6 $^{c}/^{m}$ de mercure et correspond au traitement d'environ 9 tonnes par 24 heures avec une consommation de 12 à 1300 litres de charbon de bois par tonne de cuivre obtenue.

*L'affinage* et le *raffinage* se font par la méthode allemande c'est-à-dire au bas foyer avec une tuyère donnant du vent à 5 $^{c}/^{m}$ de mercure. Deux foyers semblables accolés sont ordinairement employés pour ce travail, ils reçoivent environ 400 kilog. par charge et consomment 1,500 litres de charbon par tonne de métal obtenu.

En résumé, la méthode d'Agordo est donc une application mixte de la voie humide et de la voie séche et tout particulièrement caractérisée par la méthode d'enrichissement appliquée au moment du premier grillage (1).

Le traitement des minerais carbonatés à gangue quartzeuse se fait en plusieurs circonstances avec l'intervention des acides; à *Linz* sur le bord du Rhin, on se sert d'acide chlorhydrique; à *Stadtberg* on emploie l'acide sulfurique. La méthode suivie dans cette dernière usine, offre cette particularité de créer de toutes pièces, au contact même des minerais, l'acide nécessaire à la dissolution. Le traitement par voie humide est réservé aux minerais tenant moins de 3 % de cuivre; ceux-ci sont soigneusement triés au sortir de la mine, ramenés à la grosseur d'une noix et entassés dans des caisses en maçonnerie de 50 mètres carrés de superficie et $1^{m},50$ de profondeur. Une sorte de grille faite avec des barreaux en bois est établie à 0,40 du fond; elle reçoit par ordre de grosseur les morceaux à attaquer, on termine par les matières les plus fines; la charge totale est d'environ 50,000 kil. Un mélange de vapeur d'acide sulfurique et de vapeur d'eau arrive par la partie inférieure de la masse, se condense en la traversant et constitue la liqueur dissolvante du cuivre. Les vapeurs acides sont obtenues par le grillage, dans un four de 5 mètres de hauteur, de blende et de pyrite mélangées à $\frac{1}{1.000}$ de nitre et $\frac{2}{1.000}$ de chlorure de sodium; des chaudières spéciales, ayant environ 8 mètres carrés de surface de chauffe par 1.000 kilog. de matières grillées, donnent d'autre part la vapeur d'eau nécessaire. Tous les quatre jours, la partie supérieure du tas de minerai à attaquer est retournée à la pelle; la durée totale de l'action dissolvante est de 25 à 30 jours.

La dissolution terminée, on décante, lave le minerai et précipite le cuivre avec des rognures de fer, une partie du cuivre-cément obtenu atteint la teneur de 80 % après dissécation; on le fond pour cuivre noir dans un four à réverbère puis on l'affine; le reste qui est moins riche et très-pulvérulent est passé dans un four à manche comme à Agordo.

Cette méthode a été complétée il y a quelques années, pour les minerais très-pauvres, par l'emploi de dissolvants spéciaux formés des eaux-mères provenant de la fabrication du sulfate de fer, d'acide chlorhydrique et de liqueurs de cémentation renfermant du sulfate et de l'acétate de protoxyde de fer.

(1) Pour plus de détails sur la méthode d'Agordo, consulter le mémoire de M. Haton ingénieur en chef au corps des mines, 5e série, t. VII et l'étude de M. Petitgand sur l'Exposition de 1867.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'acétate de fer en particulier produit une décomposition rapide des carbonates de cuivre.

On commence par aérer fortement les liqueurs qui ont déjà servi à une première précipitation pour les bien oxyder; on s'en sert ensuite pour un lavage méthodique des minerais en ayant soin, après chaque lavage intermédiaire, d'aérer de nouveau par un courant d'air comprimé. Les liqueurs en passant successivement sur des minerais de moins en moins épuisés arrivent à un état convenable de concentration; le cuivre est précipité, les eaux-mères sont concentrées pour en séparer une bonne partie du sulfate de fer et ramenées dans le roulement de l'usine.

On arrive par ce procédé à traiter dix fois plus de minerais que par l'ancienne méthode, soit journellement environ 150,000 kilog. et surtout à utiliser des minerais beaucoup plus pauvres.

**Produits spéciaux industriels.** — On distingue dans le commerce *le cuivre rouge*, *les cuivres noirs* qui servent en quelque sorte de matières premières, puis le *maillechort*, le *bronze* et le *laiton* comme produits dérivés principaux.

*Le cuivre rouge* en lingot contient presque toujours un peu de carbone et d'oxygène, ce qu'on reconnaît au grain et à la couleur du métal; si la proportion en devient importante le métal se travaille difficilement au marteau ou au laminoir; il est donc très-important, lors du raffinage, de produire l'élimination aussi parfaite que possible de ces deux métalloïdes et de conserver cet état de pureté jusqu'à la solidification du métal dans les lingotières.

En plus du carbone et de l'oxygène, les minerais employés peuvent introduire de l'étain, de l'arsenic, de l'antimoine et quelquefois du nickel, du cobalt et de l'argent. L'arsenic et l'antimoine nuisent tout particulièrement à la qualité de cuivre qu'ils rendent cassant.

Le cuivre rouge est susceptible d'être laminé et d'être travaillé au marteau, chacun sait combien les applications en sont nombreuses dans les constructions de machines de toutes sortes, soit à l'état de tôles plus ou moins façonnées soit à l'état de produits déjà préparés comme les tubes ou les fils par exemple.

*Le cuivre noir* est un produit qu'on peut considérer comme une matière première, c'est l'état sous lequel se fait la plupart des approvisionnements pour les usines françaises, il peut provenir de minerais oxydés et en général ferrugineux. Dans ce cas, à côté de la teneur de 97 % de cuivre il y a presque toujours un peu de fer ce qui peut gêner l'affinage et demander l'addition d'un peu de soufre dans le bain pour en faciliter la séparation.

Quand le cuivre noir provient de minerais sulfureux, il contient généralement un peu de soufre, l'affinage en est facile.

Si enfin les minerais sont impurs, le cuivre noir contient du soufre, du fer, de l'arsenic, de l'antimoine, de l'étain, du nickel, du plomb et du zinc ce qui rend l'affinage très-compliqué.

*Le maillechort* est un alliage appelé quelquefois cuivre blanc, argentan, etc.; sa grande ductilité et surtout sa couleur l'ont fait employer pour la fabrication d'une foule d'objets d'un usage journalier; on peut le laminer, le marteler, le tréfiler; il est composé principalement de cuivre, de nickel et de zinc. Les maillechorts sont d'un blanc argentin susceptible d'un beau poli, mais ce poli se perd assez vite au contact de l'air humide; certains alliages peuvent se travailler assez facilement à chaud. La composition en est variable; Rivot donne entre autres les analyses suivantes de maillechort. (1)

(1) Rivot, *Traité de docimasie*, t. IV.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | MÉTAL CHINOIS | | MÉTAL ALLEMAND | | MÉTAL FRANÇAIS. |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuivre | 43,80 | 40,40 | 50,00 | 60,00 | 65,00 |
| Nickel | 15,60 | 31,60 | 24,50 | 19,10 | 16,00 |
| Zinc | 40,60 | 25,40 | 24,00 | 18,25 | 13,15 |
| Plomb | » | Traces. | 0,20 | 0,50 | 0,15 |
| Fer | » | 2,60 | 0,15 | 0,35 | 3,40 |
| Arsenic et antimoine | » | Traces. | 0,50 | 0,65 | 0,15 |
| Étain | » | » | » | 0,15 | 0,20 |
| | 100 | 100 | 99,35 | 99,00 | 98,05 |

*Les bronzes* sont des alliages composés principalement de cuivre et d'étain, leur couleur est en général le jaune foncé, ils sont durs, assez tenaces et susceptibles d'un très-beau poli; ils peuvent être étirés en fil, laminés et même travaillés au marteau. On les emploie plus généralement pour le moulage d'une foule de pièces de machines ou d'objets divers, les statues, les canons, etc., il est seulement fort difficile de les avoir homogènes et d'éviter qu'au moment de la coulée, avant la solidification de la masse, il n'y ait séparation des deux métaux.

La proportion relative de ces deux métaux varie suivant la destination, mais ces variations de teneur ont moins d'influence sur les propriétés physiques de l'alliage que son homogénéité.

Pour les canons on emploie un bronze à 8 ou 12 °/₀ d'étain et l'on demande des métaux autant que possible exempts d'arsenic et d'antimoine (1). Pour les doublages de navire le cuivre entre généralement pour 90 °/₀, on introduit dans l'alliage 5 à 6 °/₀ d'étain et une certaine proportion de zinc et de plomb.

Enfin, parmi les nouveaux produits dérivant principalement du cuivre on pourrait citer le *bronze phosphoreux*; ce métal a été étudié en France par Ruolz Montchal et de Fontenay; le phosphore qui entre dans sa composition a une double action chimique : il sert d'abord d'agent réducteur qui enlève tout ce qui peut rester d'oxyde, il forme ensuite avec les métaux un alliage homogène dont on peut graduer la dureté en modifiant la proportion de phosphore incorporé. Le bronze phosphoreux est moins attaquable aux acides et aux dissolutions salines que le bronze ordinaire, il est également plus dur que ce dernier; sa grande fluidité permet d'obtenir des moulages plus sains en sable ou en coquille, enfin il a la précieuse qualité de se prêter à des refontes successives sans qu'il y ait perte sensible en étain. Les applications du bronze phosphoreux sont déjà assez nombreuses; on l'a employé principalement pour des organes de transmission, pour des corps de cylindre et pièces diverses de machines, pour des tuyères de hauts-fourneaux, pour des blindages de navire et enfin pour des câbles (2).

(1) Le nouveau bronze Uchatius ou Stahl-bronze est un métal contenant une proportion d'étain un peu plus faible; il est coulé en coquille ce qui incorpore un peu de carbone; la résistance des couches extérieures est notablement augmentée par cette sorte de trempe; à l'intérieur du tube on produit un effet analogue par un mandrinage énergique.

(2) Le bronze phosphoreux se tréfile sans grande difficulté jusqu'aux dimensions nécessaires pour la fabrication des câbles de mine, soit environ 1,5 millimètre. — La préparation des fils se fait de la façon suivante : le métal est coulé sous forme de baguettes ayant environ 22 millim. de diamètre et 2,50 à 3 mètres de long. Ces baguettes sont étirées à froid jusqu'au diamètre de 9 millim. à l'aide de cylindres de 0,30 de diamètre ayant 7 cannelures qui descendent de 2 en 2 millim. — Une machine de 8 à 10 chevaux marchant à 10 tours à la minute suffit à ce laminage. On recuit en faisant passer le fil dans un moufle après le troisième passage; une fois le diamètre de 9 millim. obtenu on recuit de nouveau et tréfile comme pour le fer jusqu'au diamètre de 1,5 millim. en recuisant tous les 3 ou 4 numéros au plus et termine par deux passages sans recuit — les fils obtenus donnent en moyenne 90 kil. de résistance par millimètre carré et peuvent supporter 15 torsions sur une longueur de 0m,125.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La composition du bronze phosphoreux est assez variable; le tableau ci-dessous emprunté à la revue industrielle, juillet 1876, en présente quelques variétés:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Cuivre. . . . . | 93,68 | 94,19 | 90,86 | 94,71 | 90,34 |
| Etain . . . . . | 5,82 | 5,15 | 8,56 | 4,38 | 8,99 |
| Phosphore . . . . . | 0,17 | 0,21 | 0,19 | 0,55 | 0,76 |
| Zinc. . . . . | 0,34 | 0,23 | » | » | » |

*Cours du cuivre.* — En prenant comme base les prix de cuivre brut du Chili on constate que depuis les cinq dernières années le cuivre a passé de 225 fr. à 170 fr. les 100 kil., soit un écart de prix de 25 %; la courbe de la fig. 4 fait ressortir les diverses oscillations par lesquelles les prix ont passé entre ces deux extrêmes.

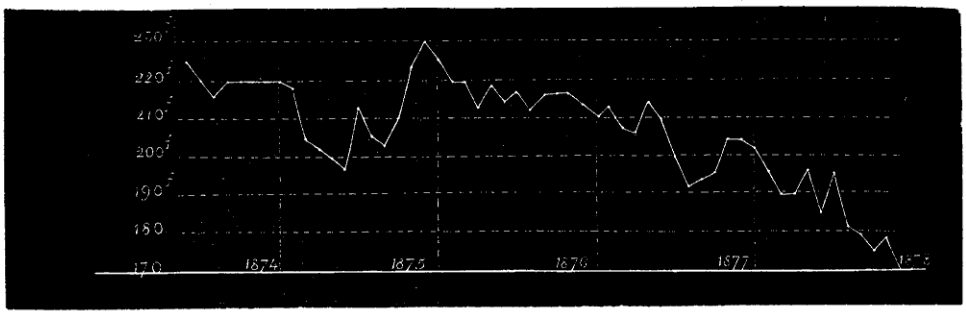



Fig. 4.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LE PLOMB[1]

**Minerais.** — La presque totalité du plomb produit a comme provenance un même minerai *la galène*, ou sulfure de plomb. On rencontre encore par exception quelques gisements contenant en proportion exploitable des carbonate et sulfate de plomb, mais les autres minéraux tels que le chlorure, le séléniure, le phosphate, l'arseniate ou l'arseniure peuvent n'être considérés que comme des variétés minéralogiques plus ou moins abondantes.

Il ne sera donc question ici que du carbonate du sulfate et du sulfure de plomb.

*Le carbonate de plomb* ou bleispath des Allemands provient soit de l'altération de la galène, soit de dépôts formés par des eaux minérales.

Dans le premier cas il est en général mélangé avec divers composés oxydés provenant de la blende de la pyrite, ou d'autres minéraux presque toujours unis à la galène.

Lorsque le carbonate a comme origine des sources minérales il est souvent à texture cristalline et presque toujours argentifère; on en rencontre près de Stolberg des amas assez importants.

La densité du carbonate de plomb est d'environ 6 et la teneur des échantillons purs atteint plus de 80 % de plomb.

*Le sulfate de plomb* n'a été reconnu en quantité un peu considérable que dans un très-petit nombre de mines; on peut citer celle de Paillières (Gard), où il se présente en masse compacte de composition assez complexe et contenant de 40 à 70 % de sulfate avec 45 à 15 % de carbonate. Le sulfate de plomb n'est, en général, pas argentifère.

*La galène* est incontestablement le minerai de plomb le plus abondant, sa densité est de 7,785. La galène se trouve fréquemment en cristaux assez nets, en masses puissantes ayant une texture cristalline. On l'a rencontrée dans tout espèce de terrains soit en amas, soit en filons, elle est mélangée en général avec de la blende, des pyrites de fer ou de cuivre, du cuivre gris etc... Mais, ce qui est plus important la galène renferme très-souvent des combinaisons de teneur variée en argent et en or.

M. le Dr Percy et M. Smith ont reconnu dans divers échantillons les teneurs du tableau suivant, correspondant soit à une combinaison chimique, soit à un simple mélange, comme M. le professeur Nordenskiold l'a constaté dans des échantillons provenant de la Sibérie.

On voit par ce tableau que la texture de la galène ne saurait servir de point de départ bien exact pour apprécier la teneur en métaux précieux.

Les filons de galène argentifère, en France, ont été rencontrés sur beaucoup de points, mais le nombre des centres d'exploitation en activité est malheureusement très-restreint; on doit citer parmi ceux-ci les mines de Vialas dans lesquelles ont été établies les règles de M. Rivot sur l'allure probable des filons de cette région. La galène argentifère de Vialas atteint et dépasse pour les filons (H. V.) la teneur de 700 gram. d'argent aux 100 kilogs de plomb d'œuvre.

On doit rappeler également les filons de Pontgibaud dont la galène à 2 ou 400 gr. d'argent aux 100 kilogs de plomb d'œuvre a donné lieu déjà à des travaux importants.

(1) Voir page 155.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| PROVENANCE de minerais. | TEXTURE. | ESSAIS par voie sèche. Plomb % | ESSAIS par voie sèche. Argent % | OR essais sur 324 gr. |
|---|---|---|---|---|
| *Angleterre*, Yorkshire. . . . | Grain grossier. . | 80,5 | 0,0030 | Traces. |
| Northumberland. . . . . | — . . | 80,0 | 0,0142 | — |
| Durham. . . . . | Minerai préparé. | 83,6 | 0,0120 | Traces distinctes. |
| Derbyshire. . . . . | Grain grossier. . | 82,0 | 0,0040 | Traces. |
| Somersetshire. . . . . | Gros grain. . . . | 69,8 | 0,0410 | Traces distinctes. |
| Shropshire. . . . . | — . . . | 85,3 | 0,0016 | Très-faibles traces |
| Devonshire. . . . . | — . . . | 79,2 | 0,0146 | — |
| Leicestershire. . . . . | — . . . | 81,0 | 0,0050 | — |
| Cornouailles . . . . . | — . . . | 77,3 | 0,0640 | Faibles traces. |
| — . . . . . | — . . . | 79,0 | 0,0316 | — |
| Ile de Man. . . . . | Minerai préparé. | 78,3 | 0,1470 | Très-faibles traces |
| — . . . . . | — . | 79,4 | 0,1484 | — |
| *Espagne* . . . . . | Grain serré et très-fin. . . . . | 84,2 | 0,0230 | Faibles traces. |
| *Portugal* . . . . . | Gros grain. . . . | 83,4 | 0,0120 | Très-faibles traces |
| — . . . . . | Grain grossier. . | 55,0 | 0,2480 | Traces distinctes. |
| *France* . . . . . | Gros grain. . . . | 80,2 | 0,3458 | — |
| — . . . . . | — . . . | 80,5 | 0,3348 | — |
| — (Bretagne). . . . . | Grain grossier. . | 77,0 | 0,1588 | — |
| *Sardaigne* . . . . . | Grain fin. . . . . | 83,8 | 0,0106 | — |
| — . . . . . | — . . . . . | 79,2 | 0,0054 | — |
| — . . . . . | Grain fin légèrement laminé. . | 76,5 | 0,0228 | Traces. |
| Suisse. . . . . | — | 58,6 | 0,1500 | Traces distinctes. |
| Suède (Sala). . . . . | Gros grain. . . . | 75,2 | 0,7690 | — |

En Angleterre la galène argentifère se rencontre fréquemment; on l'exploite dans 21 comtés et plus particulièrement dans le calcaire carbonifère des cantons de Durham et de Northumberland, dans le Yorkshire et le Derbyshire; dans les terrains dévoniens du Cornouailles, etc., etc.

La Belgique, par ses mines du Bleyberg, près Verviers, la Prusse par celles du Bleyberg, près de Commern, le Hanovre par ses exploitations du Hartz, la Bohême, la Hongrie par celles de Przibram et de Schemnitz offrent des exemples remarquables de gisements où la galène argentifère a une importance dominante. L'Espagne et la Sardaigne sont également riches en minerais de plomb sulfuré; enfin le Chili, par sa mine de Mina-grande et surtout les États-Unis avec ses exploitations de l'Illinois et du Visconsin ou du Haut Mississipi ne tarderont sans doute pas à prendre une place importante comme producteurs de minerais de plomb.

Dans la production totale de minerais de plomb, on estimait, il y a quelques années, celle de l'Angleterre à environ 100,000 tonnes, celle de la Belgique de 15 à 20,000 tonnes; la Russie a atteint 150 à 200,000 tonnes; l'Espagne a dépassé 300,000 tonnes; enfin la France a produit dans ces dernières années, d'après les statistiques officielles, tant en minerai qu'en métal, les quantités ci-dessous :

| PRODUCTION. | | 1867 | 1868 | 1869 | 1870 | 1871 | 1872 | 1873 | 1874 | 1875 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| En divers minerais de plomb. . . . . | q.m. | 900,288 | 800,893 | 837,181 | 805,084 | 751,646 | 783,297 | 1,040,000 | 1,400,000 | 1,400,000 |
| | fr. . | 2,636,140 | 2,432,403 | 2,276,086 | 2,111,116 | 1,954,091 | 2,554,984 | 3,000,000 | 3,500,000 | 3,400,000 |
| En litharges, plomb marchand et plomb argentifère. . . . . | q.m. | 277,607 | 294,427 | 254,566 | 250,073 | 184,086 | 214,856 | 200,000 | 270,000 | 280,000 |
| | fr. . | 13,213,037 | 13,599,150 | 10,889,478 | 11,384,323 | 8,423,893 | 10,747,299 | 11,000,000 | 14,200,000 | 14,600,000 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il resterait à indiquer le mode d'achat adopté sur quelques marchés pour les minerais de plomb. Comme ces minerais sont en général argentifères, toutes les notes relatives aux achats ont été réunies dans le chapitre relatif à l'argent.

**Traitements métallurgiques** (1). — Différentes méthodes sont appliquées pour le traitement de la galène. Les seuls procédés de la voie sèche ont été groupés sous les dénominations suivantes : 1° méthode du bas foyer; 2° méthode par grillage et réaction; 3° méthode par précipitation ; 4° méthode par grillage et réduction.

1° *Méthode dite du bas foyer.* — Cette méthode est certainement, dans la métallurgie du plomb, la plus simple et aussi la plus primitive. Elle fut principalement employée dans le nord de l'Angleterre et en Amérique; on l'appliqua également à Przibram en Bohême et sur quelques autres points, comme à Pesey en Savoie, mais en tous cas dans des usines traitant des minerais riches, non quartzeux.

Elle consiste simplement à oxyder partiellement la galène dans un bas foyer de forme analogue à celle de la fig. 1, en se rapprochant autant que possible de la décomposition représentée par la formule :

$$Pbs + 2O = Pb + SO^2$$

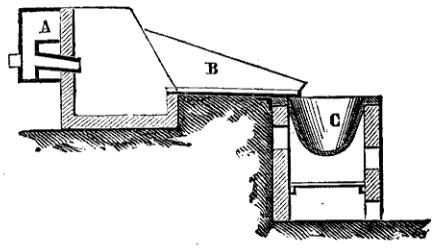


Fig. 1. — A, arrivée du vent; B, plaque de travail; C, lingotière.

Pour obtenir ce résultat, il faut éviter de chauffer jusqu'à fusion du sulfure de plomb; aussi se sert-on de combustible développant peu de chaleur et l'on procède par charges successives de 10 à 12 kilogr. seulement de minerai, arrêtant le vent de 10 en 10 minutes pour retirer les matières semi-fondues, en détacher les parties pauvres et rejeter, avec du minerai frais sur une nouvelle charge de combustible, les fragments encore riches en plomb.

La méthode du bas foyer est donc très-simple, de plus elle consomme peu de combustible mais elle a l'inconvénient d'être très-insalubre à cause des fumées plombeuses dégagées et de donner une perte notable en plomb (10 à 11 $^0/_0$ contre 6 à 7 $^0/_0$ dans le procédé Carinthien, par exemple). Cette perte en plomb est surtout sensible quand le minerai est siliceux et renferme une proportion appréciable de zinc. Il faut tenir compte enfin que les minerais en schlich ne sauraient être traités sans des pertes considérables produites par entraînement, sous l'action du vent.

2° *Méthode par grillage et réaction.* — On emploie exclusivement des fours à réverbère pour appliquer la méthode par grillage et réaction. Celle-ci repose sur la double décomposition du sulfate de plomb obtenu par le grillage et du sulfure qui n'est pas encore oxydé lorsque l'on fait réagir ces composés l'un sur l'autre ; on obtient ainsi du plomb métallique plus ou moins mélangé d'oxyde ou de sulfure d'après le degré d'avancement du grillage préalable.

On ne peut guère employer cette méthode qu'avec des minerais à 55 $^0/_0$ de

(1) Le résumé ci-après des divers traitements métallurgiques a eu principalement comme points de départ le Mémoire de Gruner, annales des mines, 6e Série 1868) et celui de Rona. Revue universelle de Cuyper (1871).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plomb et contenant au plus de 4 à 5 % de quartz ou d'argile, sinon il y a formation de silicate de plomb difficile à réduire.

La présence de la blende ou de la pyrite produit des oxysulfures qui rendent les scories peu fluides; celles-ci conservent mécaniquement des grenailles de plomb d'où la nécessité d'un ressuage énergique appliqué dans quelques usines; mieux vaudrait, comme le conseille M. Gruner, traiter ces résidus riches en plomb dans un four à cuve et supprimer cette opération du ressuage qui entraîne toujours une consommation supplémentaire de combustible très-importante.

La méthode dite par grillage et réaction est conduite avec des vitesses très-différentes, suivant les localités; elle est lente et graduée en Carinthie, plus rapide en Bretagne, enfin elle est beaucoup plus précipitée dans les usines anglaises, espagnoles et belges.

*En Carinthie*, on procède de la façon suivante : on charge sur 3 à 4 $^{c/m}$ d'épaisseur dans un four à sole inclinée un minerai contenant comme gangue un peu de blende et de pyrite; le grillage est conduit très-lentement pendant cinq heures; vient ensuite le brassage pendant quatre ou cinq heures également. Par suite de la température modérée du grillage, le sulfure de plomb ne réduit que partiellement dans le début le sulfate de plomb formé, une certaine quantité d'oxyde de plomb reste dans le bain et de l'acide sulfurique se dégage. Au moment du brassage, la température s'élève; il y a alors réduction complète et décomposition de l'oxyde de plomb avec formation de plomb métallique, ce double résultat pourrait s'exprimer par les équations suivantes :

$$2\,PbS + 2\,PbO.\,SO^3 + 3O = Pb^2S + 2\,PbO + 3SO^3$$
$$\text{et } PbS + 3\,PbO = 4\,Pb + SO^3$$

Cette dernière équation montre vers quelle proportion d'oxyde et de sulfure il faut essayer de se tenir après la première période.

Il reste sur la sole après la réaction qui suit le brassage une proportion très-importante de crasses riches à 40 % environ; ces matières sont mises à part pour subir ultérieurement le traitement spécial du ressuage.

Le déchet en plomb est encore assez élevé; il est d'ailleurs fonction de la teneur des matières traitées, on accorde aux fondeurs les pertes maxima suivantes, d'après la richesse du minerai :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| de | 2 unités | pour la richesse de | 82 % | en plomb, soit un déchet de | 2,44 % |
| à | 14 — | — | 58 | — — | 24,14 |

En Carinthie, le chauffage se fait avec du bois; dans quelques applications essayées en Belgique, avec le four et l'extrême lenteur qui caractérisent le procédé carinthien, on a employé la houille; dans ce cas, l'air nécessaire à l'oxydation au lieu de passer au travers de la grille est amené par des ouvreaux débouchant dans le four directement.

*Le procédé breton* n'étant plus appliqué aujourd'hui, par suite de la fermeture des usines d'Albertville et de Poullaouen, sa description n'offre plus autant d'intérêt (1); il suffira de rappeler qu'il ne diffère du précédent que par un grillage plus rapide fait à température plus élevée; aussi obtient-on un plomb moins pur et un rendement plus faible. On sait également que le travail était caractérisé à Albertville par l'emploi d'un four à deux soles juxtaposées, l'une pour le grillage et l'autre pour la réaction; le principe du four à deux soles fut égale-

(1) Voir mémoire de Mr Replat pour le détail de la Méthode Bretonne (Annales des Mines. 3e Série. T. XVIII. — 4e Série T. IV).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment tenté en Carinthie, car il donne une certaine économie de combustible; on essaya de superposer les deux soles, mais cette disposition était peu commode et d'un entretien onéreux.

*Le procédé anglais* proprement dit emploie des fours avec bassin intérieur muni de trois portes de travail sur chaque face. On s'efforce au début de ne pas trop élever la température afin de produire, comme dans le procédé carinthien, de l'oxyde de plomb; après quoi, léger coup de feu pour obtenir le plomb métallique.

On procède ainsi par une succession de périodes distinctes de grillage et de

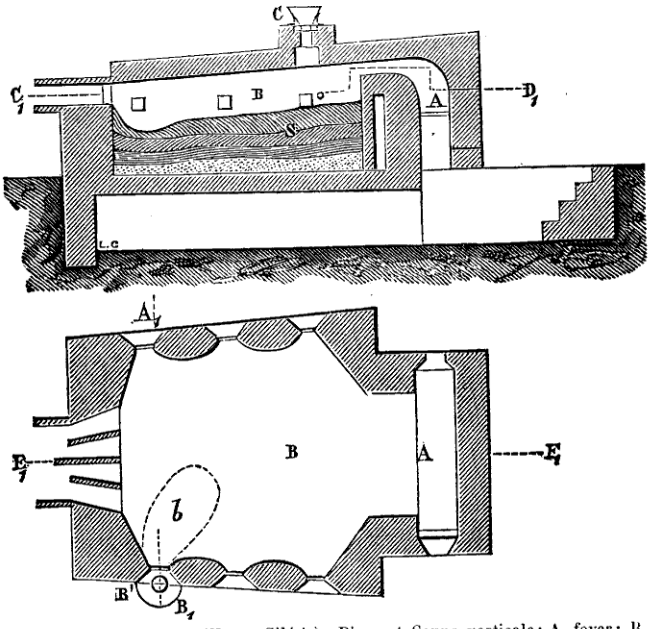



Fig. 2. — *Four de Tarnovitz* (Haute Silésie); Plan, et Coupe verticale; A, foyer; B, Sol du four; B, creuset intérieur; AB, porte de travail;

réaction et on termine en ajoutant un peu de chaux éteinte pour figer les mattes; il reste des crasses riches que l'on a faiblement ressuées et que l'on traite dans un four à cuve.

Le défaut de la méthode anglaise est d'aller trop vite (1) on produit du plomb avant d'avoir terminé le grillage et l'on arrive à un ramollissement anticipé de la masse ce qui gêne le grillage ultérieur; de là un déchet en plomb plus considérable qui vient compenser et au-delà l'économie de main-d'œuvre que permet de réaliser la marche rapide de la méthode anglaise.

Cette méthode a été appliquée depuis longtemps sur le continent; en Belgique par exemple où l'on emploie des fours longs munis à chaque extrémité d'un foyer et dans lesquels le travail est conduit comme s'il y avait deux fours distincts accolés (Bleyberg-ès-Montzen et Corphalie). On arrive en Belgique à des déchets considérables parce que le chauffage est trop rapide et le grillage fait à

(1) On traite d'après M. Moissenet (t. I. 6e série des *Annales des Mines*) 1066 kil. en 7 heures, tandis que pour une charge de 210 kil. dans le four carinthien il faut un total de 9 à 10 heures, d'après M. Gruner (t. XIII. 6e série des *Annales des Mines*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plusieurs reprises; c'est une nouvelle preuve de la nécessité de griller lentement et en une fois avec une température peu élevée.

En appliquant ce principe et tout en employant le four anglais on est arrivé à l'usine de Tarnovitz (Haute-Silésie) à des résultats très-satisfaisants. La disposition du four est donnée dans les fig. 2 et 3; grâce à la nature du minerai qui renferme environ 40 °/₀ de carbonate et sulfate de plomb, la première période de grillage est un peu réduite; elle est néanmoins bien plus graduée et bien plus longue qu'en Angleterre, elle est surtout poussée jusqu'à ce qu'on ait obtenu sensiblement la proportion voulue de sulfure et d'oxyde pour assurer la réaction finale. L'oxydation terminée on procède comme en Angleterre par 3 ou 4 coups de feu et on achève ce traitement des crasses riches dans un four à cuve. Malgré le fort rendement obtenu 2000 kil. environ en 12 à 15 heures, on n'a guère que 10 à 15 °/₀ de résidus à 40 °/₀ de plomb.

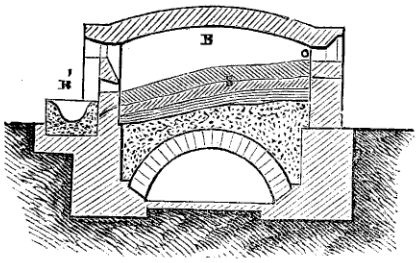


Fig. 3. — Coupe transversale du *four de Tarnovitz*.

3° *Méthode par précipitation.* — Ce procédé consiste, comme son nom l'indique, à précipiter le plomb à l'état métallique par un autre métal susceptible de prendre sa place dans les combinaisons chimiques. — Le fer répond à cette condition ; l'opération est conduite dans un four à cuve.

On mélangea longtemps le fer au minerai soit à l'état de ferraille plus ou moins oxydée soit à l'état de fonte ou même de minerai — mais quelle que soit la matière qui fournit le fer, comme élément de précipitation, ce procédé est coûteux ; — d'autre part, on arrive toujours à produire une certaine quantité de mattes, ce qui augmente le déchet en plomb et en argent. Ce n'est donc que dans des cas spéciaux, pour le traitement de minerais très-quartzeux, peu argentifères et cuivreux, ou encore à cause de la rareté du combustible, que l'on peut être amené à préférer la méthode de précipitation, à celles de grillage et réaction ou de grillage et réduction.

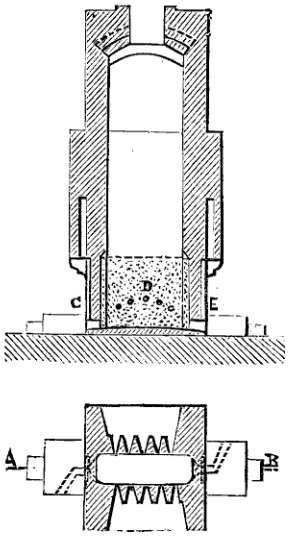


Fig. 4. — *Four d'Altenau*; coupe verticale; et coupe horizontale.

Dans une pensée d'économie, on a du moins recherché l'emploi des matières ferreuses les moins chères comme les scories de forge; mais on échoua longtemps dans cette voie à cause de l'excessive corrosion de l'ouvrage et la destruction rapide des tuyères qui en étaient aussitôt la conséquence; ce n'est qu'en 1866 qu'on pensa à employer au Hartz des courants d'eau réfrigérants soit dans les tuyères, soit au contact des parois; l'essai en fut fait sur un four du système Raschette et réussit pleinement; une autre application plus récente et plus radicale de ce principe de refroidissement est celle de M. Baron aux usines de la Pise; il en sera de nouveau question à propos de la méthode par grillage et réduction.

Le four Raschette dont il vient d'être question a été employé à Altenoau (Hartz

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le croquis ci-contre en donne les dimensions principales, fig. 4 La longueur constante du four est de 2,20 ; sa largeur qui descend à 0,90 à la hauteur des tuyères, atteint 1,40 au niveau du gueulard, chaque face est garnie de 5 tuyères placées en quinconce de façon à mieux répartir la chaleur sur tous les points d'une même section horizontale. Ce résultat est fort bien réalisé avec la disposition des fours Raschette, aussi peut-on dire que ce système de four a permis d'augmenter considérablement la production, de diminuer la teneur en plomb des mattes en même temps qu'il a beaucoup favorisé les tentatives faites pour l'emploi des scories ferrugineuses à la place de la fonte ou de la ferraille ; néanmoins, une fois ce traitement avec scories ferrugineuses assuré à Altenau, d'autres tentatives furent faites également avec les anciens fours que l'on garnit de bâches et de tuyères à eau ; à Clausthal, en particulier, ces tentatives furent couronnées de succès ; l'emploi d'un four du type Raschette n'est donc pas une nécessité, mais il est bon de se rapprocher au moins de sa forme évasée au gueulard et légèrement rétrécie au nivau des tuyères afin de diminuer les pertes par entraînement et d'obtenir des mattes et des scories pauvres en plomb, grâce à la réduction complète des oxydes de fer.

L'emploi des scories ferrugineuses a pu diminuer beaucoup les frais de la méthode par précipitation ; cependant, les pertes par scorification et par volatilisation sont toujours restées élevées et l'on a reconnu que les minerais purs et riches doivent être de préférence traités par grillage et réaction (Tarnowitz-Przibram).

Si ces minerais sont quartzeux cette dernière méthode devient il est vrai inapplicable ; mais on tomberait en procédant par précipitation dans un autre inconvénient ; nécessité de faire subir de longues opérations aux mattes obtenues, d'où pertes nouvelles de métaux; aussi, dans beaucoup d'usines, n'a-t-on pas hésité à passer par un grillage préalable sur des minerais quartzeux (Freyberg, Stolberg, la Pise, Pontgibaud).

La précipitation par les matières ferrugineuses offre des difficultés particulières si le minerai traité est blendeux ; le sulfure de zinc se concentre en général dans les mattes, passant également dans les scories; mattes et scories deviennent donc très-pâteuses ; mais, de plus, au contact des scories plombeuses il se produit du silicate de zinc et pendant cette transformation une partie de l'oxyde de zinc formé est réduite par le combustible donnant du zinc métallique qui se vaporise ; si l'on a employé de la fonte, l'action directe de la fonte sur le sulfure de zinc suffit pour amener la formation de zinc métallique. — En somme vapeurs abondantes de zinc, dont une forte proportion arrive au gueulard après avoir échappé à une nouvelle oxydation et entraîne en même temps du plomb et de l'argent.

Avec des minerais blendeux, mieux vaudrait donc oxyder le zinc par un grillage et l'on retombe ainsi dans la méthode par grillage et réduction.

Il n'y a guère que les minerais cuivreux peu argentifères qui se prêtent sans grand inconvénient à la méthode par précipitation ; le cuivre reste à l'état de sulfure dans les mattes où il se concentre et celles-ci subissent un traitement spécial en vue de la production du cuivre ; mais encore faut-il que ces mattes ne soient pas trop abondantes c'est-à-dire que la proportion de pyrite contenue dans le minerai reste dans de certaines limites, autrement on serait encore amené à griller d'abord le minerai pour enlever une partie du soufre.

4° *Méthode par grillage et réduction.* — Cette méthode consiste à griller d'abord le minerai dans un four à réverbère puis à le passer avec des fondants convenables dans un four à cuve ; c'est donc, si l'on veut, la méthode par grillage et réaction avec cette différence que l'on termine l'opération dans un appareil



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bien mieux approprié aux phénomènes de réduction que l'on veut réaliser.

Un côté caractéristique du travail de fusion est la nécessité de ne produire autant que possible que des proto-silicates et non plus des bi-silicates comme dans la précédente méthode. Dans cette dernière, le plomb uni au soufre était facilement précipité par le fer quelle que fut la nature des scories que l'on s'efforçait simplement de rendre aussi peu corrosive que possible. Mais, lorsqu'il y a eu grillage d'un minerai quartzeux, une bonne partie du plomb est déjà à l'état de silicate et sa précipitation sera d'autant plus difficile que la proportion de silice définitivement combinée sera plus élevée; on marche donc en proto-silicate.

Quant à la réduction, elle est obtenue soit par du fer, soit par de la chaux — la chaux a une action plus énergique et l'introduction de fondant ferreux rend ces scories plus corrosives — mais d'un autre côté, les scories un peu ferreuses

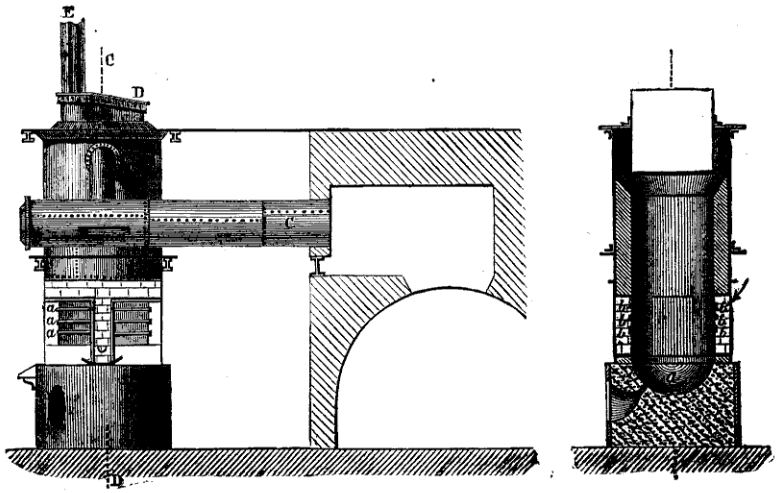



Fig. 5. — *Four de la Pise.*

sont plus fusibles; on travaille donc à moindre température et la volatilisatiou du plomb est diminuée — enfin, si l'on traite des minerais blendeux l'élément ferreux combat la décomposition des silicates de zinc formés au grillage et comme conséquence diminue la volatilisation de ce métal qui entraîne toujours une certaine quantité de plomb.

Dans tous les cas, on arrive à des scories très-corrosives et l'on doit recourir aux moyens les plus énergiques pour préserver les tuyères et les parois — aussi, à cause de l'importance que l'on attache à cette question, ne sera-t-il pas sans intérêt de donner quelques détails sur les progrès réalisés dans cette voie par M. Baron en 1865 aux usines de la Pise.

Ces usines traitent des minerais quartzeux et pyriteux provenant des mines de Pallières mêlés à des minerais de Sardaigne; on commence par un grillage dans des réverbères de 8 à 12$^{m}$ de long et 2$^{m}$ de large avec portes sur un seul côté. Ce grillage est poussé jusqu'à l'agglomération des matières, mais non jusqu'à la fusion ce qui rendrait la réduction ultérieure plus difficile.

Pour la fusion, après avoir employé un four castillan de 2$^{m}$ de hauteur et 1$^{m}$ de diamètre intérieur, soufflé à deux ou trois tuyères, M. Baron fut amené à augmenter la hauteur du four et à fermer le gueulard par une porte de char-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gement, afin d'éviter les pertes par entraînement, et à remplacer au niveau des tuyères les briques réfractaires par des parois en fonte refroidies par un courant d'eau. Ces précautions permettent d'éviter les réparations fréquentes que nécessitaient la nature corrosive des scories.

La fig. 5 donne la disposition adoptée dans les nouveaux fours.

Le four a environ 3m60 de hauteur utile et un diamètre intérieur de 1m20 ; le creuset est préparé au milieu de brasque pilonnée dans un anneau de fonte ; au niveau des tuyères, quatre plaques en fonte formant la paroi du four, ayant 0m80 de haut et cintrées sur 1m20 de diamètre intérieur, sont placées verticalement à intervalles égaux ; entre elles se trouvent des piliers en briques réfractaires de 0m22 d'épaisseur et 0m25 de largeur ; c'est dans ces piliers que sont réservées les 3 trous de tuyère et celui de la coulée. — La surface extérieure des plaques en fonte est refroidie par un courant d'eau s'écoulant dans trois rigoles superposées ; la consommation d'eau n'est pas moins de 4 à 5000 litres d'eau par 24 heures.

Le croquis fait suffisamment comprendre le mode de fermeture du gueulard ; à l'aide d'une valve on règle l'écoulement des gaz chauds de façon à ne laisser qu'un très-faible excès de pression de l'air extérieur sur les gaz qui s'écoulent — ceux-ci ne sont plus mélangés à aucune rentrée d'air et l'on évite de la sorte leur combustion instantanée aussi bien qu'on atteint une vitesse d'écoulement minima.

En somme, le minerai grillé tient à peu près 40 °/o de plomb et 110 grammes d'argent ; on fond par 24 heures de 8 à 10 T. de minerai avec une consommation de 25 °/o de coke. Avec les nouveaux fours, la perte en plomb est descendue de 7 à 8 unités à moins de 4 dont deux environ appartiennent aux fumées entraînées ; pour ces dernières l'emploi du gueulard fermé a fait passer la teneur des dépôts des chambres d'environ 50 à 60 °/o à moins de 35 à 40 °/o de plomb. — Les résultats obtenus avec les nouvelles dispositions ont donc été aux usines de la Pise d'une importance très-notable.

Pour donner une conclusion à cet exposé rapide des principales méthodes de traitement par voie sèche des minerais de plomb, voici dans quels termes M. Gruner, dans son mémoire sur l'état actuel de la métallurgie, compare entre elles ces diverses méthodes :

« 1° Le *procédé du bas foyer* devrait partout faire place à la *méthode par* « *grillage et réaction.*

« 2° Les minerais riches purs, non quartzeux, devraient toujours être traités « par cette dernière méthode. L'opération doit se faire dans de grands réver- « bères à facile accès d'air, pourvus d'un seul foyer et d'un bassin de récep- « tion, intérieur ou extérieur, placé dans la région la moins chaude du four.

« L'opération doit être conduite lentement et se composer de deux phases « bien distinctes, le grillage et la réaction.

M. Gruner ajoute plus loin :

« Il faut retirer du réverbère les crasses riches sans recourir au ressuage « ou plutôt pratiquer ce ressuage au four à cuve, en soumettant les crasses à la « fonte de réduction.

« 3° Lorsque les minerais sont impurs ou quartzeux, il faut autant que pos- « sible avoir recours à la méthode de *grillage* et *réduction* ; comme fondant, « on ajoutera du calcaire et des matières ferrugineuses oxydées — on évitera la « formation des mattes en grillant bien, du moins lorsque les minerais sont « argentifères sans être cuivreux.

Après quelques mots conseillant les conditions réalisées à la Pise dans l'établissement du four à cuve et rappelant l'utilité d'une préparation mécanique soignée pour enlever la blende que contiendrait le minerai, il est dit :

« 4° La *méthode de précipitation* ne devrait être appliquée que là où le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« combustible manque pour le grillage au réverbère ou lorsque les minerais « sont plombo-cuivreux. Et, même dans ce cas, lorsque les minerais renferment « de l'argent, il convient de les griller partiellement pour réduire le poids des « mattes.

**Procédés par voie humide.** Les procédés de la voie humide ont été également recherchés pour le traitement des minerais de plomb. Ils peuvent en effet présenter des avantages sérieux avec des minerais argentifères et plus particulièrement ceux que l'on n'a pu débarrasser d'une proportion un peu notable de zinc. — On vient de voir que le zinc aggrave la perte en plomb dans le traitement par la voie sèche, soit en rendant les scories pâteuses, celles-ci retiennent alors mécaniquement des grenailles de plomb, soit en augmentant le volume des vapeurs métalliques entraînées hors de l'appareil. Lorsque le déchet, provenant de cette double influence, prend une certaine importance il est certain que l'on a un grand intérêt à employer un procédé qui permet de séparer le zinc du plomb et de l'argent et de tirer partie du zinc métallique contenu dans le minerai.

*Procédé Roswag.* — Le minerai finement broyé, et calciné s'il y a lieu, est attaqué par l'acide chlorhydrique plus ou moins concentré suivant le minerai, mais répondant ordinairement au mélange de 1 vol. de l'acide commercial à 1 vol. d'eau. L'attaque est faite dans des bacs en bois résineux, ou garnis de plomb, chauffés par la vapeur; elle donne des chlorures de zinc de plomb et d'argent. — Après saturation de l'acide de ces divers chlorures on laisse reposer et on décante à chaud; le refroidissement laisse déposer la majeure partie du chlorure de plomb; on ramène la liqueur au contact du minerai; elle se charge à nouveau de chlorure de plomb, que l'on précipite ensuite dans les mêmes conditions.

Le nombre de décantations successives est en général de trois à quatre pour épuiser le minerai; une seule peut suffire dans le cas de minerais riches en plomb.

On achève l'enlèvement des chlorures restés en contact du minerai par un lavage à l'eau chaude; eaux de lavage et de dissolution sont ensuite réunies concentrées s'il y a lieu; on y précipite le plomb restant par du zinc métallique, du vieux zinc de galvanisation par exemple ; comme on sait assez approximativement la quantité de chlorure de plomb qu'il peut y avoir encore à précipiter, on calcule sur une consommation d'environ un tiers à deux cinquièmes du poids du plomb à précipiter, et l'on évite de mettre un excès inutile de zinc dans la dissolution.

L'éponge métallique de plomb, qui contient l'argent du minerai, est lavée avec un peu d'eau et comprimée en briquettes afin d'enlever le liquide qu'elle renferme ; ces briquettes sont passées dans un four à réverbère avec un fondant alcalin et un peu de charbon pour éviter l'oxydation.

Les liquides contenant le chlorure de zinc sont de leur côté chauffés à ébullition ; on précipite le zinc par un lait de chaux; l'oxyde de zinc ainsi obtenu est à son tour lavé et comprimé en briquettes qui constituent un très-bon minerai calaminaire à 55 $^{0}/_{0}$ et plus de zinc métallique.

La précipitation du zinc se fait également sur gangue quand les matières sont riches en plomb ; il ne faut alors, comme on sait, qu'une seule attaque et l'on a l'avantage par la précipitation immédiate sur gangue de supprimer les manœuvres de décantage et de diminuer l'emploi de zinc supplémentaire pour al précipitation du plomb.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Fumées des usines à plomb.** — Les fumées produites dans les diverses opérations de la métallurgie du plomb contiennent en suspension des particules extrêmement tenues et riches en plomb, en proportion souvent importante. (1) Aussi depuis déjà quelques années s'est-on préoccupé des moyens de recueillir et de condenser ces fumées.

Plusieurs procédés ont été proposés.

On a d'abord eu l'idée d'interposer simplement entre les fours et la cheminée d'appel de longs canaux, sorte de galeries voûtées à section aussi grande que possible pour diminuer la vitesse du courant gazeux, ayant quelquefois plusieurs kilomètres de longueur. (2) Dans ce long parcours la densité des

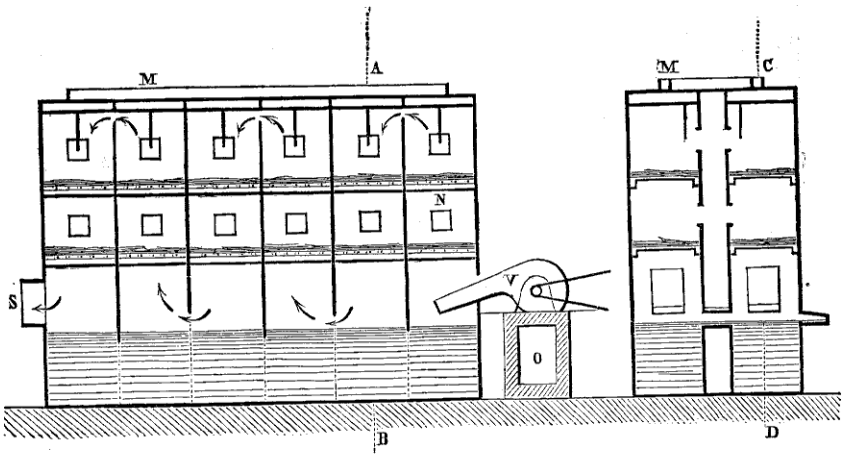



Fig. 6. — *Appareil de l'usine de Stokoe;* coupes verticales.

produits en suspension finit par provoquer leur dépôt, le frottement des gaz contre les parois active également la précipitation.

C'est un procédé assez estimé en Angleterre et fort répandu dans le Derbyshire et le Cumberland; il a seulement l'inconvénient de n'être applicable que dans des conditions locales particulières.

On a cherché dans d'autres usines à provoquer ce dépôt en réduisant presque à zéro la vitesse du courant gazeux par son passage dans des grandes chambres avant son arrivée à la cheminée; mais on ne peut obtenir une vitesse uniforme pour toutes les zônes du mélange gazeux à moins d'employer des chicanes qui demandent bientôt l'installation de ventilateurs ou de pompe pour venir en aide au tirage de la cheminée devenu insuffisant En somme cette solution n'a pas toujours donné des résultats bien satisfaisants.

L'emploi d'eau et de vapeur d'eau, que l'on projette dans des fumées pour entraîner la précipitation des matières en suspension, a été également tenté sur plusieurs points. — L'eau a beaucoup mieux réussi que la vapeur ; on l'a appliqué de façons différentes; par exemple dans l'appareil de Stokoe les

(1) On a retiré des fumées jusqu'à 7 o/o du plomb total produit dans l'usine. (Ronna — état actuel de la métallurgie du plomb en Angleterre).

(2) La longueur totale des galeries que l'on avait établies dans les usines d'Allendale en Angleterre était supérieure à 13000 mètres, avec une section de 4,5 mètres carrés, environ.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gaz à épurer circulent dans 18 compartiments groupés sur 3 niveaux superposés. — Les gaz sont amenés par un ventilateur, puis progressent de compartiment en compartiment soit en traversant des madriers à claire-voie recouverts de fagots qu'humecte un courant d'eau continu, soit en léchant l'eau qui s'accumule au fond de l'appareil, fig. 6.

Dans l'appareil appliqué à l'usine Eggleston (Cumberland) les gaz ont à circuler dans des galeries coupées à mi-hauteur par un plancher en maçonnerie à claire-voie recouvert de cailloux que l'on arrose d'une façon continue.

Forcés de s'élever au travers de ce filtre grossier les gaz y déposent une bonne partie des poussières fig. 7.

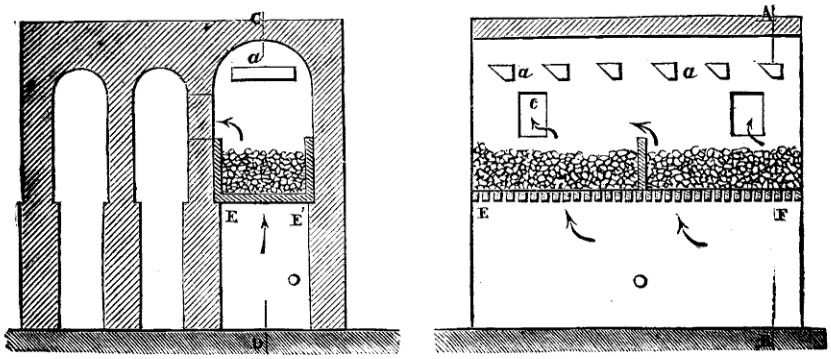



Fig. 7. — Appareil de l'usine d'Egleston. Coupes verticales.

Quel que soit le procédé employé pour les obtenir, les poussières sont d'un traitement très-simple.

Voici d'abord trois exemples de composition que cite Ronna d'après des analyses faites au laboratoire de l'École des Mines de Londres.

| | I | II | III |
|---|---|---|---|
| Protoxyde de plomb | 46,54 | 62,26 | 46,88 |
| Sulfure de plomb | 4,87 | 1,05 | — |
| Sesquioxyde de fer et d'alumine | 4,16 | 3,00 | 10,00 |
| Oxyde de zinc | 1,60 | 1,60 | 4,14 |
| Chaux | 6,07 | 3,77 | 6.73 |
| Acide sulfurique | 26,51 | 25,78 | 14,15 |
| Résidu insoluble | 10,12 | 1,97 | 14,40 |
| Matières charbonneuses | — | — | 3,37 |
| | 99, 87 | 99,43 | 99,67 |

On voit que ces dépôts se composent principalement de sulfate de plomb, aussi leur traitement se borne pour ainsi dire à la réduction de ce sel; on commence par agglomérer ces matières soit en les chauffant au réverbère jusqu'à les amollir, soit en les mélangeant à un lait de chaux et en formant des briquettes; on peut les traiter ensuite dans un four à cuve où la réductionest facilement obtenue.

**Affinage du plomb.** — Le plomb a généralement besoin d'être affiné avant d'être livré définitivement au commerce.

Lorsque la proportion des matières étrangères est faible, l'affinage consiste simplement dans une refonte à basse température dans un petit réverbère à sole inclinée et à bassin extérieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quand le plomb est assez impur, s'il contient par exemple du zinc, de l'arsenic et de l'antimoine, le réverbère employé doit permettre de prolonger le travail pour compléter l'épuration. — La sole est creuse et formée d'un pisé argilo-sableux imprégné de scories plombeuses ; la porte de travail est sous le rampant pour que l'on puisse multiplier sans inconvénient les décrassages ; avec des plombs à 5% et plus d'antimoine et d'arsenic, le travail dure quelquefois deux jours on pourrait réduire la durée de l'opération comme on le fait à Freyberg en se servant de buses et de vent forcé.

Un autre mode d'affinage convenant également bien à des plombs impurs est l'emploi de la vapeur surchauffée que M. Cordurié fait agir sur le plomb porté au rouge dans un vase clos en fonte. Le plomb doux obtenu par ces divers procédés est coulé en lingots.

**Produits spéciaux industriels.** — Le plomb se rencontre dans le commerce à des états très-différents.

*Le Plomb* proprement dit est en lingot ou travaillé ; le laminage et l'étirage du plomb se font facilement et permettent d'obtenir des feuilles et des tuyaux qui sont d'un emploi journalier dans les constructions.

Le plomb tel qu'il est donné par les fonderies est à un degré de pureté très-variable. Certaines qualités provenant de la Carinthie, de l'Espagne ou de l'Amérique du Nord sont réputées très-pures; il en est de même du plomb provenant du pattinsonnage. Néanmoins il y a presque toujours quelques millièmes de soufre d'arsenic et des métaux tels que le fer, le zinc et le cuivre. Ces derniers, lorsqu'ils sont en proportion appréciable deviennent très-gênants dans certaines applications, la préparation du minium par exemple.

Les plombs contiennent souvent une quantité d'argent assez importante, ce sont les *plombs d'œuvre;* on doit les coupeller, ou les pattinsonner: cette dernière opération est réservée aux plombs les plus purs. On peut aussi en séparer l'argent par précipitation comme il sera dit au chapitre traitant spécialement de l'argent.

Lorsque la proportion des matières étrangères est un peu élevée, le plomb devient *aigre;* il n'est plus utilisable que pour certains usages, comme par exemple pour les plombs de chasse ou les caractères d'imprimerie.

Afin de caractériser chacune de ces qualités, voici les teneurs relevées dans quelques plombs, d'après Rivot.

| MÉTAUX. | Plomb marchand Carinthie. | Plomb d'œuvre Hartz. | Plomb aigre Hartz. |
|---|---|---|---|
| Plomb. . . . . | 99,63 | 97,35 | 91, 2 |
| Cuivre. . . . . | 0,01 | 0,15 | 0,075 |
| Antimoine. . . . . | 0,07 | 1,20 | 1,45 |
| Arsenic. . . . . | 0,05 | 0,15 | 5,35 |
| Soufre. . . . . | « | 1,1 | 1,1 |
| Argent. . . . . | 0,003 | 0,105 | 0,025 |
| Fer. . . . . | « | traces. | traces. |

*Les litharges* sont les produits de l'oxydation du plomb au contact de l'air et à température égale ou peu inférieure à celle de la fusion. Les litharges correspondent à l'oxyde de plomb — PbO; — elles sont rouges et cristallines quand elles proviennent de la coupellation de plomb pur et pauvre en argent;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

elles sont jaunes quand elles proviennent de plomb impur (massicot) et surtout quand l'oxydation se fait à température inférieure à celle de la fusion.

*Le minium* est un état d'oxydation du plomb représenté par la formule $2PbO,PbO^2$. On l'obtient par l'oxydation lente à 300° environ du massicot ou du carbonate de plomb pulvérisé ; on emploie pour cette fabrication des fours à deux étages ; celui du bas est plus chauffé; on y oxyde le plomb (exempt de cuivre). Le produit est pulvérisé, tamisé et lavé pour enlever les grenailles de plomb entraînées ; on sèche le massicot ainsi obtenu et achève l'oxydation par la calcination à 300° dans des caisses en tôle chauffées à l'étage supérieur. Il faut pour avoir de beaux produits que la porphyration du massicot ait été très-soignée et la chaleur du 2e grillage bien graduée.

On sait que le minium sert de principe colorant pour plusieurs industries — il est également employé dans la fabrication du cristal pour obtenir des verres incolores; dans ces derniers cas il faut une qualité de minium très-pure.

*La céruse* est le carbonate de plomb artificiel dont la composition se rapproche de la formule $PbO,HO + 2PbO,CO^2$ — on l'obtient par diverses méthodes.

1° *Dans le procédé hollandais*, on met une feuille de plomb en spirale dans un vase en terre ayant au fond de l'acide acétique.

On réunit ensuite et l'on groupe par lits successifs dans une grande fosse tous les pots ainsi préparés en intercalant entre ces lits des couches de fumier de cheval et en ayant soin de réserver dans l'ensemble la circulation de l'air.

La fermentation du fumier donne la chaleur nécessaire à la volatilisation de l'acide acétique. Les vapeurs acides et l'air forment bientôt les acétates de plomb que l'acide carbonique, fourni également par la fermentation du fumier, vient transformer en carbonate de plomb ; l'opération dure trente à trente-cinq jours.

2° *Dans le procédé de Clichy* dû à M. Thénard, le carbonate de plomb est obtenu par un courant d'acide carbonique dans une dissolution d'acétate tribasique de plomb. La céruse une foie précipitée et séparée, la liqueur qui n'est plus que de l'acétate neutre de plomb est de nouveau transformée en acétate tribasique pour servir à une autre opération.

3° *Dans le procédé anglais et autrichien*, le plomb en feuille mince est chauffé dans des auges en schiste à une température d'au moins 100°; on fait ensuite arriver un courant d'air mélangé à de l'acide carbonique, à de la vapeur d'eau et à des vapeurs d'acide acétique; on réalise ainsi des conditions voisines de celles du procédé hollandais avec cet avantage qu'on évite les combinaisons de l'oxyde de plomb avec des acides organiques produits par les fumiers.

La céruse est principalement employée dans la peinture; elle permet d'obtenir une couleur d'un blanc très-pur et surtout très-opaque.

**Cours du plomb.** — Le plomb est un métal dont la production et la consommation sont relativement assez régulières; néanmoins, les fluctuations dans

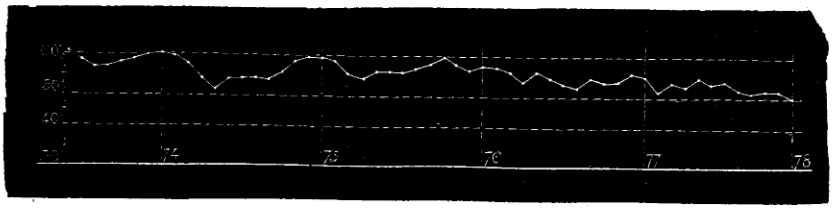



Fig. 8.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les prix ont atteint dans la période des cinq dernières années des écarts assez considérables puisque les valeurs extrêmes ont été 60 et 50 francs $^0/_0$ kil. c'est-à-dire que le cours le plus bas est.d'environ 17 $^0/_0$ au-dessous du plus haut.

La courbe de la fig. 8 exprime assez bien les oscillations des cours du plomb brut en saumon sur la place de Paris.

Les différents prix relevés sont sensiblement les moyennes des prix pour les plombs d'Espagne et de France.

On pourrait ajouter que dans le courant de l'année 1878 une nouvelle baisse dans le cours fait descendre le prix du plomb à moins de $40^f$ $^0/_0$ kil. ce qui porte l'écart à $30^0/_0$ de la valeur constatée en 1873. —

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# L'ARGENT

**Minerais.** — Les minerais dont on retire l'argent contiennent presque toujours d'autres métaux utilisables; on les a groupés en deux classes :

1° Les minerais dont la teneur en argent est un élément sérieux mais non exclusif d'exploitation, comme la galène, le sulfure de cuivre, le cuivre gris, les sulfures d'antimoine et de zinc, etc., quand ils sont argentifères;

2° Les minerais d'argent proprement dits, c'est-à-dire ceux qui ne renferment pas d'autre métal utilisé.

D'ailleurs, dans l'un et l'autre cas, l'argent se rencontre surtout à l'état d'*argent natif*, de *sulfure*, de *sulfo-arseniure*, de *sulfo-antimoniure*, de *chlorure*, *bromure* et *iodure d'argent* ou encore d'*amalgame d'argent*.

*L'argent natif* est presque toujours avec le chlorure; il est en général peu abondant et disséminé dans des minerais de cuivre, de cobalt et de nickel; on le rencontre en particulier dans les mines du lac Supérieur, accompagnant le cuivre natif; on cite également parmi les plus riches filons d'argent natif, ceux du Kongsberg (Norwége). La densité de l'argent natif est d'environ 10 à 11.

Le *sulfure d'argent* correspond à la formule $Ag\,S$, et contient à peu près les 87 % de son poids en argent, ce qui répondrait à la teneur théorique. C'est un minéral connu par la propriété caractéristique de pouvoir être coupé au couteau et d'être fusible à la flamme d'une bougie. Sa densité est d'environ 7. Le sulfure d'argent est généralement mélangé intimement à d'autres sulfures, au point d'admettre la formation de sulfures doubles; tels sont les sulfures d'argent et de cuivre, d'argent et de plomb, d'argent et de fer; la teneur descend dans ces composés à 50, à 30 % et jusqu'a 12 % d'argent.

Les *arsenio* et *antimonio sulfures d'argent* ont été rencontrés en veinules et géodes assez importantes au Mexique, au Chili, au Pérou, en Saxe, en Bohême, etc. Leur composition est approximativement exprimée par les formules

$$3\,Ag\,S + As^2S^3 \text{ et } 3\,Ag\,S + Sb^2S^3$$

avec une teneur en argent de 64 à 59 %. Les densités sont respectivement d'environ 5,5 pour l'arsenio-sulfure, et 5,8 pour l'antimonio-sulfure.

Le *chlorure-bromure* et *iodure d'argent* se trouvent souvent ensemble, mais le chlorure est presque toujours le plus abondant. Les gisements qui en ont fourni des quantités un peu notables, sont ceux du Mexique, de l'Amérique du Sud, ou encore de Guadal-Canal en Espagne, de Chanarcillo au Chili, et d'Huelgoat en France. La composition respective de chacun de ces minéraux est sensiblement exprimée par les formules $Ag\,Cl$, $Ag\,Br$, $Ag\,Io$, qui correspondent à des teneurs en argent de 75,9 — 57,3 et 45, 9 %.

Les *amalgames argentifères* ont une teneur très variable; ils répondent en effet à peu près aux formules $Hg^2Ag$ et $HgAg^2$ qui renferment de 30 à 35 % d'argent ou plus de 85 %. On rencontre le premier type d'amalgame en Europe à Almaden, en Hongrie et dans le Palatinat. Le second a été signalé au Chili, dans la mine d'Arqueros.

On admet en général que les minerais d'argent renferment ce métal sous un état chimique analogue à celui qui constitue leur masse principale. C'est ainsi que dans les galènes, ou dans les minerais blendeux, ou encore dans les sulfures de cuivre et d'antimoine, l'argent doit être à l'état de sulfure. De même dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les cuivres gris, dans le carbonate de plomb, il existerait des antimonio-sulfure et carbonate d'argent.

Les minerais d'argent les plus répandus sont la galène et les cuivres gris argentifères. La pyrite est assez rarement argentifère; elle contient plus souvent de l'or et, comme conséquence, l'argent est quelquefois aurifère quand il provient de galène ou de sulfures de cuivre accompagnés de pyrite.

Les galènes et cuivres gris renferment une quantité très-variable d'argent.

En France les galènes, qui sont d'ailleurs souvent argentifères, contiennent en général 50 à 200 grammes par cent kilogrammes de plomb d'œuvre; mais, dans certains filons comme ceux de direction (Hv), dans la partie sud-est du massif central, la richesse atteint et dépasse même une teneur de 700 grammes.

Le cuivre gris des hautes vallées du Pérou, dans le département des Anchacs, ou du district de Chanarcillo au Chili, et ceux du Colorado, ont atteint quelquefois le rendement de 60 kilogs par tonne de minerai.

D'autres gisements non moins remarquables et qui donnent des minerais d'argent proprement dits sont, par exemple, ceux de Real del Monte au Mexique, où l'on a obtenu après cassage et triage, jusqu'à la proportion énorme de 22 à 100 kilogrammes par tonne de minerai. Ceux de la province de Nevada, aux États-Unis, où se trouve le fameux filon de Comstock qui a fourni en argent depuis 1859, pour plus de un milliard, ceux de Felhattacup, en Californie, dont les échantillons après cassage et triage ont donné jusqu'à 8 kilogrammes d'argent, et $1^{k},4$ d'or à la tonne de minerai; enfin, l'on a atteint dans les mines de Burning Mascow en Virginie, le rendement de 35 kilogs d'argent,et 5 à 6 kilogs d'or par tonne de minerai.

Dans ces minerais de richesse exceptionnelle, l'argent est à l'état natif, et surtout à l'état de sulfure d'argent; mais les chlorures bromure et iodure ont fourni également des rendements remarquables dans quelques mines de l'Amérique du Sud, et plus particulièrement au Mexique, dans les districts de Ganaxuato et Zacaselas; enfin des minerais avec arsenio et antimonio sulfures d'argent ont atteint des teneurs élevées dans les grandes exploitation de Hartz et Schemnitz, etc.

En résumé, on peut dire que les minerais d'argent se rencontrent en bien des points du globe, et sur quelques-uns avec une abondance qui a pu faire craindre de voir se modifier un jour le rapport existant entre la valeur de l'or et celle de l'argent.

En Amérique surtout, sont accumulés les plus remarquables gisements argentifères; ils y atteignent un développement considérable : c'est sur 88 degrés de latitude, depuis l'extrémité du Chili, jusqu'aux provinces septentrionales des États-Unis (Nevada-Utah-Montana) etc., que s'étend la longue ligne jalonnée de distance en distance par des exploitations de filons argentifères; sur quelques points, le nombre de ces filons est énorme; par exemple dans la seule contrée du Mexique, on en compte déjà plus de 5000. Il faut tenir compte également, qu'à certains caractères d'unité dans leur origine et leur mode de formation, des géologues ont cru pouvoir conclure que tous les gisements reconnus dans les deux Amérique, appartenaient à un système commun. On est donc en droit de supposer qu'entre les gisements connus aujourd'hui, on découvrira encore d'autres filons importants par leur puissance et par leur richesse.

**Vente des minerais d'argent.** — La vente des minerais d'argent, au point de vue du métal précieux, se fait sur des bases assez variables.

*En France*, il est rare aujourd'hui, après les variations de cours constatées dans ces dernières années, que l'on admette une valeur fixe pour l'argent; (s'il en était ainsi, on prendrait de 17 à 21 $^{c}/^{m}$ le gramme). Voici une des formules appliquées pour déterminer la valeur de l'argent dans le minerai.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On prend la moyenne d'une cote hebdomadaire officielle de l'once Standard à Londres, et du cours de la livre sterling à Paris. On multiplie l'une par l'autre et divise le produit par 69042. Ceci donne le prix de l'argent fin à Londres; on ajoute $\frac{2}{1000}$ et on a celui de l'argent fin à Paris.

Quel que soit le mode de détermination de la valeur de l'argent fin, on en prend les $^{21}/_{22}$ et l'on a le taux auquel sera payée l'unité d'argent exprimée en grammes.

On multiplie ce chiffre par celui de la teneur, et enfin on en retranche 6 fr. par 100 kilogrammes de plomb payé, pour frais de traitement.

Le résultat obtenu est la valeur de l'argent que renferme le minerai, ce prix s'entendant franco aux usines destinatrices.

Pour le plomb contenu, on le paie en partant du cours du plomb net; puis on réduit sur la teneur trouvée :

6 % quand le minerai est riche à plus de 75 %
6,25 % » » de 65 à 75 %
6,50 % » » de 55 à 65 %
7 % » » à moins de 55 %

et l'on retranche de la valeur ainsi établie 60 à 65 par mille kilogrammes pour les frais de traitement.

D'ordinaire on admet aujourd'hui dans le minerai de plomb la présence d'une certaine quantité de zinc; ainsi on tolère 5 % de zinc sans demander de réduction de prix; mais de 5 à 12 % de zinc on diminue 3f,25 par unité de zinc contenue, et s'il y a plus de 12 % de zinc on refuse en général le minerai de plomb.

*Dans les usines allemandes des bords du Rhin*, la formule d'achat est plus simple; on paie l'argent un prix ferme qui est en ce moment d'environ 0f,1825 le gramme sans aucune retenue. Le plomb qui se trouve dans les mêmes minerais se paie de son côté sur sa teneur entière et d'après la cote du jour d'une marque anglaise déterminée; on retranche seulement 8 fr. 75 par cent kilogrammes de minerai, pour frais de traitement à l'usine.

*Dans les usines de l'État Saxon* à Freyberg, on a établi en 1873 le tarif suivant, pour l'achat des minerais ou matières diverses argentifères; ce tarif s'applique aux minerais rendus franco dans les usines et contenant moins de 5 % de zinc.

| TENEUR en argent de la matière à fondre p. 100. | PAIEMENT des 500 gr. d'argent en marcs (1f,25). | PRIX pour 1 quintal ou 50 kil. de la matière à fondre. | TENEUR en argent de la matière à fondre p. 100. | PAIEMENT des 500 gr. d'argent en marcs (1f,25). | PRIX pour 1 quintal ou 50 kil. de la matière à fondre. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,01 | 12,00 | 0,12 | 0,30 | 71,1 | 21,33 |
| 0,02 | 22,50 | 0,45 | 0,40 | 73,2 | 29,28 |
| 0,03 | 30,00 | 0,90 | 0,50 | 74,5 | 37,25 |
| 0,04 | 36,00 | 1,44 | 0,60 | 75,5 | 45,30 |
| 0,05 | 42,00 | 2,10 | 0,70 | 76,2 | 53,34 |
| 0,06 | 46,20 | 2,77 | 0,80 | 76,9 | 61,52 |
| 0,07 | 49,00 | 3,43 | 0,90 | 77,5 | 69,75 |
| 0,08 | 51,70 | 4,13 | 1,00 | 78,00 | 78,00 |
| 0,09 | 53,90 | 4,85 | 1,20 | 78,6 | 94,32 |
| 0,10 | 56,00 | 5,60 | 1,40 | 79,1 | 110,74 |
| 0,11 | 57,60 | 6,33 | 1,60 | 79,5 | 127,20 |
| 0,12 | 59,00 | 7,08 | 1,80 | 79,8 | 143 64 |
| 0,13 | 60,40 | 7,85 | 2,00 | 80,00 | 160,00 |
| 0,14 | 61,80 | 8,65 | 5,00 | 80,7 | 403,5 |
| 0,15 | 63,00 | 9,45 | 10,00 | 81,3 | 813,00 |
| 0,16 | 64,00 | 10,24 | 20,00 | 82,4 | 1,648,00 |
| 0,18 | 66,00 | 11,88 | 30,00 | 83,4 | 2,502,00 |
| 0,20 | 67,40 | 13,48 | 40,00 | 84,00 | 3,360,00 |
| 0,25 | 69,70 | 17,42 | | | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La teneur est déterminée par des essayeurs attitrés; elle est rapportée au poids de la matière sèche et exprimée à 0,005 % près pour les minerais riches à moins de 0,25 % et à 0,01 % près pour ceux dont la richesse est comprise entre 0,25 % et 2 %; au delà, l'approximation est à 0,02 %. Le tableau de la page 172 donne la valeur proportionnelle admise, d'après la richesse des matières, pour les 500 grammes d'argent contenus, valeur établie en admettant 111f,87 pour le prix des 500 grammes d'argent pur.

C'est donc la teneur même du minerai quand elle est porté sur ce tableau, ou c'est la teneur immédiatement inférieure quand elle n'y est pas exactement, qui détermine le prix de base des 500 grammes d'argent; ce dernier est modifié d'après les variations du cours de l'argent à la cote officielle minima de Hambourg que l'on diminue d'un marc par quintal pour frais de courtage.

*Dans les usines américaines* on admet pour les minerais d'argent une valeur variant avec le degré de richesse; voici quelques exemples des évaluations à prix fixe qui servaient de base dans les achats en 1876.

| NOMS DES USINES. | TENEUR EN ARGENT. Onces par tonne. | TENEUR EN ARGENT. Grammes par tonne. | VALEUR commerciale de l'once en francs. |
|---|---|---|---|
| Usine de Black-Hawk, au Colorado | 40 | 1,242gr | 1f53 |
| | 87 | 2,703 | 2,16 |
| | 100 | 3,107 | 2,93 |
| | 200 | 6,214 | 3,96 |
| | 300 | 9,321 | 4,275 |
| | 400 | 12,428 | 4,46 |
| | 500 | 15,535 | 4,597 |
| | 600 | 18,642 | 4,68 |
| | 700 | 21,749 | 4,74 |
| | 800 | 24,856 | 4,79 |
| | 900 | 27,963 | 4,83 |
| | 1,000 | 31,070 | 4,88 |
| | 2,000 | 64,140 | 4,97 |
| Usines diverses, au Colorado. | 40 | 1,243 | 1,182 |
| | 50 | 1,553 | 1,614 |
| | 60 | 1,864 | 2,125 |
| | 70 | 2,175 | 2,498 |
| | 80 | 2,486 | 2,761 |
| | 90 | 2,796 | 2,837 |
| | 100 | 3,107 | 2,995 |
| | 150 | 4,660 | 3,617 |
| | 200 | 6,214 | 3,995 |
| | 300 | 9,321 | 4,267 |

| HAUTES VALLÉES du Pérou. | MARC par caisson, soit 3,000. kilog. | TENEUR en argent en kilogr. par tonne. | VALEUR commerciale du kilogr. d'argent. |
|---|---|---|---|
| Département des Anchacs (l'argent seul est payé dans le minerai) | 20 à 25 | 1,6 à 2k | 87f |
| | 25 30 | 2 2,4 | 120 |
| | 30 40 | 2,4 3,2 | 130 |
| | 40 100 | 3,2 8 | 150 |
| | 100 et au-dessus | 8 et au-dessus | 175 |
| District de Charnacillo, au Chili | 6 | 0,500 | 22 |
| | 8 | 0,640 | 14 |
| | 20 | 1,600 | 80 à 87 |
| | 25 | 2 | 95 |
| | 100 | 8 | 150 à 160 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Traitement métallurgique.** — Les méthodes suivies pour extraire l'argent peuvent être classées d'abord, d'après la teneur des minerais.

Si le minerai est pauvre, on est obligé de passer par une série d'opérations préliminaires ayant pour but de concentrer le métal précieux dans un produit intermédiaire; s'il est d'une teneur au-dessus de 0,001, on peut le traiter directement en procédant soit par amalgamation, soit par voie humide.

Le produit intermédiaire que l'on obtient dans le traitement du minerai pauvre, dépend de son côté de la nature des matières traitées; avec des minerais plombo-argentifères, après avoir employé soit la méthode par grillage et réduction comme à Freyberg, soit la méthode par précipitation comme au Hartz, on arrive successivement à des mattes et à un plomb d'œuvre, riches en argent; avec des minerais argentifères contenant à la fois du plomb et du cuivre, on passe par une série de grillages et de fusions ayant pour effet de concentrer l'argent dans un plomb d'œuvre ou dans du cuivre noir; enfin si l'on doit traiter des minerais ne contenant pas de soufre, celui-ci est introduit par une addition soit de pyrites de fer, soit de sulfates de baryte et de chaux mélangés à des matières ferrugineuses, comme on l'a fait dans les usines russes du mont Altaï; on arrive encore, comme produit final, à une matte argentifère.

En résumé, avec des minerais pauvres, l'argent est peu à peu concentré dans des produits : mattes, plomb d'œuvre ou cuivre noir qui rentrent alors dans la catégorie des minerais suffisamment riches pour être traités directement.

Les mattes et les cuivres noirs sont généralement traités par voie humide; on cherche également dans quelques usines, à en retirer l'argent par l'action du plomb, soit en fondant des matières plombeuses avec les mattes et cuivres noirs, soit par le procédé d'imbibition. Quant au plomb d'œuvre, produit intermédiaire le plus ordinairement employé, on peut le traiter soit par coupellation, soit par pattinsonage, soit encore par le procédé du zingage, pour l'extraction de l'argent contenu.

Avant de passer aux diverses méthodes appliquées à la désargentation proprement dite, voici, en quelques mots, en prenant comme exemple ce qui se passait au Hartz il y a quelques années, en quoi consiste l'ensemble du travail de concentration de l'argent avec des minerais pauvres.

Le minerai se compose d'un mélange de pyrite de fer et de cuivre, avec de la galène; on avait d'abord cherché à multiplier les fontes de réduction et les grillages de mattes; dans ces opérations successives, ces mattes s'appauvrissaient de plus en plus en plomb et en argent, en même temps qu'elles s'enrichissaient en cuivre. Les métaux ainsi obtenus étaient assez impurs, les pertes pendant le traitement fort élevées, et surtout la consommation en combustible exagérée (1).

Un procédé dû à M. le Bergrath Koch donna des résultats bien préférables; la succession des opérations devint la suivante :

1° *Fontes de minerais* avec des scories de cuivre et des scories riches d'un traitement antérieur; on obtient un plomb d'œuvre peu cuivreux, contenant de 92 à 94 °/₀ du plomb et de l'argent primitivement dans le minerai, une matte de 5 et 10 °/₀ de plomb avec un peu d'argent et 3 °/₀ de cuivre, et des scories pauvres.

2° Grillage de la matte en utilisant les gaz sulfureux pour la fabrication de l'acide sulfurique.

3° Fonte de la matte grillée dans un four à manche en vue de donner du plomb d'œuvre argentifère peu cuivreux, une matte enrichie en cuivre à 12 °/₀ environ, et contenant peu d'argent.

(1) Voir études de M. Rivot (Exposition de 1867), comptes-rendus officiels.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° Sériede grillages en cases et refontes au four à manche dans le but d'un traitement spécial pour cuivre, donnant du cuivre noir argentifère et des scories qu'on repasse dans la fusion des minerais.

5° Affinage rapide du cuivre noir, dissolution dans de l'acide sulfurique, et précipitation de l'argent par du cuivre, puis de cuivre par le fer.

6° Les divers plombs d'œuvre sont pattinsonés puis coupellé après enrichissement.

Ce qui caractérise cette nouvelle méthode de traitemént du Hartz, est la séparation produite dès la première opération de la majeure partie du plomb à l'état métallique, et avec lui de presque tout l'argent. Ce résultat est obtenu par la réduction des oxydes de fer des scories basiques; le fer réagit sur le sulfure de plomb; le plomb se précipite et les mattes s'enrichissent en fer et en cuivre, ces deux métaux ayant pour le soufre une affinité plus grande que le plomb.

D'une façon plus générale, le traitement des minerais pauvres d'argent, c'est-à-dire à moins de 1 % de métal précieux se résume comme suit :

1° *Les minerais plombeux* peuvent être traités comme les minerais de plomb quartzeux impurs, soit : par grillage et réduction (fonte plombeuse de Freyberg) par précipitation (Andreasberg au Hartz), par la méthode mixte (Przibram Schemnitz).

2° *Les minerais cuivreux* sont traités comme minerais de cuivre proprement dits (Mansfeld), ou comme minerai d'argent comme il sera dit plus loin.

3° *Les minerais plombo-cuivreux*, sont fondus pour mattes, et pour plomb-d'œuvre par grillage et réduction ou précipitation, comme on le fait avec les minerais impurs du Hartz.

4° *Les minerais d'argent propremens dits* sont soumis d'après leur teneur soit à une fonte plombeuse donnant du plomb d'œuvre et des mattes, soit à l'amalgamation, soit au système d'extraction de l'argent par voie humide.

Il reste enfin à désargenter les produits obtenus. Cette opération peut être exécutée par la *coupellation*, le *pattinsonage* et la *désargentation par le zinc* quand il s'agit de traiter des plombs d'œuvre; par *l'amalgamation*, que l'on emploie avec des minerais de nature et de richesse déterminées; enfin, par diverses méthodes de la *voie humide* proposées ces dernières années en particulier, pour les cuivres noirs, les mattes, et certains minerais spéciaux.

**Désargentation du plomb d'œuvre.** — Étant donné le plomb d'œuvre, c'est-à-dire un alliage composé surtout de plomb et d'argent, la séparation de l'argent est obtenue de deux façons : soit par une élimination progressive du plomb, en laissant l'argent libre à la fin de l'opération, c'est le procédé de la *coupellation;* soit par l'enlèvement immédiat de l'argent lui-même, en profitant de son affinité pour un métal intermédiaire. C'est le *procédé de désargentation par le zinc.*

Maintenant la coupellation est un procédé long et surtout coûteux par le déchet auquel il entraîne, et par la nécessité de revivifier les litharges. On a donc été amené presque partout à abandonner la coupellation directe, et à commencer par un mode de traitement, le pattinsonage, qui permet de retirer de suite sous la forme de plomb doux marchant, la majeure partie du plomb d'œuvre traité; le reste est seul coupellé après avoir été élevé à une teneur en argent beaucoup plus grande.

Voici en quelques mots les points les plus caractéristiques des diverses méthodes : *coupellation*, *pattinsonage*, et *désargentation par le zinc.*

**Coupellation.** — Il est permis d'être très-bref sur cette opération bien connue de la coupellation; son importance est d'ailleurs sensiblement diminuée, puis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'on l'applique aujourd'hui en bien moindre proportion dans les usines à plomb.

Le traitement du plomb d'œuvre se fait dans un four à réverbère à voûte mobile, et dont la sole creusée en calotte sphérique est revêtue de couches de marne tassée avec soin, de manière à être autant que possible imperméable à la litharge. Cette couche de marne constitue ce qu'on nomme la *coupelle*; le plomb une fois introduit et fondu, est soumis à l'action d'un courant d'air forcé qui vient lécher la surface du bain et l'oxyder. Il se produit d'abord un mélange d'oxydes assez complexe de couleur noire (abstrichs) que l'on enlève; il ne reste bientôt plus que de la litharge à peu près pure qui fond, et que l'on coule au fur et à mesure de sa formation. On met encore de côté les premières litharges toujours un peu chargées de métaux étrangers, les litharges marchandes ne viennent qu'après. L'opération est terminée quand l'éclair apparaît, c'est-à-dire au moment ou la surface du gateau d'argent couverte jusque là par l'oxyde, est mise à nu brusquement.

L'argent ainsi obtenu renferme une proportion assez notable de plomb, 4 à 8 $^0/_0$; on est obligé de lui faire subir une nouvelle coupellation. Quant aux litharges impures, elles sont revivifiées dans un four à manche. L'oxyde de plomb est réduit, le plomb métallique est coulé en lingots.

Les frais de coupellation sont assez variables et dépendent surtout de la nature du plomb d'œuvre traité.

Dans les usines du Hartz, ou le plomb d'œuvre est assez impur, le déchet en plomb est élevé, 7 à 8 $^0/_0$ pendant la seule opération de la coupellation; aussi le prix de revient varie de 50 à 60 francs par tonne de plomb d'œuvre traité, et atteint 70 à 75 francs, en y comprenant les frais de revivification.

Dans les usines Silésiennes, avec des plombs d'œuvre purs, le déchet se tient à 4 ou 5 $^0/_0$ y compris les pertes provenant de la revivification; le prix de revient n'est guère que de 30 fr. au total.

En Angleterre et en Belgique, l'ensemble des frais varie de 40 à 50 francs.

**Pattinsonage.** — Les frais de la coupellation étant très élevés, l'extraction, par cette méthode, de l'argent contenu dans le plomb d'œuvre, ne sera possible qu'avec une teneur minima d'argent assez forte, et d'autant plus forte que les plombs d'œuvre sont plus impurs, ainsi que le montre la comparaison des prix de revient des usines du Hartz et de la Silésie (1).

On a donc été amené d'abord à demander à l'opération du Pattinsonage la *concentration* du plomb d'œuvre, c'est-à-dire l'élévation de la teneur en argent pour permettre le traitement par coupellation.

Mais en réalité, le pattinsonage est surtout utile comme méthode d'appauvrissement, c'est-à-dire comme méthode donnant une proportion considérable de plomb doux marchand, sans passer par l'oxydation préalable du métal; le plomb doux ainsi obtenu est même de qualité supérieure à celle du plomb que l'on produit par la revivification des litharges.

L'opération du Pattinsonage est basée sur ce principe que, lorsqu'une certaine quantité de plomb fondu se refroidit lentement, il s'y forme des grumeaux cristallins de plomb pauvre, dont la densité est supérieure à celle de la masse demeurée liquide, et dans laquelle se concentre l'argent. Il ne reste plus, à un moment convenable, qu'à séparer le plomb fondu des cristaux qui se sont formés.

En répétant cette opération d'une part sur les plombs de plus en plus pauvres, et d'autre part sur les plombs de plus en plus riches, on arrive à abaisser la

(1) Mémoire sur l'état actuel de la métallurgie du plomb. *Annales des Mines*, 6e série, t. III.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teneur des premiers à 10 ou 15 grammes d'argent par mille kilogs, et à élever la teneur des seconds à 1,000 ou 1,500 grammes (1).

L'avancement progressif, obtenu à chaque opération, varie suivant la base de partage du plomb d'œuvre que l'on a adoptée, c'est-à-dire suivant que le poids des cristaux séparés par opération est moitié, deux tiers, ou tout autre rapport de la masse traitée. L'appauvrissement et l'enrichissement dépendent également de la teneur même du plomb d'œuvre pattinsoné, et sont d'autant plus faibles que cette teneur est moindre.

On prend souvent comme base de partage les nombres 3 et 8; cela tient sans doute à ce fait que la teneur en argent est sensiblement doublée quand on a enlevé en cristaux les $\frac{2}{3}$ du poids traité et triplée, quand on en retire les $\frac{7}{8}$; mais, dans chaque cas particulier, il serait nécessaire de rechercher le mode de traitement le plus économique pour une teneur déterminée; en même temps, d'après ce qui a été dit plus haut, l'appauvrissement et l'enrichissement étant d'autant moindre que la teneur est plus faible, il semble naturel, comme le fait observer M. Gruner, que l'appauvrissement soit conduit avec une base de partage plus forte à la fin qu'au début et que l'inverse ait lieu pour l'enrichissement.

L'opération du Pattinsonage se fait dans des chaudières contenant 10, 12 et même 15 tonnes de plomb ; elle peut être conduite de deux façons : soit avec un nombre de chaudières égal à celui des opérations distinctes nécessaires pour arriver aux deux extrêmes de la série des plombs riche et pauvre, soit avec un ou plusieurs groupes de deux chaudières, *dites conjuguées,* chaque groupe ayant un travail indépendant.

Dans le premier cas, *on marche par batterie;* les produits intermédiaires sont immédiatement retraités; le travail est continu et partant plus économique; mais il faut pouvoir alimenter toutes ces chaudières et pour cela l'atelier doit traiter au moins environ 300 tonnes par mois.

L'autre méthode, par *chaudières conjuguées*, se prête à une production d'importance quelconque; les cristaux réunis sont chargés tour à tour dans les deux chaudières; le plomb liquide est immédiatement lingoté et mis en réserve; on le groupe par teneur pour le reprendre ensuite quand on a le chargement complet d'une chaudière. On peut évaluer à 60 ou 70 tonnes par mois la production d'une paire de chaudières avec un travail de jour et de nuit.

Quand on commença à employer la méthode du Pattinsonage, on se mit d'abord à enlever les crasses et les cristaux à la main, à l'aide d'une écumoire pesant plus de 150 kilogrammes; ce travail très-pénible entraînait à de lourdes dépenses de main-d'œuvre car le poids du plomb d'œuvre manipulé est quelquefois de 20 à 30 fois celui du plomb obtenu (2).

Pour atténuer cet inconvénient on a supprimé chez MM. *Laveissière* l'écumage des cristaux; on soutire le plomb liquide; l'installation comprend deux chaudières placées de telle sorte que l'on puisse couler le plomb de l'une

(1) On ne pourrait dépasser la teneur de 2250 grammes, l'alliage se figeant alors à la température où se forment les cristaux.

(2) M. Gruner indique dans son mémoire sur l'état actuel de la métallurgie du plomb que ce rapport est de 18 à Stollberg et à Rouen et qu'il s'élève à 30 à Freyberg et à Tarnowitz, aussi les frais de main-d'œuvre sont évalués par tonne de plomb d'œuvre :

à Freyberg à 5f,67
à Stollberg à 5 ,50
à Tarnowitz à 7 ,81.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans l'autre, puis de la seconde jusque dans les lingotières fig. 1 et 2. Le plomb est fondu dans la chaudière supérieure puis amené dans celle de dessous où il se refroidit; les cristaux se forment, et pour éviter leur agglomération on brasse énergiquement à l'aide de deux agitateurs marchant en sens contraire;

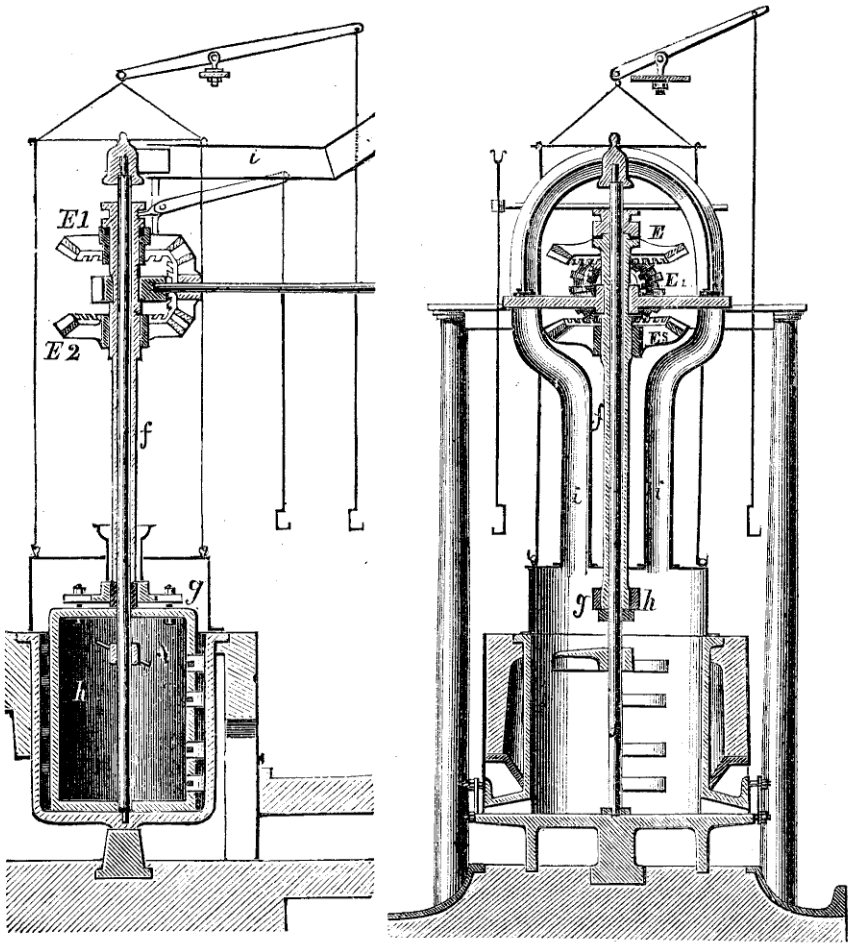



Fig. 1. — Patinsonnage mécanique : Échelle 2 cent. par m. — $f$, arbre central, l'arbre évidé; E, pignon de commande; $E_1$, engrenage par l'arbre $f$; $E_2$, engrenage par l'arbre $f'$; $g$, support de l'agitateur $h$; $i$, conduit pour les vapeurs.

pendant la cristallisation on fond une nouvelle charge de plomb dans la chaudière supérieure, mais on a soin d'en choisir la teneur correspondante à celle des cristaux qui sont dans la chaudière du dessous; cette dernière ayant été débarrassée du plomb liquide qu'elle contenait encore, on coule le nouveau plomb fondu sur les cristaux; le tout redevient liquide et une nouvelle période de cristallisation ne tarde pas à commencer.

Dans ces conditions la main-d'œuvre est réduite d'environ moitié, et le choix des ouvriers devient indifférent ; mais il faut créer un matériel spécial assez

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

important, un moteur d'environ 12 chevaux pour une chaudière de 12 tonnes et toute une installation mécanique : au total 12 à 15,000 fr. par appareil ; on peut cependant admettre que ce procédé a économisé, tant sur la main-d'œuvre que sur le poids des crasses oxydées, de 30 à 40 $^{0}/_{0}$ des frais constatés antérieurement.

L'emploi d'agitateurs pour tenir les cristaux en suspension n'est pas sans inconvénient, et l'on vient de voir en particulier qu'il fallait un moteur d'une force assez considérable, et cela bien que l'on ait le soin de s'en tenir au partage par moitié ou tout au plus par tiers.

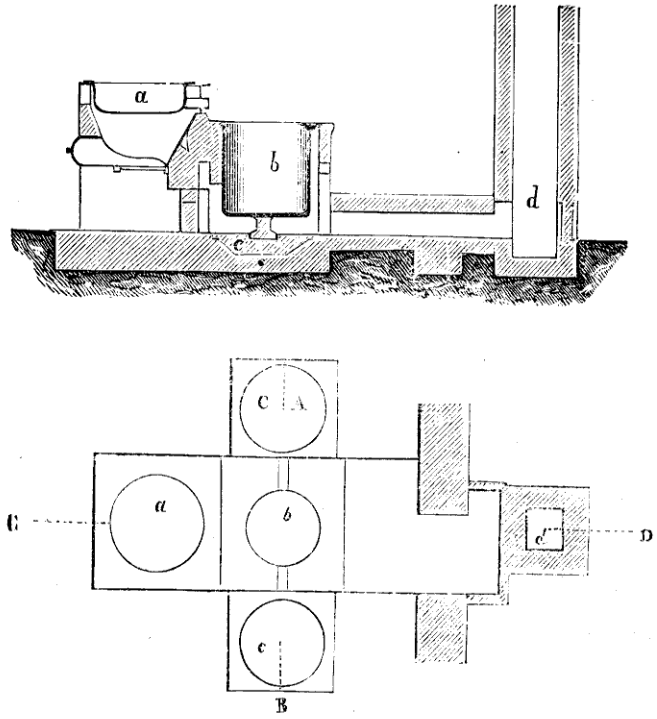



Fig. 2. — *Ensemble de l'atelier de Pattinsonage* (l'appareil mécanique supprimé) : Échelle, 1 cent par m. — Coupe verticale CD. — Plan : *a*, chaudière pour la fusion ; *b*, chaudière de cristallisation ; *c*, lingotières ; *d*, cheminée d'appel.

MM. *Luce et Rozan* ont eu l'idée de produire cette agitation par l'action directe de la vapeur.

Le dispositif employé comprend deux chaudières munies pour la coulée de tubulures fermées par des plaques à friction, elles sont à des niveaux différents, fig. 3.

La chaudière supérieure est d'une capacité de 9 à 10 tonnes ; elle sert à fondre le plomb d'œuvre.

La chaudière inférieure est d'une capacité de 15 à 16 tonnes, c'est dans cette dernière que se fait la cristallisation.

Le plomb d'œuvre une fois fondu est écumé puis coulé dans la chaudière inférieure ; un jet de vapeur facilite le mélange de ce plomb en fusion avec les cristaux de la précédente opération ; un filet d'eau lancé sur la surface du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bain commence le refroidissement et aide à la formation nouvelle des cristaux. L'ouvrier enlève les oxydes formés ; puis, par un tube latéral débouchant à la partie inférieure sous un disque horizontal en fonte, il introduit la vapeur à 3 atmosphères; un bouillonnement considérable se produit qui aide à la séparation du plomb et de l'argent; ce bouillonnement est même assez énergique pour que l'on recouvre la chaudière d'une sorte de couvercle à segments, d'ailleurs mobiles, afin de permettre de les soulever de temps en temps pour en détacher le plomb qui y est projeté; une cheminée entraîne ensuite les fumées dans les chambres de condensation.

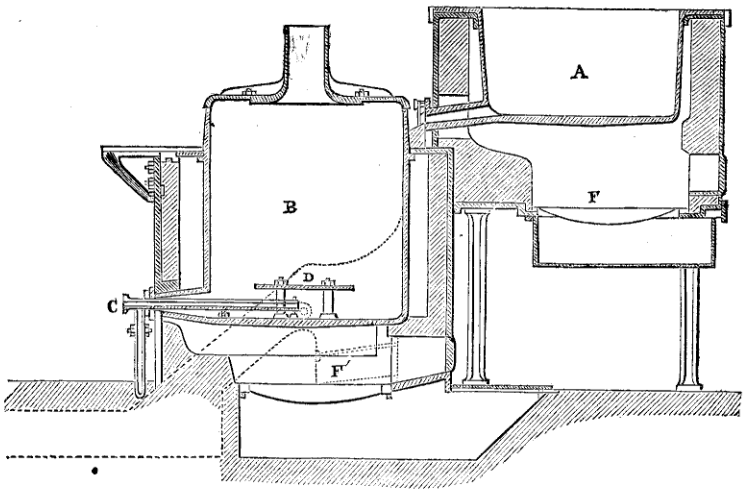



Fig. 3. — *Pattinsonage par le procédé Luce et Rozan* : A, chaudière de 9 à 10 t. où l'on fond le plomb ; B, chaudière de 15 t. où le plomb est soumis à l'action de la vapeur d'eau; C, conduit amenant la vapeur d'eau; D, plaque en fonte qui répartit la vapeur d'eau dans la masse; F F', foyers.

Dans l'usine de MM. Luce et Rozan, on coule le plomb resté liquide quand les 2/3 du poids chargé sont déjà à l'état de cristaux; l'opération dure 1 h. 1/2 à 2 h. Pendant la cristallisation on a fondu dans la chaudière supérieure une nouvelle quantité de plomb d'une teneur correspondante à celle des cristaux qui se trouveront dans la chaudière inférieure; on peut donc immédiatement reprendre le travail après que le plomb liquide enrichi a été soutiré. en résumé on fait environ 13 opérations par 24 heures, et si l'on prend comme type un appareil traitant du plomb à 123 gr. d'argent à la tonne, on peut compter sur une production par 24 heures de 6 à 7 tonnes de plomb marchand, réduit à 15 gr. d'argent.

La vapeur d'eau ainsi employée pour émulsionner le bain de plomb pendant la cristallisation n'a sans doute pas seulement une action mécanique, mais aussi une certaine influence chimique. MM. Luce et Rozan font en effet remarquer que les oxydes obtenus au début de l'opération sont d'abord jaunâtres puis deviennent noirs et chargés en cuivre, ce qui ne se produit pas dans le Pattinsonage ordinaire ; et, de fait, on obtient par ce procédé des plombs marchands, doux sans passer par l'affinage, et l'on peut traiter directement certains plombs aigres qui demandent d'ordinaire une épuration préalable.

Le procédé de MM. Luce et Rozan se recommande par plusieurs avantages :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'oxydation du plomb pendant l'opération est assez faible; la teneur en argent atteint facilement dans les termes extrêmes de la série 12 à 13 gr. et 16 ou 1800 gr. à la tonne; la main-d'œuvre est relativement faible, le nombre des ouvriers peut être moindre puisque l'on fait 13 à 16 tonnes par opération contre 9 à 10 tonnes dans le Pattinsonage ordinaire; enfin on n'a plus besoin d'ouvriers spéciaux.

En résumé le prix de revient, d'après MM. Luce et Rozan, se tient dans les environs de 25 fr. par tonne de plomb traité, tandis que le Pattinsonage pour des plombs impurs peut s'élever à environ 40 fr. On peut voir, dans le tableau suivant, la comparaison établie par ces messieurs entre leur procédé et le travail ordinaire; l'ensemble des frais indiqués pour le Pattinsonage est peut-être un peu élevé, surtout si l'on se sert du dispositif adopté par M. Laveissière.

**Désargentation par le zinc.** — Le procédé de désargentation du plomb d'œuvre par le zinc est basé sur les deux faits suivants :

1° Le zinc et le plomb fondus ensemble, puis maintenus en repos pendant un temps suffisant, se séparent l'un de l'autre, le zinc monte à la surface entraînant environ 2 % de plomb, celui-ci reste au fond conservant 0,50 à 0,75 de zinc.

2° Le zinc ayant une plus grande affinité que le plomb pour l'argent entraîne avec lui la presque totalité du métal précieux.

On a constaté d'autre part, dans la pratique, que pour bien désargenter il fallait, dans le traitement de plombs à 1000 et à 1400 grammes, employer 1,5 kilog. de zinc par cent kilogrammes de plomb traité.

Telles sont donc les conditions générales de l'opération : mélanger au plomb d'œuvre environ 1,5 % de son poids de zinc, maintenir le bain métallique en repos, enlever ensuite les croûtes zincifères qui se réunissent à la surface et en extraire l'argent.

L'addition de zinc peut être faite en une ou plusieurs fois; c'est souvent ce dernier mode de procéder que l'on adopte; peut-être cependant y aurait-il avantage à substituer le zingage unique suivi d'un long repos et de réchauffages convenablement répétés, à des zingages successifs toujours un peu hâtifs.

Le zinc peut être mélangé au plomb de diverses manières ; on a appliqué : *l'agitation mécanique* du bain par un procédé semblable à celui employé chez MM. Laveissière; *l'arrivée du plomb en pluie*, à travers un tamis de fer sur le zinc fondu; *la dispersion goutte à goutte du zinc* dans le plomb en le mettant dans une écumoire en fer, que l'on plonge dans le plomb et avec laquelle on produit le brassage du bain.

L'opération dure de 4 à 5 heures; une fois les croûtes de zinc argentifères enlevées, il faut en retirer l'argent; pour obtenir ce résultat, on a également procédé d'après plusieurs méthodes :

*La distillation* a été appliquée à la Pise; après avoir liquaté une partie du plomb contenu dans ces matières, on les place dans un creuset que l'on chauffe au rouge. Le zinc distillé, on ne le recueille même pas, il reste un culot de plomb que l'on coupelle (1).

*La chloruration* est employée dans des usines du bord du Rhin, elle consiste à faire réagir au rouge sombre du chlorure de plomb sur les croûtes zincifères, il en résulte du plomb d'œuvre et du chlorure de zinc que l'on sépare; le plomb d'œuvre est coupellé.

Enfin *l'oxydation* par de la vapeur d'eau, imaginée par M. Cordurié, et d'a-

(1) A Friedrichshütte (près Tarnowitz) les écumes de zinc argentifères sont liquatées de façon à ne retirer du plomb que jusqu'à la teneur maxima de 12 % de zinc, puis distillées dans des moufles à zinc avec de la poussière de coke.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## Tableau comparatif des frais de désargentation et de raffinage du plomb.

| PAR LA VAPEUR D'EAU. | | | | | | | PAR LE PATTINSONAGE. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DÉTAIL DES OPÉRATIONS. | Plomb à 123 grammes d'argent. Frais rapportés à la tonne de plomb traité. | | | | | | DÉTAIL DES OPÉRATIONS. | Plomb à 134 grammes d'argent. Frais rapportés à la tonne de plomb traité. | | | |
| | Main-d'œuvre spéciale. | Main-d'œuvre diverse. | Combustible. | Fer, fonte. | Fournitures. | Totaux. | | Main-d'œuvre. | Combustible. | Fournitures. | Totaux. |
| | fr. | fr. | fr. | fr. | fr | fr. | | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Cristallisation | 4,88 | 2,57 | 6,95 | 1,64 | 0,81 | 16,85 | Cristallisation. | 13,68 | 10,51 | 6,15 | 30,34 |
| Épuration | 0,18 | 0,07 | 0,54 | » | 0,14 | 0,93 | Épuration. | » | » | » | 4,60 |
| Coupelle | 1,49 | 0,14 | 1,56 | » | 0,21 | 3,40 | Coupelle. | » | » | » | 6,10 |
| Réduction au réverbère | 0,55 | 0,25 | 1,86 | » | 0,20 | 2,86 | Réduction. | » | » | » | 5,50 |
| Réduction au four à cuve | 0,38 | 0,18 | 0,89 | » | 0,33 | 1,78 | | | | | |
| Total | 7,48 | 3,21 | 11,80 | 1,64 | 1,69 | » | | 13,63 | 10,51 | 6,15 | » |
| Ensemble des frais | » | » | » | » | » | 25,82 | | » | » | » | 46,54 |
| Déchet | 2,4 % du plomb contenu. 1,5 % de l'argent contenu. | | | | | | Déchet. | 3 % du plomb contenu. 1,5 % de l'argent contenu. | | | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bord appliquée dans l'usine de M. de Rothschild au Havre ; ce procédé a fourni une solution beaucoup plus satisfaisante.

L'ensemble de l'installation est indiqué sur la fig. 4. Le plomb est d'abord fondu dans la chaudière supérieure ; on y introduit ensuite le zinc à l'aide d'une boîte en fer percée de trous ; après brassage, repos et écumage, les matières plombo-zincifères sont réunies, puis traitées dans la chaudière *b*, quand elles sont en quantité suffisante ; le traitement consiste, une fois les matières fondues, à faire passer, par le tuyau *t*, un courant de vapeur surchauffée ; on obtient de l'oxyde de zinc et du plomb d'œuvre riche, ce dernier est coupellé, l'oxyde de zinc est soumis à un lavage qui enlève les grenailles et fournit de l'oxyde pur vendu comme blanc de zinc, et de l'oxyde plombeux qu'on réduit au réverbère ou que l'on traite par l'acide chlorhydrique pour dissoudre le zinc et séparer le plomb.

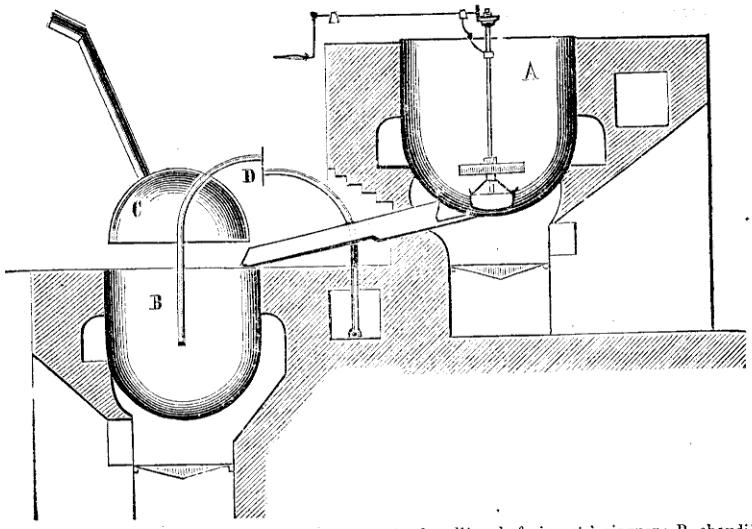



Fig. 4. — Appareil Corduriè : échelle, 2 cent. par m ; A, chaudière de fusion et à zinguer ; B, chaudière où le zinc est oxydé par la vapeur d'eau ; D, tuyau amenant la vapeur d'eau.

Il reste à dire deux mots du plomb légèrement zincifère que l'on a à purifier, après avoir enlevé les croûtes de zinc argentifères.

M. *Corduriè* en produit l'affinage avec la vapeur d'eau, le zinc est enlevé après refroidissement à l'état d'oxyde réuni de la surface.

*Dans les usines* où l'on emploie la chloruration on fait agir le chlorure de plomb qui, après un brassage soigné, permet d'enlever à peu près complétement le zinc à l'état de chlorure.

*A la Pise*, on se contente d'affiner le plomb pauvre au réverbère.

Quoi qu'il en soit, le procédé de désargentation par le zinc offre plusieurs avantages. Il donne moins de déchet que le Pattinsonage, 1 % au lieu de 2 %, il demande une installation beaucoup moins importante, enfin son prix de revient est assez faible ainsi que le montre le détail ci-après, relatif à l'usine du Havre et emprunté au mémoire de M. Gruner sur l'état actuel de la métallurgie du plomb (1).

(1) *Annales des Mines*, 6e série, t. XIII.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | |
|---|---|
| Main-d'œuvre, 1 fr. . . . . | 4f,00 |
| Houille, 100k, à 25 fr. . . . . | 2 ,50 |
| Zinc. 10k, à 560 fr. . . . . | 5 ,60 |
| Plomb (déchet), 10k, à 460 fr. . . . . | 4 ,60 |
| Acide chlorhydrique.. . . . . | 1 ,00 |
| | 17f,70 |

Soit 20 à 25 fr. en y comprenant les frais d'affinage, de coupellation, etc.

**Amalgamation.** — Cette méthode, ainsi que son nom l'indique, consiste à former un amalgame d'argent en traitant le minerai par une certaine proportion de mercure. Mais, pour que l'action du mercure soit effective, il faut d'abord que le minerai soit d'une richesse 1 à 2 kilogr. d'argent à la tonne environ; il faut surtout que l'argent s'y trouve, soit à l'état métallique soit à l'état de chlorure, bromure et iodure. Quand le minerai ne contient pas l'argent sous ces divers états, on l'y ramène d'abord par des opérations préliminaires.

Il n'est pas possible d'entrer ici dans le détail de ces opérations, on peut seulement rappeler brièvement l'ensemble des méthodes appliquées, dans divers centres métallurgiques, pour le traitement préliminaire des minerais, et en même temps le mode d'opérer adopté pour l'amalgamation proprement dite.

*La méthode saxonne*, autrefois appliquée à Freyberg, mais abandonnée depuis une vingtaine d'années, par suite de la modification survenue dans la nature des minerais, avait pour premier objectif la chloruration de l'argent; elle comprenait : le grillage du minerai avec environ 10 % de sel marin, un broyage et tamisage, puis l'amalgamation dans des tonneaux en présence du fer.

Dans le grillage fait au four à réverbère, il se produit de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique; ce dernier décompose le chlorure de sodium; il y a formation de sulfate de soude, et le chlore libre s'unit à l'argent. — L'acide sulfurique se combine également aux autres métaux; mais, grâce à l'excès de soufre, il y a formation de sels au minimum, et ceux-ci, à leur tour, réagissant sur les composés oxygénés de l'argent qui auraient pu se produire, maintiennent ce métal à l'état de chlorure ou à l'état métallique.

Vient ensuite le broyage; ces matières auront, en effet, un contact d'autant plus intime avec le mercure, qu'elles seront en morceaux plus menus et plus réguliers; ce broyage a pour but également de reconnaître les morceaux qui auraient été mal grillés, on les repasse de nouveau au réverbère, lorsqu'un tamisage soigné les a séparés.

Quant à l'opération de l'amalgamation, elle se fait en général sur 4 à 500 kil. de matières grillées, que l'on mélange dans les tonneaux à environ 100 litres d'eau et 10 kil. de fer; on commence par faire tourner les tonneaux sans mercure; pendant cette première période qui dure 1 ou 2 heures, le fer précipite l'argent qui est à l'état de chlorure. On ajoute ensuite du mercure (de 30 à 40 kil.), et l'on reprend le mouvement de rotation des tonneaux, à raison d'environ 20 tours à la minute. Au bout de 15 à 20 heures, l'*amalgamation* est terminée; on fait tourner ensuite un peu moins vite pendant 8 ou 10 heures pour produire le *rassemblement*. L'amalgame est filtré dans des sacs et distillé; le mercure est condensé et recueilli par de nouvelles opérations; l'argent est purifié par des fusions successives qui éliminent le plomb et une partie du cuivre entraînés.

Les frais de cette méthode sont assez élevés car il faut compter sur une perte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 5 à 9 % de l'argent, si on ne refond les résidus après séparation de l'amalgame ; la perte en mercure est d'environ 22 % de l'argent extrait (1).

*L'amalgamation américaine*, dite au patio, s'emploie au Mexique, au Pérou et au Chili ; elle est caractérisée par un travail exclusivement à froid et par ce fait que le mercure doit successivement précipiter et amalgamer l'argent. Le minerai en général à 2k d'argent par tonne, principalement à l'état de sulfure, est finement pulvérisé et étendu sur une aire en pierre, à raison d'environ 300 tonnes à la fois. On ajoute un peu de sel marin et d'eau et on fait piétiner pendant plusieurs jours ; puis, pour obtenir la formation du chlorure d'argent, on ajoute 1 % de magistral ou pyrite cuivreuse grillée. Le sulfate de cuivre introduit par le magistral se transforme au contact du chlorure de sodium en chlorure de cuivre, et ce dernier décompose le sulfate d'argent en lui cédant la moitié du chlore qu'il contient. Le chlorure d'argent se dissout dans le sel marin. C'est alors que l'on ajoute successivement le mercure ; il y a précipitation de l'argent, puis dissolution dans l'excès de mercure.

Dans cette dernière méthode, le mercure sert donc à la fois pour précipiter, puis pour dissoudre l'argent, aussi la consommation en est sensiblement plus forte que dans la méthode saxonne. Il faut remarquer également que quand il y a trop de magistral, le chlorure de cuivre en excès forme un sous-chlorure de mercure, d'où nouvelle perte de métal ; on est donc pris entre deux écueils, ou une amalgamation trop lente ou une consommation exagérée de mercure.

*A Poullaouen*, on employait une méthode mixte pour le traitement des terres rouges d'Hulgoat, contenant de l'argent natif, mélangé de bromure et d'iodure d'argent.

Grâce à la nature des minerais, il était possible de chlorurer par la méthode américaine, et de traiter ensuite les matières dans des tonneaux d'amalgamation comme à Freyberg.

**Traitement par voie humide.** — Le traitement par voie humide s'applique principalement à des mattes argentifères, rarement à des minerais en général *trop pauvres*. Diverses méthodes ont été employées ; on sait que l'ingénieur *Ziervogel* du Mansfeld, avec des mattes cuivreuses argentifères assez pures, c'est-à-dire peu chargées de plomb, d'arsenic ou d'antimoine, procéda par la sulfatisation. Ce premier résultat était obtenu par un grillage modéré ; puis les sulfates une fois dissous dans l'eau chaude, l'argent était précipité par du cuivre (2).

*Procédé Cumenge.* — Une autre méthode fort intéressante, qui débute comme les précédentes par une transformation chimique à chaud et se termine ensuite par les procédés de la voie humide, est celle de M. Cumenge. Cette méthode a pour but de permettre le traitement du mélange intime, cuivre, arsenic, antimoine et argent. Sur beaucoup de points, en Espagne, au Pérou, au Chili, au Colorado, on a été amené à ne pas exploiter des gisements de cuivre gris riches en argent et en or, en présence de la difficulté que l'on rencontrait dans l'élimination de l'arsenic et de l'antimoine. M. Cumenge eut la pensée d'enlever l'un et l'autre par un grillage avec de la vapeur d'eau. Dès 1852, dans une note insérée aux *Annales des mines*, M. Cumenge

(1) On estime à 50 ou 55 fr. les frais de traitement de 100 kil. de minerai à $^{2}/_{1000}$ d'argent.

(2) La méthode Ziervogel est plus économique que la méthode Augustin et que l'amalgamation ; le traitement revient à environ 40 fr. par tonne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donna en détail le principe de son procédé et les dispositions essentielles de son application pratique; mais on reconnut dans la suite (1) quelques difficultés d'exécution ; de nouvelles études furent entreprises et, il y a quelque temps, elles aboutirent à certaines innovations importantes *qui donnèrent les meilleurs résultats*. Pris dans son ensemble, le procédé repose sur l'oxydation de l'arsenic et de l'antimoine par la vapeur d'eau pendant le grillage, et sur ce fait que l'oxydation ainsi produite est limitée par la présence même de l'hydrogène mis en liberté; celui-ci d'ailleurs se combine également au soufre, à l'arsenic et à l'antimoine, et au total, il y a élimination de ces deux éléments nuisibles sous forme de produits volatils ou entraînés par la vapeur. Mais le procédé, réduit à cette seule formule, présente dans son application industrielle de sérieux inconvénients à cause de la longueur de l'opération et de la dépense importante de vapeur d'eau; on en revient alors à favoriser le grillage en introduisant 5 % au maximum de nitrate de soude ; l'oxydation est beaucoup plus active, il y a en même temps production d'une plus grande quantité d'acide sulfurique avec le soufre des matières traitées, et formation de sels doubles solubles. Néanmoins, les influences réductrices ont encore assez d'effet pour empêcher que le fer contenu ne passe au maximum d'oxydation ; il reste au contraire à l'état de sel au minimum. Quant à l'arsenic et à l'antimoine, l'un et l'autre sont toujours éliminés presque complétement par volatilisation; en effet, grâce à l'excès d'acide sulfurique obtenu, il ne peut guère y avoir formation d'arseniate ou antimoniate de soude.

Enfin, pour l'argent, ce qui est le point important, il y a sulfatisation de la plus grande partie, et une certaine quantité est réduite à l'état métallique pendant ou après l'opération par les sels de fer au minimum.

Toutes ces réactions sont nettes et facilement réalisées; mais il faut cependant que l'on ait au préalable fondu les minerais dans un four à manche pour éliminer une bonne partie des matières terreuses qu'il contient. C'est la matte obtenue, dont le poids est d'environ le dixième, quelquefois même le vingtième de celui du minerai, que l'on doit pulvériser et soumettre à l'opération du grillage.

Quoi qu'il en soit, les matières une fois traitées, on se trouve en présence d'un mélange parfaitement préparé à subir l'amalgamation, et c'est ainsi qu'on procéda d'abord en se servant de deux amalgamations successives. Mais l'amalgamation est une opération un peu longue et qui entraînait une consommation coûteuse de mercure. On arriva en définitive à appliquer les procédés de la voie humide.

Dans cette dernière hypothèse, on procède d'abord par le grillage ordinaire tel qu'il vient d'être résumé ; puis, à l'aide d'un tour de main encore tenu secret, on obtient une sulfatisation de tout l'argent comme dans le procédé Ziervogel, mais avec cet avantage que l'acide sulfurique nécessaire existe tout formé dans les sulfates de fer et de cuivre et bisulfates alcalins.

L'argent sulfatisé, et c'est à peu près la totalité (2), est dissout dans 5 à 6 fois son poids d'eau chaude. On le précipite par le cuivre, puis ce dernier est à son tour précipité par le fer, et, grâce à l'élimination de l'arsenic et de l'antimoine, il constitue un excellent minerai marchand.

En somme, pour fixer les idées, étant donné un minerai ordinaire de cuivre gris à 5 % de cuivre et 700 gram. d'argent la tonne, on procède d'abord par une fonte pour matte ; on pulvérise cette matte avec un des broyeurs usités en

(1) Essais conseillés par M. Rivot en Californie.

(2) Le peu d'argent qui n'a pas été dissout est parfaitement amalgamé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pareil cas après l'avoir grenaillée pour faciliter le broyage ; on blute au tamis n° 80 ; vient ensuite le grillage. — Ce grillage se fait avec des fours analogues à ceux employés pour la fabrication du gaz. Les cornues sont en terre réfractaire ; dans la paroi verticale du fond est disposée l'ouverture où débouche le tuyau de vapeur ; sur la voûte vient s'emboîter un tube également en terre réfractaire, communiquant avec la partie supérieure du four et permettant le chargement.

Les matières pulvérisées sont étendues sur une épaisseur de 3 à 4 centim., elles sont remuées avec soin, surtout pendant le début de l'opération, afin d'éviter l'agglomération ; la température rouge obtenue, on introduit la vapeur d'eau ; celle-ci est, si possible, surchauffée ; dans tous les cas, on en règle l'admission de façon à conserver dans la cornue un degré de chaleur compris entre le rouge sombre et le rouge cerise.

On commence par 8 heures de grillage avec la vapeur d'eau seule ; on ajoute le nitrate ; puis, après avoir de nouveau bluté la matière au tamis n° 80, on reprend le grillage pendant environ 4 heures ; il convient de n'ajouter ainsi le nitrate que vers la fin de l'opération pour éviter les arseniates et antimoniates d'argent et de soude. On termine enfin par un grillage de 4 heures pour sulfatiser l'argent. Les sulfates formés sont dissouts dans de l'eau et on précipite l'argent par le cuivre comme il a été dit plus haut (1).

*Procédé Maxwell Lyte.* — On a parlé il y a quelques années déjà, du procédé présenté par M. Maxwell Lyte, pour le traitement par voie humide des minerais argentifères contenant du cuivre et du plomb.

Les principes du procédé sont les suivants :

Une liqueur contenant un excès d'acide sulfurique ou de sulfate alcalin avec une faible proportion de sel marin ou d'acide chlorhydrique, dissout les sulfates ou chlorures de cuivre, mais laisse insolubles les sulfates ou chlorure de plomb et d'argent.

Au contraire, une eau salée concentrée et peu acidulée d'acide sulfurique, ou mieux d'acide chlorhydrique, dissout les sulfates et chlorures de plomb et d'argent.

Pour appliquer le procédé, on commence donc par produire la sulfatisation, la chloruration des métaux ; dans ce but, M. Maxwell Lyte conseille de pulvériser finement le minerai et au besoin de le calciner pour enlever, autant que possible, le soufre et l'arsenic ; puis de l'humecter d'acide sulfurique en quantité suffisante pour convertir en sulfates toutes les bases et conserver un peu d'acide libre, on chauffe le tout jusqu'à diminution des vapeurs blanches d'acide sulfurique, on ajoute ensuite l'acide chlorhydrique.

Si le minerai contient de l'argent, du plomb et du cuivre, on sépare ce dernier métal par une liqueur très-acide et contenant peu de chlorure de sodium, après quoi les sels de plomb et d'argent sont à leur tour dissouts par une eau contenant surtout du chlorure de sodium et fort peu acidulée. Il est bon que ces dernières opérations soient activées par la chaleur, aussi se font-elles de préférence dans des bacs chauffés à la vapeur. Il ne reste plus qu'à précipiter de leurs dissolutions le cuivre, le plomb et l'argent d'après les méthodes connues.

Dans le cas où l'argent serait seul avec le cuivre, M. Maxwell Lyte conseille

(1) D'après les résultats obtenus, on estime approximativement que les frais spéciaux de traitement complet d'une tonne de matte en comptant le combustible à 45 fr. et la main-d'œuvre à 0f,50 l'heure pour le grillage, s'élèvent à environ 150 fr.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'ajouter un peu de plomb sous forme de sulfate ou chlorure avant l'addition d'eau salée au minerai sulfaté.

*Procédé Hunt et Dunglas.* — L'usine Stewart à Georgetower, dans la Colombie (États-Unis), emploie un procédé qui permet d'extraire l'argent soluble des minerais d'une façon beaucoup plus complète et plus économique que par l'amalgamation plus ordinairement employée en Amérique.

Ce procédé est basé sur la différence de la solubilité des chlorures et consiste dans les opérations suivantes :

Le minerai, après avoir été soumis déjà à la chloruration ordinaire dans des fours, est placé dans des tonnes en bois munies d'un agitateur à palettes. On ajoute ensuite une solution de chlorures de fer et de sodium, dite liqueur de Hunt et Dunglas, qui est maintenue en contact avec le minerai pendant 4 à 5 heures; on a eu soin, au préalable, de chauffer la masse avec de la vapeur d'eau, et de créer une atmosphère d'acide sulfureux qu'il faut entretenir pendant toute l'opération.

Sous l'influence commune des divers chlorures introduits ou formés, les sels d'argent qui ont résisté à la première opération de chloruration passent à l'état de chlorure; après repos on soutire la partie liquide et on lave le résidu à l'eau chaude; on n'enlève ainsi que les chlorures de fer et de cuivre.

On procède ensuite dans les mêmes récipients à la dissolution du chlorure d'argent par l'hyposulfite de chaux; dans ce but on élève un peu la température (38°) et brasse environ 3 heures. Après lavage des résidus, on a dans des liqueurs plus ou moins concentrées, à peu près tout l'argent du minerai que l'on précipite enfin à l'état de sulfure, en ajoutant du sulfure de calcium. Il reste à laver le précipité, à le sécher et à le griller à basse température dans un petit four à réverbère, enfin à affiner l'argent pour le purifier des impuretés entraînées (1).

Cette méthode se complète par la revivification des produits employés; la liqueur Hunt et Dunglas au sortir de l'appareil est filtrée, puis on en retire le cuivre par une addition de fer métallique.

La liqueur d'hyposulfite de chaux, après précipitation de l'argent, contient toujours un petit excès de sulfure de calcium employé; par un courant d'acide sulfureux, on transforme le sulfate en hyposulfite.

**Produits spéciaux industriels.** — Sous le nom de produits spéciaux industriels, on peut entendre l'argent brut tel qu'il sort des fonderies, et les principaux alliages formés avec l'argent.

Une fois l'argent brut obtenu par les procédés de la coupellation, de l'amalgamation ou de la précipitation, on doit encore passer par quelques opérations complémentaires pour arriver à l'argent à peu près pur.

*Après la coupellation*, il est nécessaire de raffiner l'argent, surtout quand on a eu à coupeller des plombs provenant du Pattinsonage; le raffinage consiste simplement en une fusion lente et prolongée dans une atmosphère oxydante, avec ou sans addition de réactifs activant l'oxydation, cette opération enlève dans le métal brut impur à peu près ce qu'il reste de plomb et d'antimoine, mais difficilement tout le cuivre.

*Après l'amalgamation*, le mercure disparaît par la calcination, mais il reste souvent d'autres métaux mélangés à l'argent et l'on peut être obligé de passer par une coupellation avant le raffinage.

(1) Pour éviter le plus possible ces impuretés, il faut soigner tout particulièrement le lavage à l'eau chaude qui précède l'action de l'hyposulfite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Après la cémentation*, malgré les soins pris au lavage, il reste toujours du cuivre avec l'argent, ou du plomb, de l'antimoine et de l'arsenic; il en est ainsi par exemple après le traitement par les méthodes Angustin et Ziervogel; on est donc amené également à coupeller et à raffiner.

De ces diverses opérations, on obtient l'argent à peu près pur auquel on mélange du cuivre dans des proportions variant d'après l'application industrielle à laquelle il est destiné.

En France, les titres des principaux alliages employés sont les suivants :

| | Argent. | Cuivre. |
|---|---|---|
| Monnaies | 900 | 100 |
| Bijoux | 800 | 200 |
| Vaisselle | 950 | 50 |
| Soudure | 880 à 670 | 120 à 250 |

Voici enfin quelques mots sur l'importance de la production de l'argent dans le monde entier, et quel est sur ce total l'appoint fourni par l'industrie française, appoint malheureusement bien faible.

Pour le monde entier, la valeur de la production annuelle atteint de 1869 à 1875 une moyenne de 200 millions de francs (1). En 1875, cette production s'est élevée brusquement à 400 millions, que l'on doit répartir approximativement comme suit :

| | |
|---|---|
| États-Unis | 250 millions (2). |
| Amérique espagnole | 100 — |
| Autres pays | 50 — |
| | 400 |

Cette brusque augmentation menace de modifier profondément la valeur relative de l'or et de l'argent; depuis 1868, la valeur de l'or extrait chaque année était sensiblement supérieur à celle de l'argent; il y a presque équilibre aujourd'hui (3) et tendance à un résultat opposé. Aussi le cours de l'argent a-t-il fléchi depuis quelques années et peut-être n'a-t-on pas atteint la limite inférieure à laquelle il devra s'arrêter. Le tableau suivant, résumé d'après les données fournies par les comptes rendus de la Société de Pontgibaud, exprime assez exactement les fluctuations moyennes par année et pour la France de la valeur marchande de l'argent.

| 63-64 | 64-65 | 65-66 | 66-67 | 67-68 | 68-69 | 69-70 | 70-71 | 71-72 | 72-73 | 73-74 | 74-75 | 75-76 | 76-77 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 223f | 221f | 222f | 220f | 221f | 220f | 231f | 219f | 223f | 221f | 215f | 209f | 198f | 197f |

(1) Voir rapport de M. Simonin sur l'exposition de Philadelphie.

(2) Sur ce chiffre, les mines de l'État de Névada, où l'exploitation des gisements argentifères ne remonte guère qu'à 1860, passent brusquement en 1875 d'une production de 80 millions à celle de 200 millions.

(3) On estime à peu près la production annuelle en or à 500 millions de francs; elle serait répartie de la façon suivante :

| | |
|---|---|
| Colonies anglaises | 200 millions |
| État-Unis | 125 — |
| Sibérie | 100 — |
| Amérique espagnole, Brésil | 40 — |
| Europe et Afrique | 35 — |

Rapport de M. Simonin sur l'exposition de Philadelphie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Parallèlement à ces chiffres, voici d'après des statistiques officielles, quelle a été en France la production totale en argent dans les 9 dernières années, et les prix auxquels ressort le kilogr. d'argent.

| | 1867 | 1868 | 1869 | 1870 | 1871 | 1872 | 1873 | 1874 | 1875 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. | fr. |
| Valeur totale. | 8,995,797 | 2,585,240 | 10,112,67 | 8,669,174 | 6,209,078 | 5,577.159 | 8,000,000 | 10,200,000 | 9,800,000 |
| Prix moyen de l'argent. . . | 219 | 217 | 218 | 218 | 219 | 219 | 223 | 209 | 200 |

On voit combien on est loin de la production annuelle des États-Unis et de l'Amérique espagnole.

La production française se répartit dans les départements des Bouches-du-Rhône, du Pas-de-Calais, du Puy-de Dôme, de la Seine-Inférieure, de l'Isère, du Gard, de la Loire-Inférieure et de la Lozère, et principalement dans les départements des Bouches-du-Rhône et du Puy-de-Dôme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LE NICKEL

Les principaux minerais de nickel sont la *pyrite magnétique nickélifère*, les *arseniures* de *nickel* et plus particulièrement le kupfer-nickel, *l'arsenio-sulfure* de *nikcel* ou nickel gris et les *hydrosiliates* de nickel et de magnésie.

La *Pyrite magnétique nickélifère* n'est autre chose que la pyrite magnétique ordinaire contenant une certaine proportion de sulfure de nickel ; c'est un des minerais de nickel des plus importants. On le rencontre surtout en Espagne, en Suède, en Ecosse et en Piémont ; dans ce dernier pays, par exemple, on peut citer les minerais du Val Sesia au milieu des micaschistes et au contact d'un massif dioritique.

La teneur en nickel de ce genre de minerai est en général très-faible ; aux mines du Val-Sesia, dont il vient d'être question, la teneur est de 1 à 1,5 de nickel avec 1 à 0,5 % de cobalt. Le minerai de Sagmyra (Suède) est encore plus pauvre, 0,5 à 0,8 de nickel avec des traces de cobalt. En Écosse quelques pyrites sont sensiblement plus riches, ainsi qu'il est facile de le constater dans les exemples suivants :

| MINERAIS. | MINERAI du Val-Sesia (1). | MINERAI de Sagmyra (2). | MINERAI d'Écosse (3). | PYRITE d'Ecosse (4). |
|---|---|---|---|---|
| Nickel | 1,20 | 0,50 | 7,10 | 22 |
| Cobalt | 1 | traces | » | » |
| Soufre | 28 | 31 | 37 | 30 |
| Cuivre | 0,50 | 0,60 | » | » |
| Fer | 20 | 23 | 50 | 44.10 |
| Gangue | 50 | 45 | 4,50 | 3,20 |
| TOTAL | 100,70 | 100,10 | 98,60 | 99,30 |

Le *kupfer-nickel* est un minerai de nickel assez peu abondant mais du moins plus riche que le précédent, sa composition théorique est $Ni^2$ As. On le rencontre en veines quelquefois assez importantes, mais plutôt en veinules dans des terrains anciens, gneiss ou micaschistes, et surtout en Écosse et en Saxe.

La teneur en nickel de l'échantillon minéralogique est variable, elle a atteint 20 et 30 %. Théoriquement ce devrait être 44 % de métal, la teneur de cobalt est presque toujours très-faible.

*L'arsenio sulfure* ou nickel gris se rencontre aussi dans les schistes ou dans d'autres terrains anciens, il est en général associé à un certain nombre de minéraux : le cuivre gris, la galène, le mispickel, etc. ; on l'a signalé plus parti-

(1) (2) Mémoire de M. Badoureau, t. XII, 7e Série. *Annales des mines.*
(3) (4) Rivot, Docimasie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

culièrement dans le Hartz, en Suède et en Styrie. Dans ce dernier pays il est mélangé à d'autres minerais de nickel comme à Schladming, sur la crête séparant la Styrie du pays de Salsbourg, au milieu de schistes talqueux et amphiboliques.

La teneur du nickel gris pur et répondant à la formule théorique $Ni^2 As S^2$ est 35, 48 % de nickel; la teneur du minerai est toujours inférieure, ainsi que le montre le tableau suivant emprunté au mémoire de M. Badoureau.

| MINERAIS. | SUÈDE. | SCHLADMING (minerai trié). | SCHLADMING (minerai broyers). | |
|---|---|---|---|---|
| Nickel | 29,94 | 38,42 | 11 | |
| Cobalt | 0,92 | » | 1 | 22,2 |
| Cuivre | » | » | 0,2 | |
| Fer | 4,11 | 2,09 | 10 | |
| Soufre | 19,34 | 14,22 | 3 | |
| Arsenic | 45,37 | 42,52 | 38 | 41,0 |
| Quartz et gangue | 0,90 | 1,87 | 37 | |
| TOTAL | 100,58 | 99,12 | 100,2 | |

*Les hydrosilicates de nickel et de magnésie* constituent le nouveau minerai de nickel, beaucoup plus important que les précédents, qui a été signalé pour la première fois par M. J. Garnier en Nouvelle-Calédonie (1). Ce minerai se rencontre en filon au milieu de roches serpentineuses, qui constituent la masse principale de l'île ; il se présente mélangé à des proportions variables d'oxyde de fer, de fer chromé et de cobalt oxydé noir ; il est en fragments de grosseur et de constitution assez diverses; M. J. Garnier distingue :

1° Le minerai pur assez compacte ;

2° Le minerai pur servant d'enveloppe ou d'enduit à des noyaux isolés ou à des poudingues composés de débris de roches serpentineuses ;

3° Le minerai colorant simplement des argiles magnésiennes plus ou moins ferrugineuses ;

4° Le minerai emplissant les cavernes d'une meulière associée aux serpentines ;

5° Le minerai en feuillets minces alternant avec des feuillets de silice pure.

La couleur varie du vert émeraude intense jusqu'au blanc à peine verdâtre suivant la plus ou moins grande richesse en nickel; les analyses suivantes montrent que la teneur en nickel est assez variable, mais reste cependant au-dessus des teneurs ordinaires des minerais de nickel.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Silice | 41,00 | 50 | 37,50 |
| Protoxyde de nickel | 19 nickel 14,76 | 18,50 nickel 14,61 | 8,50 nickel 6,6 |
| Peroxyde de fer | » | 3,50 | 2,50 |
| Alumine | 0,6 | » | » |
| Magnésie | 16,4 | 18,40 | 17,28 |
| Chaux | traces. | | |
| Eau | 20 | 10 | 14,50 |
| Gangue | 3 | » | » |
| TOTAL | 100,00 | 100,4 | 100,28 |

(1) *Bulletin de l'industrie minérale*, t. XV, p. 301.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Par leur abondance et leur pureté, ces minerais ont permis de modifier profondément, comme on le verra plus loin, les méthodes jusqu'alors appliquées dans la métallurgie du nickel.

**Métallurgie du nickel.** — Les procédés employés pour obtenir le nickel peuvent être très-différents, suivant que l'on doit traiter les minerais sulfurés ou arséniés, ordinairement exploités en Europe, ou les minerais oxydés de la Nouvelle-Calédonie.

Pour les premiers, on commence par réunir les métaux nickel et cobalt dans des produits intermédiaires appelés *mattes* ou *speiss*, d'après la nature des minerais dont on est parti, minerais sulfurés ou arséniés; ces produits sont ensuite peu à peu concentrés par une succession de grillages et de fusions; il reste à la fin des oxydes de nickel et de cobalt que l'on réduit en vase clos.

Pour les minerais calédoniens, la plus intéressante des méthodes suivies se rattache essentiellement à la métallurgie du fer ; elle est due à M. J. Garnier ; on commence d'abord par la préparation d'une fonte de fer et de nickel, on procède ensuite par un affinage sur la sole d'un réverbère pour éliminer les métaux étrangers et donner directement du nickel pur.

**Préparation des mattes ou premier traitement des minerais sulfurés.** — On a vu que l'on entend par minerais sulfurés des pyrites magnétiques contenant des proportions assez faibles de sulfure de nickel et de cobalt, avec 50 % de gangue. Dans le traitement par voie sèche de ce minerai, ont été faites les remarques suivantes :

En présence d'un silicate acide, le sulfure de nickel n'est presque pas décomposé, le sulfure de cobalt l'est davantage et une partie du cobalt est perdue dans la scorie.

Fondu avec une matière contenant du soufre, l'oxyde de nickel est décomposé, tout le nickel se combine avec le soufre. Pour l'oxyde de cobalt la réaction n'est que partielle.

Dans ces mêmes conditions, c'est-à-dire au contact du soufre libre ou combiné, le silicate de nickel n'est plus que partiellement décomposé, le silicate de cobalt ne l'est pas du tout.

Comme conséquence, on doit donc avoir comme but d'oxyder peu à peu les matières autres que le nickel et le cobalt, on les enlève ensuite facilement dans les scories tandis que le nickel et le cobalt sont retenus par le soufre dans les mattes formées ; mais il faut avoir soin d'éviter l'oxydation de ces deux métaux et *surtout* leur silicatisation.

Les premiers grillages se font en général en tas ou dans des stalles; l'oxydation est achevée de préférence sur la sole d'un four à réverbère ; le grillage est d'autant plus modéré que l'on a plus de cobalt et que l'on doit comme conséquence éviter avec plus de soin de scorifier. Pour les fusions, on fait les premières dans des fours à cuve et l'on termine souvent dans les fours à réverbère.

L'exemple suivant de traitement est emprunté au mémoire de M. Badoureau dans les *Annales des Mines*.

*L'usine de Sagmyra* (Suède) traite des minerais très-pauvres contenant 0,6 % en nickel et 0,7 % en cuivre. Le grillage des minerais se fait en tas pyramidaux de 3 à 400 tonnes et dure de 3 à 4 semaines.

La première fusion se fait dans un four à cuve ayant $3^m,80$ de hauteur entre le niveau des tuyères et celui du gueulard; la section est trapézoïdale; 3 tuyères sont placées sur la face arrière et une sur chacune des faces latérales, au total cinq; une sixième ouverture est réservée sur le devant pour permettre l'éva-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cuation des scories et la coulée de la matte, celle-ci est en moyenne riche à 4 % de nickel et 4,5 % de cuivre.

Vient ensuite un nouveau grillage; la matte première, mise en tas d'environ 25 tonnes, est passée à 4 ou 5 feux; cette opération a pour but d'oxyder une nouvelle quantité de métaux étrangers ; ce résultat n'est pas atteint sans que le nickel et le cobalt ne s'oxydent également un peu, mais, comme on évite la scorification, la réduction des oxydes ainsi formés s'obtient assez facilement.

Les matières grillées sont fondues dans un autre four à cuve de 3 mètres de haut à poitrine fermée, la nouvelle matte obtenue contient environ 25 % de nickel et 25 % de cuivre.

La matte seconde enrichie est granulée au moment de sa coulée, puis grillée dans un four à réverbère à travail continu; le grillage dure 24 heures, la chaleur est fournie par le gaz du four à cuve de première fusion.

Une dernière fusion obtenue sur la sole d'un four à réverbère fournit enfin une matte contenant 35 % de nickel, 40 % de cuivre et moins de 1/2 % de fer.

On aurait également, il y a quelque temps, cherché à supprimer le deuxième grillage et la deuxième fusion ; la matte première est alors granulée et traitée par de l'acide sulfurique faible ; on dissout ainsi une grande partie du fer avec des traces seulement de nickel, ce qui sépare le fer du nickel, but cherché dans les opérations intermédiaires de grillage et de fusion ; mais ce procédé a l'inconvénient de donner une grande quantité de sulfate de fer dont on est quelquefois embarrassé.

**Préparation des speiss ou premier traitement des minerais arsenicaux.** — Les minerais arsenicaux subissent, comme les minerais sulfurés, une série de grillages et de fusions ; on réunit d'abord le nickel et le cobalt par une première fusion, dans un produit nouveau appelé speiss, mélange complexe d'arséniures formés avec tous les métaux contenus dans le minerai; on concentre ensuite le nickel et le cobalt dans le speiss en débarrassant ce dernier des métaux plus oxydables qu'il renferme.

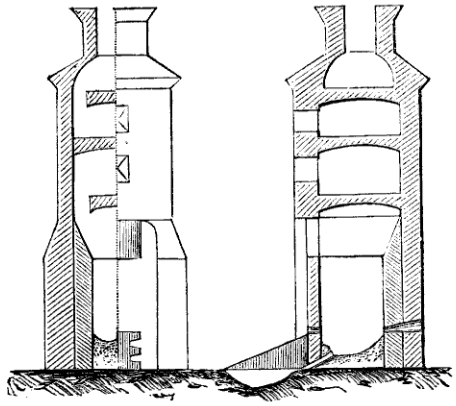


Fig. 1 et 2. — *Four de fusion* de Hopfriesen, coupe verticale

Pour régler ces diverses opérations, on tient compte des réactions suivantes analogues à celles que l'on a constatées pour le traitement des minerais sulfurés.

Les arséniures de nickel et de cobalt, en présence de scories à 33 % d'oxyde de fer, ne cèdent presque pas de nickel et de cobalt.

L'oxyde de nickel fondu en présence d'arsenic ou de mispickel est entièrement décomposé, le nickel s'unit à l'arsenic; cette réaction n'est que partielle avec l'oxyde de cobalt.

Le silicate de nickel, mis également en fusion en présence d'arsenic libre ou combiné est partiellement décomposé, le silicate de cobalt est encore plus incomplétement attaqué.

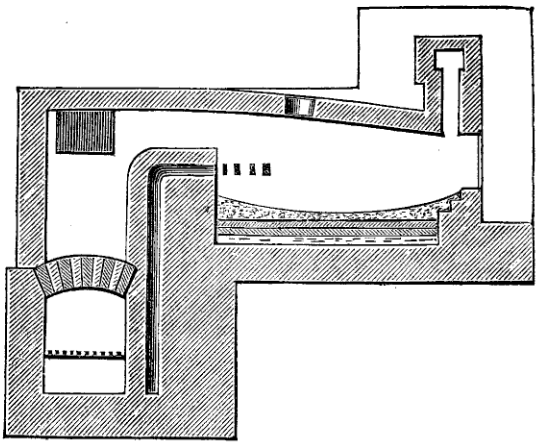
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D'après ce qui précède, les grillages sont donc conduits de façon à éviter l'oxydation et surtout la silicatisation du nickel et du cobalt ; on se sert en général, pour ces grillages, de fours à réverbère; cependant pour les speiss riches, les premiers grillages se font en tas.

Pour la fusion, on opère dans des petits fours à cuve, celui représenté par les fig. 1 et 2 est cité par M. Badoureau comme employé à Hopfriesen.

Une fois les speiss concentrés, on remplace quelquefois la fusion par un rotissage au four hongrois, représenté par les fig. 3 et 4.

Avec trois séries successives de grillage puis de fusion, on arrive en général à une concentration suffisante: le tableau ci-après, emprunté au roulement de l'usine de Georges près Dobrina (1876), donne un exemple des teneurs successives obtenues pour les speiss ; mais il arrive que la richesse finale du speiss est quelquefois poussée plus loin : elle peut atteindre de 65 à 70 % de nickel et de cobalt.



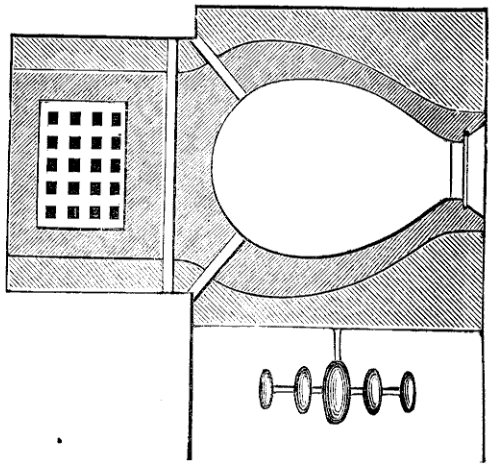


Fig. 3 et 4. — Four hongrois pour le rotissage.

| MINERAIS. | SPEISS 1er. | SPEISS 2me. | SPEISS 3me. |
|---|---|---|---|
| Nickel et cobalt | 20.7 | 31.9 | 50 à 52 |
| Cuivre | 1.6 | 1.9 | 1 à 2 |
| Fer | 45.3 | 26.4 | 8 à 10 |
| Arsenic | 21.3 | 36.3 | 38 à 40 |
| Soufre | 10.2 | 3.1 | 1 à 2 |
| TOTAL | 98.11 | 99.6 | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Traitement de minerais très-pauvres en nickel et cobalt et recherchés pour d'autres métaux.** — Tout ce qui précède se rapporte à des minerais simples et assez riches pour que le traitement ait en vue principalement, si ce n'est d'une façon exclusive, l'extraction du nickel et du cobalt ; mais il arrive aussi que l'on a à retirer ces métaux de produits intermédiaires, qui ont été l'objet principal du traitement métallurgique des minerais ; on rencontre par exemple des minerais de cuivre contenant des quantités beaucoup trop faibles de nickel et de cobalt pour qu'on puisse y rechercher directement ces deux métaux ; dans ce cas, on poursuit d'abord le traitement pour cuivre comme s'il était seul ; le nickel et le cobalt se concentrent avec le cuivre dans les mattes ; puis, dans une nouvelle fusion au four à cuve, on sépare ces métaux en provoquant la formation d'un speiss dans lequel sont entraînés le nickel et le cobalt.

Pour arriver à ce résultat, on peut être amené à ajouter soit du soufre soit de l'arsenic afin d'avoir les proportions voulues des diverses matières à grouper.

Les minerais pauvres ainsi traités sont ordinairement très-complexes et renferment à la fois de l'antimoine et de l'arsenic; l'antimoine est à signaler comme pouvant être la cause de certaines difficultés ; par exemple, après avoir séparé le cuivre sous forme de matte il reste souvent dans celle-ci un peu de nickel et d'antimoine ; quand le nickel est seul, son élimination est encore assez facile vers la fin de l'affinage, mais s'il y a en même temps de l'antimoine on évite rarement la formation d'un antimoniate double de cuivre et de nickel, que des grillages et rotissages successifs ne peuvent éliminer ; il faut alors ajouter un peu de chlorure de sodium, l'antimoine est enlevé à l'état de chlorure. Il ne reste plus qu'à séparer le nickel, ce qui s'obtient, comme il a été dit plus haut, au moment de l'affinage ; les crasses d'affinage sont naturellement retraitées, on les fond pour cuivre noir impur contenant jusqu'à 30 % de nickel.

**Traitement des mattes et des speiss, contenant le nickel et le cobalt.** — Les mattes ou les speiss une fois préparés, comme il vient d'être dit, on cherche d'abord à arriver *aux oxydes de nickel ou de cobalt.*

Pour obtenir ce résultat, on procède par voie sèche ou par voie humide, suivant que la proportion de cobalt mélangé au nickel est faible ou considérable.

1° *Méthode par voie sèche.* — Quand on a des mattes ou des speiss ne contenant comme matières étrangères que du soufre, de l'arsenic ou de l'antimoine, le simple grillage conduit avec soin suffit pour éliminer le soufre, l'arsenic et l'antimoine par la formation d'oxydes volatils, et pour donner l'oxyde de nickel à peu près pur; on peut aussi attaquer les speiss par de l'azotate de soude, ce qui produit des arséniate et antimoniate alcalins d'un enlèvement facile par des lavages.

La présence du cuivre ne rend pas le traitement plus difficile; après le grillage il reste un mélange d'oxyde de cuivre et de nickel qui fournit, dans la suite, un alliage de deux métaux, c'est-à-dire un *produit très-marchand.*

Quant à la séparation du nickel et du cobalt on l'obtient, si la proportion de cobalt est faible, en se servant de la propriété que possède le cobalt d'être plus oxydable que le nickel. S'il y a beaucoup de cobalt il faut se servir des procédés de la voie humide.

Le grillage, dont il vient d'être question plus haut, se fait sur la sole d'un four à réverbère ordinaire ou dans des fours plus compliqués, mais fort bien entendus, comme celui de Sagmyra en Suède. Ce four est cité par M. Badoureau dans son mémoire; les fig. 5, 6, 7 et 8 en donnent la disposition d'ensemble.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les matières, mattes granulées, sont chargées par les ouvertures pratiquées à travers la voûte; elles sont grillées par la flamme oxydante d'une sorte de chalumeau débouchant au centre; les vapeurs d'oxyde s'échappent par les carneaux latéraux, qui descendent à une galerie d'évacuation; les matières grillées sont enlevées par des wagonnets dans lesquels on les charge en les faisant tomber à travers des ouvertures *c* réservées dans la sole.

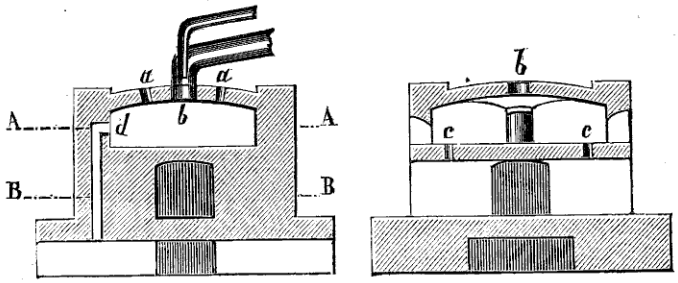



Fig. 5 et 6. — *Four de grillage de Saymyra*, coupes verticales CDEF.

2° *Méthode par voie humide.* — Mattes ou speiss, contenant à la fois du nickel et du cobalt en quantité un peu considérable sont d'abord grillés, puis dissous dans l'acide chlorhydrique additionné ou non d'acide azotique. S'il y a beaucoup de fer on évapore la dissolution et calcine pour enlever une partie du

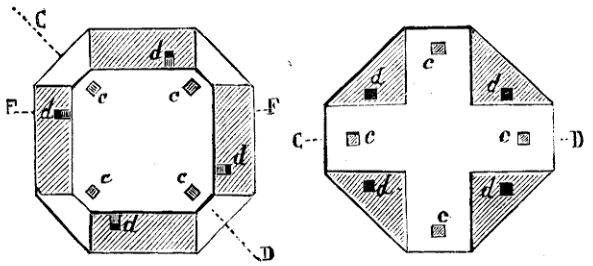



Fig. 7 et 8. — *Four de grillage de Saymyra*, coupes horizontales AABB.

fer à l'état de chlorure, on reprend ensuite par l'eau; puis, en ajoutant du carbonate de chaux, on précipite ce qu'il reste de fer en même temps que du cuivre et de l'arsenic; on enlève ensuite le cobalt à l'état de sesquioxyde à l'aide de chlorure et de carbonate de chaux, le cuivre et le nickel sont en général précipités ensemble par de la chaux, sous forme d'oxydes.

**Préparation du nickel métallique.** — Les oxydes une fois obtenus, par voie sèche ou par voie humide, il ne reste qu'à les réduire; dans ce but, ils sont mélangés avec un peu de farine et d'eau, on en fait une pâte que l'on cuit et découpe en cubes ayant environ $0^m,01$ de côté; on chauffe enfin fortement ces cubes au contact de charbon de bois pulvérisé; en général le métal ne fond pas, bien qu'on atteigne et dépasse la température de fusion du cuivre; il conserve la forme de petis cubes, et c'est ainsi qu'on le trouve dans le commerce quand il provient des minerais qui renfermaient de l'arsenic et de l'antimoine. Mais ce métal n'est jamais bien pur, il renferme toujours des éléments étrangers en proportions assez importantes, ainsi que l'indiquent les analyses ci-après, tirées de la docimasie de Rivot et du mémoire de M. Badoureau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| MINERAIS. | SUÈDE. | | ALLEMAGNE. | | SCHLADMING (Styrie). | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (1857) (5) | (1858) (6) | (1859) (7) |
| Nickel | 60,40 | 74,40 | 79,10 | 92,70 | 88,98 | 88,40 | 88,40 |
| Cobalt | traces. | traces. | 15,20 | 2,40 | 6,75 | 6,50 | 7,0 |
| Fer | 4,00 | 2,00 | 3,10 | 1,70 | 0,92 | 1,29 | 0,82 |
| Cuivre | 34,60 | 22,00 | 0,50 | 0,70 | 1,80 | 1,70 | 1,91 |
| Arsenic et Antimoine. | traces. | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,80 | 0,54 | 0,64 |
| Soufre | 0,02 | 0,06 | » | 0,15 | » | » | » |
| Silicium | 0,10 | traces. | » | » | » | » | » |
| Silice | » | » | 1,00 | traces. | » | » | » |
| Carbone | 0,15 | 1,00 | 0,10 | » | » | 0,99 | 1,03 |
| TOTAL | 99,27 | 100,16 | 99,60 | 98,15 | 99,25 | 99,42 | 99,80 |

Tous ces échantillons ont comme origine les minerais arsenicaux ; le métal provenant de pyrites magnétiques nickelifères ne contient guère que 3 à 6 % de matières étrangères : fer, soufre, carbone et silice.

**Traitement des minerais oxydés de la Nouvelle-Calédonie.** — Les exemples de composition indiqués plus haut ont fait reconnaître combien les minerais calédoniens sont exempts de soufre d'arsenic ou d'antimoine. Or l'élimination de ces corps étrangers, qu'il faut obtenir vers la fin du traitement, est toujours très-longue et très-délicate ; aussi, après avoir commencé à traiter les minerais calédoniens par les méthodes ordinairement appliquées aux minerais européens et en les mélangeant avec ces derniers, on reconnut bientôt tout l'avantage que l'on pourrait retirer de méthodes nouvelles permettant d'extraire le nickel sans l'introduction regrettable, pendant le traitement, des éléments nuisibles : soufre, arsenic et antimoine.

Différentes méhodes furent proposées ; il ne sera question dans ce résumé que de celles de M. J. Garnier pour la voie sèche et de celles de M. Christofle pour la voie humide.

**Procédés de la voie sèche appliqués par M. J. Garnier dans le traitement des minerais calédoniens.** — M. J. Garnier, à qui l'on doit d'avoir signalé les minerais calédoniens, fut également un des premiers à fournir les moyens pratiques pour affranchir nettement la métallurgie du nickel des procédés de concentration par mattes et speiss, quand il s'agit de minerais oxydés purs de soufre et d'arsenic.

La méthode de traitement appliquée par M. J. Garnier offre la plus grande analogie avec celle que l'on suit dans la métallurgie du fer ; le carbone a été choisi pour agent réducteur et pour véhicule du nickel et du colbalt à la place du soufre ou de l'arsenic ordinairement employés ; le produit intermédiaire par lequel on débute est donc un carbure plus ou moins complexe de fer et de nickel ; cette sorte de fonte une fois fabriquée, un affinage énergique élimine tous les éléments autres que le nickel, et celui-ci peut-être ainsi obtenu en masses relativement très-considérables et d'une grande pureté. Tout le traitement se résume en deux opérations :

1° *Fusion du minerai pour fonte du nickel.* — Il s'agit simplement de mettre

(1) (2) (3) (4) *Docimasie* de Rivot.
(5) (6) (7) Mémoire de M. Badoureau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le minerai et les fondants convenables au contact du carbone qui le doit réduire puis le fondre. Mais dans cette opération on procède de façons distinctes, suivant que le minerai traité est pauvre en nickel et en fer, ou riche en nickel et pauvre en fer.

Dans le premier cas, correspondant à peu près à une richesse de 3 % de nickel, on doit craindre, comme la proportion de la fonte par rapport à la masse totale est extrêmement faible, que la perte de métal utile ne soit bien élevée; on évite cet inconvénient en ajoutant au lit de fusion du minerai de fer riche, jusqu'à ce que l'on ait, comme poids de fonte, environ 15 % du poids total; on parvient par ce procédé à traiter facilement des minerais analogues à celui dont voici l'analyse :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eau | 21,25 | | |
| Silice | 41,75 | | |
| Oxyde de nickel | 3,50 | Nickel | 2,75 |
| Protoxyde de fer | 5,18 | Fer | 4,03 |
| Magnésie | 26,65 | | |
| Chaux | 2,20 | | |

Ordinairement, avec du minerai trié on arrive à une teneur en nickel beaucoup plus élevée, soit par exemple à la composition suivante :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Eau | 10,00 | | |
| Silice et gangue insoluble | 50,00 | | |
| Oxyde de nickel | 18,50 | Nickel | 14,62 |
| Peroxyde de fer | 3,50 | Fer | 2,45 |
| Magnésie | 15,75 | | |
| Chaux | 2,65 | | |

Dans ce second cas, on se passe de l'artifice précédent, souvent même on conduit l'opération de façon à n'entraîner dans la fonte, avec le nickel, qu'une partie seulement du fer; ce résultat est assez facilement obtenu, car le fer est plus oxydable que le nickel; il passe alors dans les scories auxquelles il donne une grande fluidité, ce qui n'est pas inutile en vue d'éviter les pertes par entraînement de grenailles.

La réduction et la fusion se font dans des fourneaux de 4 mètres environ de hauteur ; pour éviter la réduction complète du fer, la cuve est de faible hauteur, et l'on a soin de ne pas trop élever la chaleur, en se servant de vent froid lancé sous faible pression. Le creuset est de capacité réduite et disposé de façon à ce que la fonte soit toujours maintenue à une haute température.

Le carbure de nickel et de fer ainsi obtenu offre des compositions que l'on peut faire varier suivant le but que l'on se propose. M. J. Garnier cite les suivantes :

| MINERAIS. | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fer | 46,55 | 41,30 | 38,70 | 33,35 | 34 | 27 |
| Nickel | 50,91 | 54,25 | 59 | 60,00 | 63 | 68 |
| Carbone | 3,04 | 4,45 | 2,30 | 3,90 | 3 | 5 |
| Silicium | non dosé. | non dosé. | non dosé. | 0,85 | non dosé. | non dosé. |

En résumé, M. J. Garnier obtient trois produits principaux d'une première fusion convenablement préparée au haut fourneau :

1° Une fonte de nickel à peu près exempte de fer provenant des minerais riches et purs, et pouvant s'employer de suite pour alliages;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° Une fonte très-riche en nickel, mais ferreuse, provenant de minerais ferreux, dont la première fusion a éliminé seulement une partie du fer;

3° Une fonte de nickel très-ferreuse;

Ces deux derniers produits sont destinés à l'affinage.

2° *Affinage des fontes de nickel et de fer.* — Les fontes que leur richesse ne permet pas d'employer directement sont traitées ou pour nickel, ou pour l'alliage de cuivre et de nickel, ou pour sels de nickel (sulfate double de nickel et d'ammoniaque) dont on se sert dans la galvanoplastie.

Pour ce dernier produit on applique ordinairement les opérations de la voie humide, mais pour les autres on procède par affinage, c'est-à-dire par voie sèche.

L'opération se fait sur la sole d'un four analogue à celui qu'on emploie pour la fabrication de l'acier. Pour l'alliage commercial de nickel et de cuivre, la charge comprend à la fois le carbure de nickel et de fer avec le cuivre qui devra entrer dans l'alliage. Une fois ces matières en fusion, le carbone puis le silicium opèrent successivement leur départ au contact de l'atmosphère oxydante que l'on a soin d'entretenir, le fer s'oxyde ensuite. Afin d'activer l'opération on ajoute souvent des corps à action oxydante, par exemple des oxydes de cuivre et de manganèse; d'ailleurs, pendant le cours du travail et plus particulièrement à la fin, le degré d'avancement de l'affinage se suit par de nombreuses prises d'essais; on arrive ainsi à couler au moment où il ne reste plus que la proportion demandée de nickel et de cuivre.

Quand on a pour but d'obtenir le nickel métallique on supprime l'addition de cuivre au début; on chauffe avec énergie et on donne aux actions oxydantes leur maximun d'intensité, les réactions sont les mêmes que plus haut ; le carbone et le silicium sont éliminés les premiers; puis vient le tour des métaux, tels que le chrome, le manganèse et le fer qui se transforment en oxydes et enfin passent dans les scories. Le nickel restant, soit à l'état fondu, soit sous la forme de loupe, est, suivant le cas, coulé ou découpé sur les dimensions marchandes.

**Procédés de la voie humide appliqués par M. Christofle.** — Le minerai pulvérisé est placé dans des vases en grès et soumis à l'action de l'acide chlorhydrique; par un procédé particulier, qui n'est pas connu, on peut éviter de dissoudre toute la magnésie; on ajoute un peu d'acide azotique pour peroxyder le fer, on précipite le fer et l'alumine par *du chlorure de chaux* ou de la *craie en poudre.*

Le chlorure de chaux, en présence de l'excès d'acide chlorhydrique, ne précipite pas le nickel; la dissolution est concentrée, on ajoute de l'acide oxalique et on porte à ébullition; l'oxalate de nickel se précipite seul, il ne reste qu'à le calciner dans un creuset brasqué.

Si l'on a précipité le fer et l'alumine avec de la craie en poudre, on ajoute du chlorure de chaux, puis un peu de chaux, le sesquioxyde noir de nickel se dépose; on le lave, sèche et calcine avec du charbon dans un creuset brasqué.

Ce procédé a l'avantage d'éviter l'emploi de l'acide oxalique, réactif coûteux.

Le nickel obtenu par ces procédés offre un degré de pureté très-remarquable, ainsi que l'indique l'analyse ci-après due à M. Riche.

| | |
|---|---|
| Nickel | 97,75 |
| Cobalt | 1,25 |
| Silicium | 0,54 |
| Manganèse | 0,36 |
| | 99,90 |

**Emplois industriels du nickel ou de ses alliages.** — Le nickel pur est encore peu employé industriellement, c'est cependant un métal dont les pro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

priétés sont précieuses à plus d'un titre; comme le fer, il se forge facilement à chaud ; il est également malléable à froid, on peut par exemple l'étirer en fils très-fins et ceux-ci sont doués d'une grande ténacité. Une de ses propriétés les plus importantes est d'être beaucoup moins oxydable que le fer ; comme il est également plus brillant et plus tenace que le cuivre, il remplace souvent ces métaux dans la construction des appareils de précision.

On commence aujourd'hui à mélanger le nickel en proportions variables au fer, dont il vient augmenter beaucoup la résistance et l'allongement; c'est surtout dans les tôles et dans quelques pièces spéciales, comme les entretoises de locomotives, que l'on cherche à en répandre l'emploi; il est probable que le prix du métal devenant de plus en plus abordable, des applications se multiplieront, soit pour le nickel seul, soit pour les composés nouveaux qu'on a cherché à réaliser en mélangeant ce dernier avec le fer.

On emploie aussi beaucoup le nickel dans la galvanoplastie, c'est même encore aujourd'hui une des applications du nickel qui en fait la plus sérieuse consommation; on se sert pour ce travail du sulfate double de nickel et d'ammoniaque.

Enfin, il faut ajouter que la préparation, actuellement acquise, de fonte ou d'alliage de nickel à des prix relativement bas, doit amener peu à peu à fabriquer en moulage massif beaucoup d'objets qu'on préparait jusqu'ici en bronze, et recouvrait ensuite d'un dépôt superficiel de nickel.

Les alliages du nickel avec le cuivre sont très-répandus, certaines monnaies par exemple offrent les compositions suivantes :

| | |
|---|---|
| Nickel | 25 |
| Cuivre | 74 |
| Divers | 1 |
| | 100 |

Les maillechorts sont des alliages à base de nickel, de cuivre et de zinc; la teneur en nickel varie de 6 à 15 % de la masse totale ; on y trouve aussi dans certains cas un peu de plomb, d'étain, d'aluminium, etc.

Voici quelques exemples de composition de maillechorts :

| MINERAIS. | (1) | (2) | (3) | (4) |
|---|---|---|---|---|
| Cuivre | 58,0 | 79,50 | 75,00 | 71,00 |
| Zinc | 27,0 | 1,00 | 2,25 | 7,50 |
| Nickel | 12,0 | 16,00 | 16 | 16,50 |
| Étain | 2 | 1 | 2,75 | 2,50 |
| Aluminium | 0,5 | 0,5 | 0,5 | » |
| Bismuth | 0,5 | » | » | » |
| Cobalt | » | 1 | 2 | 1,25 |
| Fer | » | 1 | 1,5 | 1,25 |

Les compositions (2) (3) (4) répondent à une qualité de maillechort spéciale appelée *silverine*, à cause de sa ressemblance avec l'argent; elles sont caractérisées par l'emploi d'une certaine quantité de cobalt.

Parmi les alliages de nickel, il faut citer encore ce qu'on appelle l'alliage d'antifriction, composé de nickel, cuivre, zinc et manganèse, remplaçant le bronze dans les pièces à surface frottante.

(1) Composition brevetée par M. Sauvage.
(2) (3) (4) id. id. id. M. Pirsch.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Badoureau donne dans son mémoire quelques détails sur la fabrication et le laminage de ces alliages, détails qu'il est intéressant de résumer.

La fusion du nickel mis en présence du cuivre est extrêmement difficile ; on la produit instantanément au rouge blanc en mettant un peu de verre blanc pilé ; pour ajouter le zinc aux alliages, il faut le faire au moment de la coulée ; les maillechorts manganésés sont obtenus en fondant le cuivre à l'état d'oxyde ou de carbonate avec du bioxyde de manganèse et de l'anthracite ; on en retire un alliage de cuivre et de manganèse que l'on refond avec du nickel et du verre blanc, le zinc est ajouté au moment de la coulée.

La silverine est fabriquée en trois opérations; on commence par fondre ensemble, nickel, cobalt, fer et le quart du cuivre entrant dans la composition, on mélange du charbon de bois et du borax. On prépare d'autre part un laiton composé de moitié cuivre, moitié zinc. Enfin on réunit ces deux alliages, on ajoute un peu de cuivre et d'aluminium, du charbon de bois et fond le tout au creuset; le produit obtenu est la silverine.

L'alliage composé de proportions variables de nickel et de cuivre est un produit marchand; il a été dit plus haut qu'on l'obtenait directement sur la sole du four d'affinage dans le traitement des minerais calédoniens par le procédé J. Garnier. On le prépare aussi avec les oxydes de nickel et de cuivre obtenus dans le grillage à fond des mattes, les oxydes sont placés avec du charbon dans des creusets et ceux-ci sont chauffés dans des fours spéciaux dits « fours français ». Les creusets chargés par la voûte reposent sur une grille et sont entourés du combustible, les gaz s'échappent par les ouvreaux réservés dans l'un des murs latéraux, se réunissent dans une galerie et gagnent la cheminée.

Les alliages de nickel se laminent à froid, mais après chaque passage on doit réchauffer la plaque pour enlever l'écroussage de la matière; au bout de 4 à 5 passages, on est même obligé de faire un décapage à l'acide.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LE ZINC

**Minerais.** — Parmi les espèces minérales formées par le zinc, deux seulement se présentent en assez grande abondance pour donner lieu à des exploitations; ce sont la calamine et la blende.

La *calamine* est un mélange en proportions très-variables de minéraux contenant le zinc à l'état d'oxyde et notamment de carbonates et silicates de zinc.

Lorsque ces éléments constitutifs de la calamine se rencontrent séparément et à peu près purs ils répondent en général aux compositions suivantes :

Le carbonate est anhydre ou hydraté ($Zn\ 0.\ C\ 0^2$ et $8\ Zn\ 0.3\ C\ 0^2 + 8\ H\ 0$) et peut contenir dans le premier cas 64, 81 % d'oxyde de zinc et 71,38 % dans le second.

Le silicate offre des variétés analogues dont les plus répandues sont ($3\ Zn\ 0.\ Si\ 0^3$ et $3\ Zn\ 0.\ Si0^3 + 2H0$) avec des teneurs respectives de 72,85 % et 65.45 % d'oxyde de zinc.

Quant à la calamine, on ne saurait en préciser la teneur, les minéraux qui la composent s'y trouvant très-irrégulièrement mélangés, comme il vient d'être dit; de plus, si on y rencontre principalement carbonates et silicates de zinc, on y constate aussi dans quelques cas une certaine quantité de blende et de galène, néanmoins on peut citer, comme exemple, les calamines de Malfidano en Sardaigne qui contiennent jusqu'à près de 55 % de zinc avec une perte d'environ 10 % à la calcination, ou 40 à 50 % de zinc avec 20 à 30 % de perte à la calcination.

Les gisements calaminaires se présentent avec une constitution géologique très-variée : filons de peu de puissance, de faible étendue en direction et en profondeur ; filons de grande épaisseur, amas irréguliers, formés soit au milieu des terrains calcaires comme les gites de Welkenraedt en Belgique, de Stolberg en Prusse, de la Vieille-Montagne à Moresnet, soit au contact de deux terrains différents comme les gîtes d'Engis et de Corphalie en Belgique; ou bien encore chapeaux de filons avec tous les éléments disparates ordinairement accumulés à la partie supérieure des filons : blende, galène, pyrite, accompagnés d'argile, de chaux carbonatée, de quartz, etc.

On a cru reconnaître que certains filons peu puissants ont dû être remplis par des eaux minérales tenant en dissolution du carbonate de zinc. Dans les amas ou filons un peu importants, la présence de sulfures métalliques, constatée dans la plupart, a fait supposer un mode de formation différent; il semble probable que les minerais primitifs, minerais sulfurés, ont été décomposés par des agents atmosphériques, soit que cette altération ait été produite sur place, soit qu'elle ait été accompagnée d'un phénomène de transport à distance sous l'action d'eaux de la surface chargées d'acide carbonique.

On appelle quelquefois calamine native celle qui provient de dépôts fournis par les eaux minérales; cette variété est presque toujours très-pure; elle ne contient guère que du carbonate de zinc avec du carbonate de chaux, de magnésie, de protoxyde de fer et de manganèse; on y trouve rarement du quartz et des silicates et si, dans certains cas, les sulfures de plomb et de fer ont pu s'y rencontrer, c'est toujours en dépôts distincts conservant leurs caractères propres d'époque et d'origine.

Le plus grand nombre des minerais calaminaires proviennent de l'altération des minerais sulfurés. Dans plusieurs des amas exploités sur les bords de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Meuse dans la Silésie, à Seintein dans l'Ariége, on a retrouvé dans la profondeur des blende, galène et pyrite qui ne laissent aucun doute sur cette origine et témoignent une décomposition produite sur place; dans ces gisements, la calamine se présente souvent en masses cloisonnées avec une texture rappelant celle de la blende que l'on trouve dans la profondeur. La variété provenant d'altérations suivies de transport a été rencontrée principalement en Silésie et dans le nord de l'Espagne ; en Silésie les gisements renferment sur certains points une superposition de calamine blanche et rouge; cette dernière est à la partie supérieure et provient sans doute d'épanchements de filons blendeux, altérés postérieurement à leur dépôt par des agents atmosphériques (1). La calamine blanche aurait sans doute comme origine l'évaporation lente d'eaux chargées d'acide carbonique, qui l'auraient apportée dans des dépressions du terrain calcaire (Muschelkalk).

Dans les dépôts silésiens le transport paraît avoir été très-court, tandis qu'en Espagne la composition exclusive des calamines en éléments oxydés, jointe à l'absence des oxydes de fer et de manganèse, fait supposer que la distance parcourue des filons blendeux jusqu'aux gîtes calaminaires actuels a dû être considérable.

La Belgique et la Silésie ont eu longtemps le monopole à peu près absolu de la production des minerais calaminaires (mines d'*Engis*, de *Corphalie*, de *Moresnet*, de *Stolberg*, de *Tarnowitz*). Depuis quelques années on a découvert en Espagne, province des Asturies, dans l'Aveyron et plus particulièrement en Sardaigne (district d'Iglesias), d'autres gisements importants, et cet appoint nouveau est venu fort à propos contre-balancer l'appauvrissement des exploitations plus anciennes.

La *blende*, ou sulfure de zinc, constitue également un minerai de zinc très-important; elle se présente soit en filons, soit en amas dans un très-grand nombre de gisements; elle peut être ou la matière principale de remplissage ou simplement une gangue métallique; on a rencontré des filons de sulfure de zinc à peu près purs, mais en général la composition des filons blendeux est très-complexe; on y trouve à la fois du sulfure de fer, souvent combiné au sulfure de zinc, de la pyrite de cuivre et de fer, de la galène, du cuivre gris, etc., dans les proportions les plus variables.

La blende elle-même est un minéral friable, de 3,9 à 4,2 de densité, presque toujours à texture cristalline et offrant une grande diversité de couleur et surtout de composition; le tableau ci-dessous ne donne que d'une façon très-imparfaite les écarts de teneur que l'on peut rencontrer.

| MATIÈRES. | CORPHALIE. | CARINTHIE. | EATON. | CHRISTIANIA. |
|---|---|---|---|---|
| Zinc | 43,50 | 64,22 | 54,00 | 53,17 |
| Fer | 11,20 | 1,32 | 12,50 | 11,79 |
| Cuivre | 0,60 | » | 0,25 | traces. |
| Plomb | 3,25 | 0,72 | 0,50 | 0,74 |
| Soufre | 28,80 | 32,10 | 32,50 | 33,73 |
| Arsenic | 0,10 | » | » | » |
| Calcaire | 7,00 | » | » | » |
| Quartz | 5,00 | 1,22 | » | » |
| | 99,45 | 99,58 | 99,75 | 99,43 |

(1) Rivot. Docimasie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sa composition même et surtout la présence d'une partie des minéraux qui l'accompagnent dans le sol, et que la préparation mécanique n'enlève que très-imparfaitement, rendent la blende d'un traitement plus délicat (1) et ordinairement plus coûteux que celui de la calamine. Il est donc bien naturel que ce soit ce dernier minerai qui ait été connu et employé d'abord ; la blende n'est entrée dans la métallurgie du zinc que vingt années plus tard, et longtemps elle fut à peu près laissée de côté comme matière stérile ; c'est, par exemple, ce qui se passait aux mines de plomb du Hartz, de Freyberg et de Grzibram.

Les gisements de blende sont souvent à côté des exploitations calaminaires ; les plus inportants sont ceux de Tarnowitz en Prusse, de Moresnest en Belgique et d'Iglesias en Sardaigne. On peut citer également ceux de l'île de Man en Angleterre, du côté de Tipperary en Irlande, d'Askersund sur le le lac Vettern en Suède et enfin, en France, ceux des environs d'Alais dans le Gard, de Figeac dans le Lot, de Seintein dans l'Ariége, de Pierrefitte dans les Hautes-Pyrénées et de Pompéan près de Rennes.

Voici quelques données statistiques qui feront comprendre l'importance acquise par l'exploitation et le traitement des minerais de zinc.

La production annuelle des minerais de zinc dans les principaux États, à part la France, peut être approximativement évaluée comme suit :

| NOMS DES PAYS. | | 1866. | 1876. |
|---|---|---|---|
| | | tonnes. | tonnes. |
| Prusse. . . | Silésie. . . . . | 220,000 | 300,000 |
| | Bords du Rhin. . . . . | 70,000 | |
| Belgique. . | Blende . . . . . | 17,000 | ? |
| | Calamine . . . . . | 40,000 | |
| Russie (Pologne) . . . . . | | 12,000 | |
| Espagne . . . . . | | 50,000 | 38,000 |
| Suède . . . . . | | 3,000 | 12,000 |
| Sardaigne (district d'Iglesias) . . . . | | 11,300 | 60,000 |
| Italie et divers. . . . . | | 10 à 12,000 | 8 à 10,000 |
| Grèce (2) . . . . . | | ? | 12,000 |

La production en métal était en même temps répartie comme suit en nombres ronds :

| NOMS DES PAYS. | 1866. | 1876. |
|---|---|---|
| | tonnes. | tonnes. |
| Prusse et Autriche . . . . . | 60,000 | 83,500 |
| Belgique. . . . . | 35,500 | 50,000 |
| Russie. . . . . | 3,500 | 4,000 |
| Espagne . . . . . | 2,000 | 3,000 |
| Grande-Bretagne . . . . . | 6,000 | 6,700 |
| Etats-Unis. . . . . | ? | 16,000 |

Pendant la même période, la statistique officielle donne pour la France les chiffres résumés ci après :

(1) La présence du plomb amène une détérioration rapide des appareils de distillation ; une proportion un peu élevée de fer et de silice rend la réduction très-difficile et les pertes en zinc plus considérables.

(2) Voir pour renseignements complémentaires les notes sur l'Exposition.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | | 1866. | 1867. | 1868. | 1869. | 1870. | 1871. | 1872. | 1873. | 1874. | 1875. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Minerai de zinc. | Quantité q. m. | 4,924 | 5,500 | 7,600 | 1,000 | 500 | 1,356 | 2,018 | 8,000 | 36,000 | 40,000 |
| | Valeur fr. . . | 16,705 | 30,260 | 38,000 | 5,000 | 2,500 | 6,780 | 6,583 | 38,000 | 260,000 | 290,000 |
| Zinc Métallique. | Quantité q. m. | 23,300 | 31,850 | 27,315 | 47,271 | 34,285 | 35,201 | 82,458 | 125,000 | 128,000 | 137,000 |
| | Valeur fr. . . | 1,747,500 | 2,273,250 | 1,703,113 | 2,819,692 | 2,142,573 | 1,368,034 | 5,628,228 | 8,500,000 | 8,600,000 | 9,500,000 |

**Vente des minerais de zinc.** — La métallurgie de zinc subissant aujourd'hui une crise commerciale intense, les minerais sont vendus sur des bases très-variables; mais, si l'on se reporte à des temps moins difficiles, voici l'une des formules d'achat que l'on rencontre assez fréquemment dans les transactions.

On commence par déterminer le prix des 1000 kilog. de zinc contenu dans le minerai. Pour cela, on prend la moyenne des cours du zinc à Londres et au Havre, on le ramène aux 1000 kilog. et on l'établit net d'escompte.

On réduit ce prix de base de 5 %.

On détermine ensuite la teneur du minerai; ce résultat s'obtient en prenant la teneur indiquée par l'analyse, et en la diminuant :

de $^1/_5 + 1$ s'il s'agit de calamine calcinée.
de $^1/_5 + 2$ — de silicate.
de $^1/_5 + 3$ — de blende calcinée.

Le produit de la teneur ainsi calculée par le prix du zinc contenu constitue la valeur brute du minerai, mais on met encore à la charge du mineur :

1° Les frais de façon évalués de 65 à 90 fr. par mille kilogrammes (1);

2° Le transport jusqu'à un port voisin de l'usine destinatrice.

**Métallurgie du zinc.** — La blende et la calamine, ces deux minerais qui servent à peu près seuls à la production du zinc, subissent avant le traitement métallurgique proprement dit une première transformation, produisant à la fois une concentration du métal et un changement moléculaire ou chimique; la calamine est calcinée et la blende est grillée.

La calcination de la calamine a pour but d'expulser à peu près la totalité de l'eau et de l'acide carbonique du minerai; cette opération n'offre point de difficultés sérieuses, mais elle donne un résultat très-différent, suivant la nature du minerai traité; la perte par calcination varie par exemple de 10 à 35 % pour les calamines de Sardaigne.

Le grillage de la blende est une opération beaucoup plus délicate, elle se fait presque toujours en plusieurs fois; les gros morceaux sont calcinés dans des fours analogues aux fours à chaux, puis refroidis brusquement pour faciliter leur pulvérisation. La blende une fois pulvérisée est grillée dans des fours à réverbère, où l'on doit pouvoir atteindre rapidement le rouge presque vif pour limiter l'action oxydante et éviter la formation des sulfates; mais c'est là un résultat difficile à réaliser, surtout avec des minerais plombeux et calcaires.

L'opération métallurgique proprement dite repose simplement sur la réduction par le charbon, à une température élevée, de l'oxyde de zinc, à peu près libre, que donne la calcination.

Les diverses méthodes appliquées pour produire cette réduction ont été divisées autrefois en deux groupes : les procédés anglais « *per descensum* » et les procédés continentaux « *per ascensum.* » Cette distinction n'a plus guère qu'un intérêt historique; les méthodes belge ou silésienne, toutes deux « *per*

(1) On les estime aujourd'hui à environ 70 à 72.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*ascensum* » qu'elles soient employées ensemble, comme à la Vieille-Montagne ou séparément, ce qui est le plus ordinaire, se partagent à peu près exclusivement la production métallique du zinc. Il suffira de dire quelques mots des procédés « *per descensum* ».

*Méthode anglaise.* — La réduction se fait dans un four circulaire contenant un certain nombre de creusets en terre réfractaire. Chacun de ceux-ci est muni d'un tube en fer traversant le fond, passant à travers la sole du four et débouchant au-dessus d'un vase en tôle (fig. 1). Cette figure donne une idée de la disposition adoptée. La voûte du four est percée d'ouvertures pratiquées au droit de chacun des creusets et servant au départ des gaz de la combustion, aussi bien qu'au chargement des creusets avec le mélange de minerai pulvérisé et de charbon. Ce chargement terminé, les creusets sont fermés avec un couvercle luté avec de l'argile et l'on chauffe fortement. Le zinc distillé vient tomber, par le tube en fer, et se réunir dans le vase en tôle qui se trouve à la partie inférieure. Ce procédé a l'inconvénient de se prêter moins bien à un chauffage énergique, et à une condensation bien complète des vapeurs de zinc; le rendement est donc moindre qu'avec les méthodes silésienne ou belge dont il va être maintenant question.

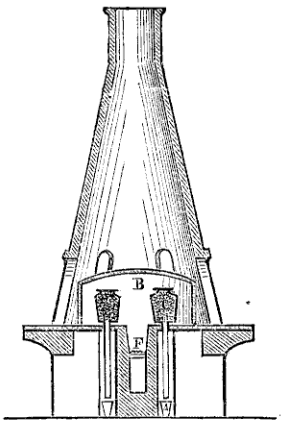


Fig. 1. — *Ancien four Anglais* pour la distillation du zinc; A, vase en tôle pour recueillir le zinc; B, four circulaire; C, creusets; F, foyer.

*Méthodes continentales.* — Les deux méthodes continentales sont les méthodes belge et silésienne; dans chacune d'elles la calamine calcinée ou la blende grillée, réduites en sables et mélangées avec de la houille maigre, sont introduites dans des creusets réfractaires de forme allongée, placés horizontalement dans les fours chauffés à la houille et disposés du mieux possible pour l'égale répartition de la chaleur.

Dans la *méthode belge*, on se sert de cornues cylindriques appuyées seulement par leurs extrémités; dans la *méthode silésienne*, on a préféré des moufles portant sur des banquettes; en dehors de ce trait caractéristique de chacune des méthodes, on a seulement modifié la disposition des fours, la durée des opérations, le nombre et les dimensions des creusets réfractaires, suivant les conditions locales dans lesquelles on se trouve. Néanmoins, on a constaté qu'il convenait de se tenir dans de certaines limites caractérisées par les règles suivantes (1) :

1° Il n'est guère prudent de dépasser pour le volume de la chambre de chauffe plus de 25 mètres cubes de capacité totale.

2° L'épaisseur du mélange à réduire ne doit pas être supérieure à 18 centimètres dans les vases, creusets ou moufles; on est arrivé comme dimensions maxima du moufle à $0^m,50$ de hauteur et $1^m,50$ de longueur.

3° La capacité de $100^l$ pour l'unité du vase peut être considérée comme un maximum.

4° Le rapport entre le volume intérieur et utile de tous les vases dans la chambre de chauffe, et le volume de cette chambre, doit être d'environ $1/2$.

La surface de la grille doit permettre d'arriver, en tenant compte de la nature du combustible, employé au rouge très-vif; il faut en même temps recher-

(1) Mémoire de M. Laur. Industrie minérale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

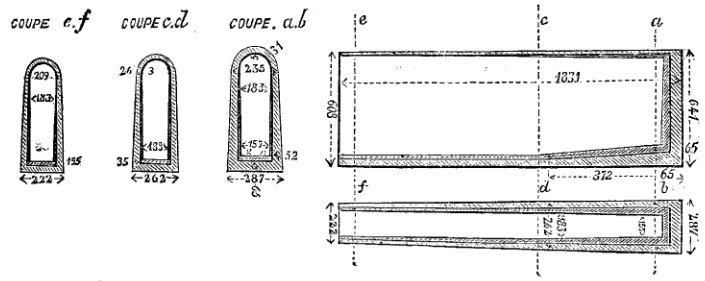



Fig. 2. — *Mouffles* pour le traitement des minerais de zinc à l'usine de *Friedrichshütte*.

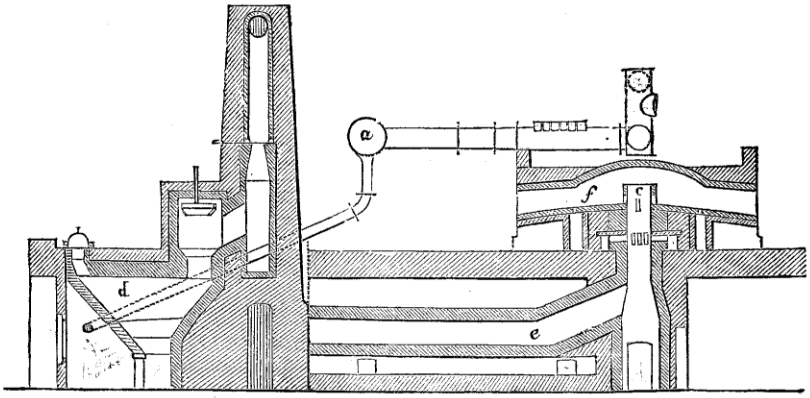



Fig. 3. — *Four à zinc de Friedrichshütte près Tarnowitz.* — Coupe A B C D E F, échelle 5 mill. par mètre environ.

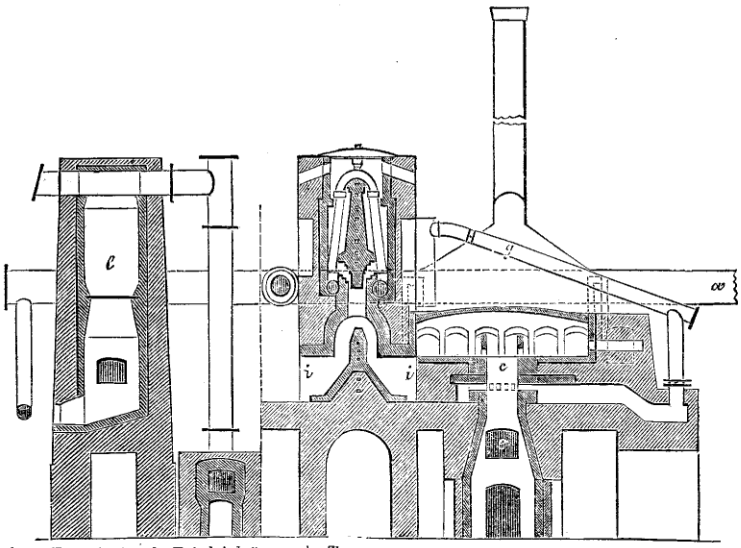



Fig. 4. — *Four à zinc de Friedrichsütte près Tarnowitz.* — Coupe G H I J K L, échelle 5 mill. environ; *g*, tuyau amenant l'air chaud; *i*, arrivée des flammes perdues dans l'appareil à air chaud, *l*, gazogène.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cher une égale répartition de la chaleur, sur ce dernier point on n'a encore pu éviter que quelques cornues ou moufles soient exposés à un feu trop violent, tandis que d'autres, car on compte souvent sept à huit rangées de creusets superposés, sont difficilement portés à une température suffisante.

Dans les fours belges où les creusets ne sont appuyés qu'à leurs extrémités l'action de la chaleur est très-intense, et l'on est quelquefois obligé d'arrêter l'opération avant la complète distillation du zinc dans la crainte de voir les creusets se ramollir et se plier; on peut au contraire pousser le chauffage et l'épuisement du minerai beaucoup plus sûrement dans les fours silésiens, on donne d'ailleurs aux moufles silésiens des épaisseurs variables comme l'indique la fig. 2, afin d'en mieux assurer la résistance; de plus, on les garnit souvent à l'intérieur d'un enduit très-réfractaire formé de débris de moufles réduits en poudre et mélangés d'oxyde de zinc afin d'en rendre les surfaces intérieures imperméables.

Pour recueillir le zinc, on dispose, en dehors des fours, des récipients spéciaux. Dans la méthode belge les cornues cylindriques sont munies d'une allonge en terre composée de deux tubes coniques s'emboîtant l'un dans l'autre; les moufles des fours silésiens portent à l'avant deux ouvertures: l'une à la partie inférieure sert à enlever le résidu de l'opération, l'autre est munie d'un récipient en terre courbé à angle droit et portant un orifice pour l'introduction du chargement. Quel que soit le mode de condensation appliqué, on doit s'arranger pour éviter que l'air extérieur ne puisse venir trop facilement en contact avec le zinc à température encore élevée; il faut éviter également que la pression des gaz et vapeurs dans l'intérieur des appareils de distillation soit notablement supérieure à la pression atmosphérique.

Les réactions mêmes de l'opération sont très-simples. Au début, l'eau et l'acide carbonique sont expulsés; puis, la chaleur augmentant, la houille se décompose progressivement et les gaz réducteurs produits réagissent sur l'oxyde de zinc; il en résulte du zinc métallique qui se volatilise; la réaction directe du charbon sur l'oxyde de zinc donne aussi une certaine quantité de zinc métallique, mais la proportion doit en être faible; comme d'autre part la vapeur d'eau et l'acide carbonique reconstituent au début l'oxyde de zinc déjà réduit, il s'en suit que le zinc ne commence vraiment à se réunir dans les appareils condenseurs que quand les gaz réducteurs deviennent en proportion dominante.

Quels que soient les soins apportés dans le chauffage et dans la condensation, on n'arrive pas à distiller à beaucoup près le zinc contenu dans le minerai et non plus à recueillir tout le zinc distillé; la perte totale provenant de cette double cause atteint en moyenne près de 20 % du métal contenu, il faut également compter le déchet notable provenant d'abord de l'absorption de vapeur de zinc par les terres réfractaires neuves des nouveaux creusets, et aussi des pertes que les fêlures de ces mêmes creusets peuvent entraîner.

Pour améliorer le chauffage, question fort importante, et aussi bien dans le but d'atteindre une température élevée que de réaliser des économies dans la dépense de combustible (1), on a recherché l'application des gazogènes en remplacement des grilles primitivement adoptées; les croquis ci-contre donnent une disposition appliquée dans les fours de Friedrichshutte près Tarnowitz. On a fait également des essais du même genre en Belgique et en France; mais bien que ce mode de chauffage semble promettre des résultats économiques satisfaisants on ne saurait dire encore que la pratique ait prononcé son dernier mot.

(1) On compte une consommation de 6 tonnes de combustible par tonne de zinc produite.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le zinc brut, tel qu'il est recueilli dans les appareils de condensation, a besoin d'être purifié, surtout quand il provient de minerai un peu plombeux, le zinc étant alors mélangé à une proportion assez notable de ce métal. On le refond dans des chaudières en fonte, ou mieux en terre réfractaire, car la fonte est peu à peu attaquée par le zinc et le métal obtenu est toujours ferreux; la fusion terminée, le zinc est maintenu plus ou moins longtemps à l'état liquide suivant

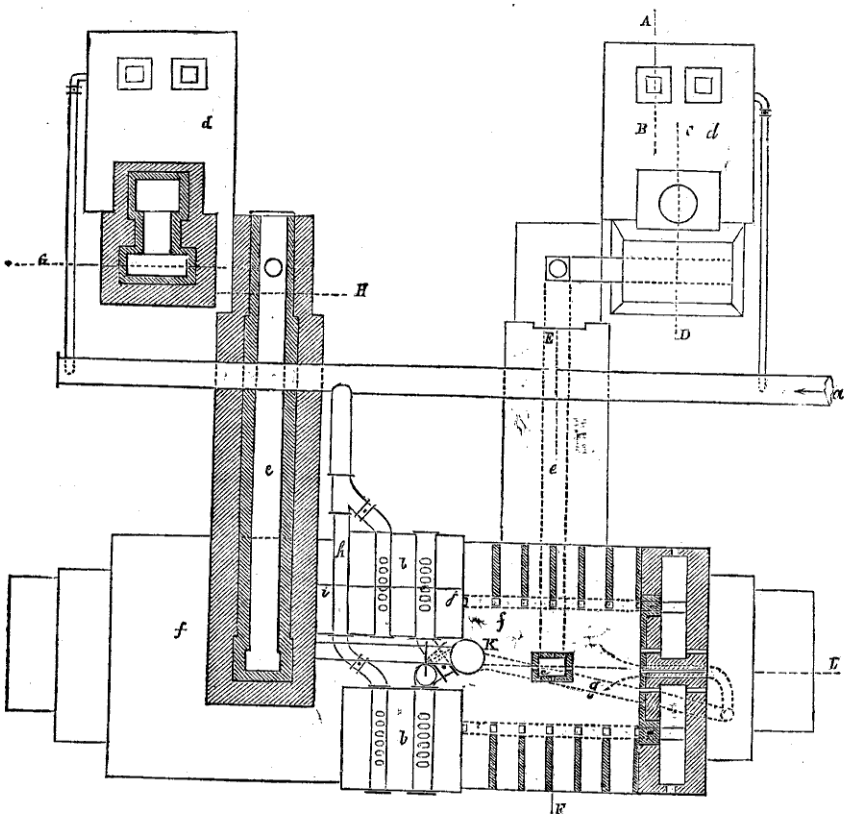



Fig. 5.—*Four à zinc de Friedrichshütte près Tarnowitz.*—Plan échelle d'environ 3 mill. par mètre; *a*, arrivée de l'air; *b*, appareil de chauffage de l'air; *c*, entrée du gaz et de l'air chaud dans le four; *d*, gazogènes; *e*, conduites du gaz; *f*, four à zinc.

la proportion des matières étrangères qu'il renferme; pour le zinc plombeux, on doit prolonger beaucoup cette fusion afin que le plomb ait le temps de se séparer par liquation et de se réunir à la partie inférieure de la chaudière.

Cette première purification est souvent insuffisante ; avant de laminer ou de tréfiler il faut passer par une nouvelle fusion et pour certains emplois spéciaux, on doit même distiller de nouveau le zinc en lingot et choisir avec soin la provenance des minerais employés.

**Produits spéciaux industriels.** — Le zinc a des applications les plus variées; sa consommation annuelle en Europe atteint le chiffre énorme de 150,000

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à 200,000 tonnes; on l'emploie sous trois états : à l'état *fondu*, seul ou allié au cuivre; à l'état *ouvré*, par exemple laminé ou tréfilé; enfin à l'état d'*oxyde ou de blanc de zinc*.

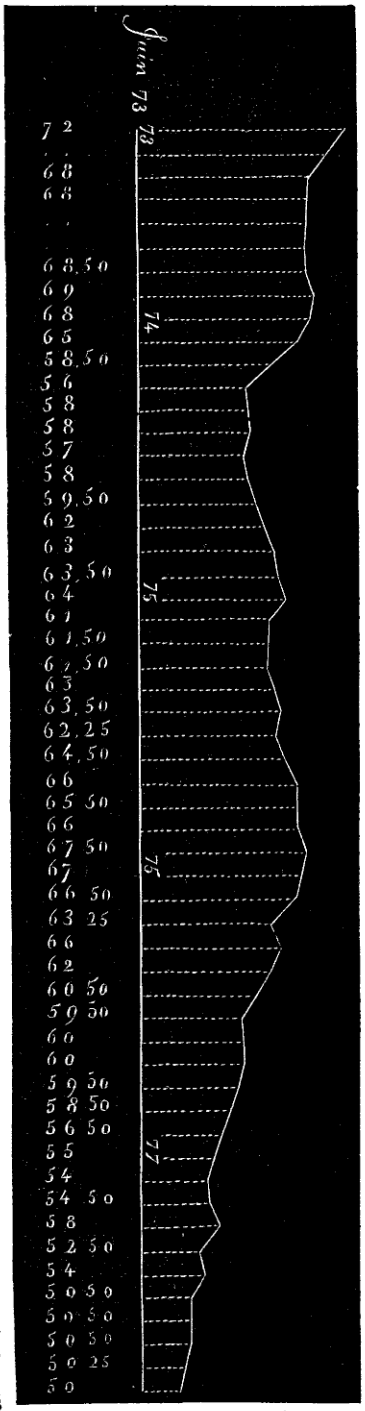
Le zinc fondu est appliqué, seul, au moulage d'une foule de pièces d'ornements ou d'objets d'art à bon marché; pour arriver au fini d'exécution que l'on a atteint aujourd'hui, on a été amené à substituer les moules métalliques aux moules en sable primitivement employés et à choisir avec soin les qualités de zinc les plus pures; les calamines sont seules capables de donner le métal ayant la douceur et la malléabilité désirables.

Mélangé avec le cuivre et d'autres métaux dans des proportions assez variables, le zinc constitue des alliages d'un usage très-répandu. Tels sont par exemple *le chrysocale*, divers alliages pour *pièces de machines* et surtout le *laiton* employé pour les feuilles de doublage, pour les tringles, pour les fils, etc., et qui a été seulement signalé à propos des alliages du cuivre.

Nous donnons quelques exemples numériques de la composition de laitons et d'alliages pour pièces de machines dans le tableau de la page suivante (1) (Voir les notes 1, 2, 3 même page).

Le *zinc ouvré*, qui comprend presque exclusivement du zinc laminé, constitue près des deux tiers du zinc livré au commerce. Le laminage se fait à froid ou mieux sans qu'on ait à chauffer le métal, car la température d'environ 100° qui paraît être la plus favorable au laminage, s'acquiert par le travail moléculaire que produit la compression du métal pendant l'étirage sous les cylindres. On est même obligé d'interrompre l'opération si l'on se propose d'obtenir des feuilles très-minces, autrement on rendrait le zinc extrêmement cassant (2). Dans ces conditions, il convient donc d'avoir deux trains distincts : le dégrossisseur et le finisseur, et d'attaquer directement ces trains par une machine spéciale dont la force sera largement suffisante (80 à 100 chevaux).

La densité du zinc qui est relativement assez faible, 6,80 à 7,20, suivant la durée du laminage, jointe à une assez grande ténacité et surtout sa propriété de résister de la façon la plus satisfaisante aux influences atmosphériques (3), l'ont rendu particulièrement apte à servir dans la couverture des




Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

édifices. Pour cet usage, on emploie des feuilles dont l'épaisseur est ordinairement comprise entre $0^{mm},69$ et $1^{mm},10$ et dont le poids par mètre carré est par suite $4^{k},5$ à $7^{k},5$; on leur donne ensuite les dimensions ou la forme correspondantes au système de couverture adopté; on distingue en effet les couvertures à tasseaux ou en écailles faites avec des surfaces planes ondulées ou cannelées.

| MATIÈRES. | FEUILLES de doublage. | TRINGLE. | PIÈCES DE MACHINES. | |
|---|---|---|---|---|
| Zinc | 33,00 | 6,80 | 35,58 | 31,40 |
| Étain | » | » | » | 1,30 |
| Cuivre | 66,50 | 87,80 | 62,75 | 64,80 |
| Plomb | 0,10 | 1,70 | 1,65 | 2,35 |
| Fer | traces. | 1,60 | » | 0,17 |
| Arsenic | *id.* | 2,10 | traces. | » |
| TOTAUX | 99,60 | 100,00 | 99,98 | 100,02 |

Le zinc laminé a encore d'autres applications; il se prête par exemple à l'*estampage* qui l'utilise à l'ornementation d'auvents et marquises, clochetons, etc.; à un *laminage pécial* qui permet d'obtenir avec un métal bien pur et homogène des surfaces pouvant être employées au satinage des papiers et même des étoffes; à la fabrication des feuilles de doublage pour navires, de divers ustensiles pour les usages domestiques et enfin à la préparation des fonds de cribles et de tamis; c'est également du zinc laminé découpé en petites baguettes que l'on étire à la filière.

Il reste à dire quelques mots du *blanc de zinc*. Cette substance est obtenue en portant le zinc à la température du rouge en présence de l'air; le zinc est brûlé dans une série de moufles placés dans un même four; la combustion se produit successivement d'un moufle à l'autre, la chaleur développée dans l'un étant utilisée à enflammer le zinc du moufle voisin; les fumées parcourent tout un système de canalisation, puis viennent finalement s'accumuler dans de grands entonnoirs en toile. La division extrême du blanc de zinc, sa couleur qui est d'une blancheur éclatante, sa propriété d'être inaltérable à l'air et sans danger pour les ouvriers qui le manient, le font préférer dans beaucoup de cas à la céruse.

Enfin pour terminer, voici approximativement les variations des cours de 1873 à 1878; la courbe d'autre part (page 211) fait ressortir une certaine continuité dans les tendances de hausse ou de baisse, mais on constate en même temps que le zinc a subi depuis 1873 une dépréciation qui atteint environ 30 % de sa valeur.

*Notes de la page précédente.*

(1) Rivot *Docimasie*, t. IV.

(2) A 200° le zinc est si cassant qu'on peut le piler dans un mortier.

(3) Le zinc après quelques jours d'exposition à l'air se recouvre d'une pellicule d'oxyde. Cet oxyde est insoluble, et comme il adhère fortement au métal, il le préserve de toute corrosion.

Eugène DUPUIS.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LE FER

## DEUXIÈME PARTIE (suite (1))

## TRANSFORMATION DU FER BRUT EN FER FINI

**Chargement et déchargement des paquets.**— Les paquets préparés comme nous l'avons dit sont conduits sur des chariots, près du four dans lequel ils doivent être chauffés.

Les petits paquets pour fers marchands sont pris un à un par l'aide-chauffeur, déposés successivement sur la pelle du chauffeur et rangés dans le four. Ces paquets de petites dimensions ne subissent qu'une chaude ; lorsqu'ils sont au blanc soudant, le chauffeur les saisit l'un après l'autre avec une tenaille et les lance près du laminoir s'il en est assez rapproché, ou les fait traîner jusque-là par le gamin si la distance est trop grande ou si le paquet est trop lourd.

Les paquets pour grosses tôles et pour gros fers spéciaux ont un poids considérable qui en rend la manœuvre plus difficile et exige plusieurs ouvriers.

Le paquet porté sur un chariot est amené devant le four ; on en soulève avec des pinces ou par un mouvement de bascule une extrémité pour introduire dessous la palette du chauffeur, puis, par une série de secousses, on fait glisser cette palette sur le seuil de la porte jusqu'à ce que le paquet soit dans le four, où on le dispose à la place convenable. Pour sortir ce paquet on en soulève l'extrémité avec une pince, on introduit dessous un petit rondin de bois qui formera rouleau tout en brûlant, et on saisit le paquet, avec une forte tenaille, pour l'amener jusque sur le chariot qui le conduira au laminoir.

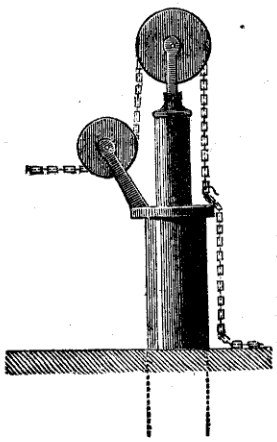


Fig. 53. — Cylindre hydraulique.

Ces manœuvres sont pénibles et lentes, aussi diverses usines ont-elles adopté des moyens mécaniques qui les rendent assez faciles.

Aux forges de Blochairn près Glasgow, on emploie la pression hydraulique (fig. 53, 54, 55).

A l'extrémité de l'espace laissé libre entre deux rangées de fours se touve un cylindre vertical long de 1m,500, ne dépassant le sol que de 50 centimètres environ. Le diamètre du cylindre est de 200 millimètres. Dans ce cylindre se meut un piston plein comme le piston d'une presse hydraulique. La partie supérieure de ce piston porte une poulie à gorge sur laquelle passe une chaîne qui sert à la manœuvre des paquets pour le chargement ou le déchargement.

(1) Voir la première partie page 65 et pour la deuxième partie, page 118.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le chariot à deux roues qui porte le paquet étant amené auprès du four, on appuie l'extrémité du paquet sur le rebord du four, on baisse la flèche du chariot, ce qui laisse libre l'extrémité postérieure du paquet sous laquelle on passe la pelle de chargement, puis on laisse relever la flèche du chariot, qui à partir de ce moment ne sert plus que de support au manche de la pelle qui introduira le paquet dans le four. A la poignée de la pelle, on fixe le crochet qui termine la chaîne de traction, on fait passer cette chaîne sur une poulie fixée à une barre de fer scellée dans la maçonnerie du four à charger et sur une autre poulie fixée au four d'en face, qui a pour but de donner à la chaîne une direction perpendiculaire à la face du four afin que le paquet soit chargé bien droit. De là la chaîne va au cylindre hydraulique, passe sur une poulie de renvoi fixée au cylindre, puis sur la poulie que porte la tête du piston; un ouvrier tire sur la chaîne pour la tendre et passe un des anneaux dans le crochet fixé au cylindre.

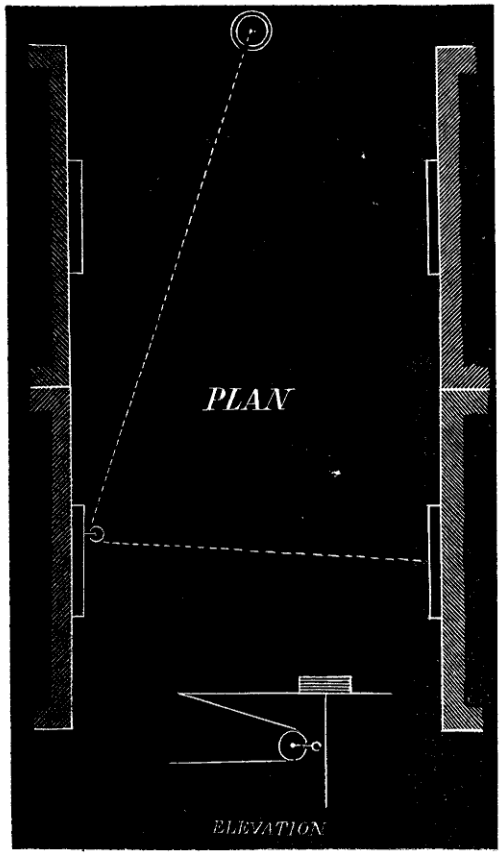



Fig. 54. — Chargement d'un paquet.

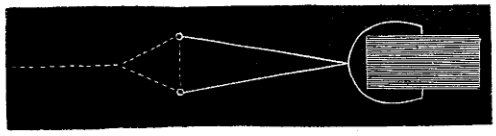


Fig. 55. — Déchargement d'un paquet.

Pour faire la manœuvre, on ouvre le robinet d'arrivée de l'eau dans le cylindre, le piston monte, et en s'élevant diminue la longueur libre de la chaîne qui transmet la traction à l'extrémité de la pelle et la fait entrer dans le four avec le paquet.

En deux ou trois secousses le chauffeur retire sa pelle et l'on referme le four.

Le déchargement se fait d'une manière analogue, seulement au lieu de passer l'extrémité de la chaîne sur la poulie fixée au four à décharger, on l'accroche directement à la poignée de la tenaille, et le paquet sortant en même temps que la tenaille est reçu sur un chariot qui le conduit aussitôt au laminoir.

Dans ce déchargement on utilise la traction sur la chaîne pour serrer les tenailles et leur faire bien saisir le paquet; en effet la chaîne passe dans chacun des anneaux qui terminent les manches de la tenaille et vient se rattacher à elle-même.

Ce système de manœuvre hydraulique a l'avantage d'opérer le chargement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et le déchargement très-rapidement ; la porte restant peu de temps ouverte, le four se refroidit peu et ce paquet rapidement sorti est amené plus chaud au laminoir.

**Transport des paquets.** — Le transport des paquets du four au laminoir ne se fait pas toujours sur des chariots comme nous l'avons indiqué. Plusieurs usines ont des dispositions spéciales qui rendent plus facile cette manœuvre. Nous citerons l'installation adoptée par MM. de Wendel dans leurs usines. A la charpente est fixé un chemin roulant conduisant de la face du four au laminoir ; sur ce chemin circule un petit chariot auquel est suspendue une chaîne terminée par un crochet. Le paquet étant à moitié sorti du four, on suspend au crochet de la chaîne l'anneau qui termine le boulon servant d'axe à la tenaille, et un seul ouvrier, faisant levier à l'extrémité des longues branches de la tenaille, soulève le paquet et le conduit ainsi suspendu au chariot jusqu'au laminoir, où il le dépose devant la première cannelure.

**Laminoirs.** — On appelle train de laminoirs l'ensemble formé par plusieurs paires de cylindres ayant leurs axes en prolongement, réunis par des manchons d'accouplement et mis en mouvement par une machine placée à une extrémité.

Nous avons vu en parlant des cannelures comment le paquet chauffé est introduit dans une première cannelure, puis renvoyé par-dessus le cylindre supérieur au lamineur qui l'engage dans la deuxième cannelure, et ainsi de suite. Dans certaines dispositions, afin d'éviter la perte de temps nécessaire pour ramener le paquet devant l'entrée des cylindres, on fait tourner les cylindres tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre ; nous parlerons des systèmes par lesquels on obtient ce résultat en passant en revue les machines motrices.

**Machines motrices.** — On emploie quelquefois des machines hydrauliques dont l'organe récepteur est presque toujours une roue à aubes, mais le plus souvent on se sert de machines à vapeur.

Presque tous les types de machines à vapeur sont utilisés dans les forges : machines à balancier, machines verticales, machines horizontales. L'étude de ces différentes machines se trouve faite à l'article machines à vapeur, nous n'y reviendrons pas ici ; nous parlerons seulement des dispositions spéciales auxquelles donne lieu leur application aux laminoirs.

Considérées au point de vue du laminage, les machines motrices peuvent se diviser en deux classes :

1° Machines à mouvement continu.

2° Machines à mouvement alternatif.

**Machines à mouvement continu.** — Les machines à mouvement continu ont été les seules employées jusqu'à ces dernières années. Elles sont encore aujourd'hui le moteur naturel des trains de puddlage, des trains à petits fers marchands, des trains moyens, c'est-à-dire de tous les trains produisant des fers d'un profil assez faible, pour que le renvoi de la barre à chaque passe de la sortie à l'entrée des cannelures puisse se faire sans l'emploi d'appareils mécaniques spéciaux.

Lorsqu'elles sont employées aux gros trains à tôles et à fers plats, le repassage de la barre nécessite des releveurs, ou bien si l'on veut se dispenser de ces appareils on dispose, entre le train et le moteur, un mécanisme destiné à transmettre le mouvement continu du moteur alternativement dans un sens et dans l'autre.

Nous avons dit que tous les genres de machines avaient été appliqués au laminage.

Cependant il faut reconnaître que les différents modèles semblent se localiser et se diviser par contrée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On ne construit plus aujourd'hui que peu de machines à balancier, et l'Angleterre est le pays où elles ont conservé le plus de vogue.

La Belgique a beaucoup de machines verticales dites machines pilon ou machines crinolines, tandis que la France semble préférer les machines horizontales.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter le choix de ces machines, qui sont également bonnes au point de vue du laminage, et dont le choix est fait pour des motifs de place à occuper, de surveillance et de nettoyage facile, etc.

La machine, quelle qu'elle soit, est toujours placée à l'extrémité du train qu'elle commande ; lorsqu'elle commande deux trains différents elle est placée entre les deux.

La force de la machine se détermine par expérience, les éléments qui serviraient à l'évaluer étant essentiellement variables et dépendant de la nature du fer à laminer, de la chaleur, des irrégularités dans la confection des paquets, enfin de la résistance plus ou moins grande qui en résulte, à l'entrée dans les cannelures.

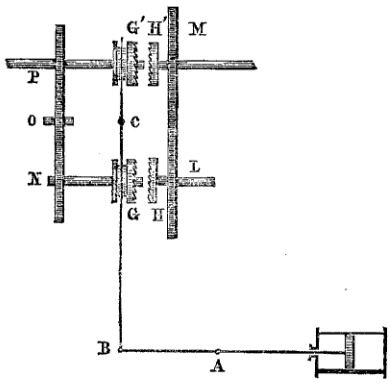


Fig. 56. — Changement de marche par embrayage.

On donne toujours à ces machines une force supérieure à celle qu'on doit en exiger, afin de n'être pas arrêté dans les cas de résistances exagérées.

La machine est toujours séparée du train qu'elle commande par une griffe d'embrayage.

Les bonnes machines sont à détente mue par le régulateur et, suivant les cas, avec ou sans condensation.

Le volant a des dimensions considérables; il doit accumuler une force suffisante pour produire à lui seul un passage de la barre entre les cylindres, la machine lui redonnant la vitesse initiale dans l'intervalle de deux passages.

La plupart de ces machines étant à un seul cylindre, la jante du volant porte une série d'encoches dans lesquelles on fait pénétrer l'extrémité d'un levier qui sert au moment de la mise en marche.

Dans les machines de gros trains, à changement de marche par embrayage, la griffe de l'embrayage est généralement mise en mouvement par un petit cylindre spécial à vapeur ou à pression hydraulique. La fig. 56 montre le détail de cette disposition.

Deux manchons d'embrayage à griffes sont conduits par un même levier qui fait embrayer l'un ou l'autre, suivant la position que lui donne un cylindre hydraulique.

Considérons le piston du cylindre hydraulique et par conséquent le levier de changement de marche dans sa position moyenne; ni l'une ni l'autre des griffes G et G' n'embrayent avec la griffe correspondante, et bien que l'arbre de la machine à l'extrémité duquel est fixée la griffe H soit en mouvement, le laminoir, dont l'arbre est commandé par la griffe G', ne tourne pas. Supposons maintenant qu'on veuille faire tourner l'arbre du laminoir dans le même sens que l'arbre moteur, on ouvrira l'admission de l'eau comprimée à gauche du piston, celui-ci en se déplaçant fera tourner le levier BC autour du point C par l'intermédiaire de la bielle AB, et aussitôt la griffe G embrayera avec la griffe H de l'arbre moteur. Le manchon G et l'engrenage N calés sur le même arbre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tournent dans le même sens, l'engrenage intermédiaire O tourne en sens inverse et enfin l'engrenage P, calé sur l'arbre du laminoir, tourne dans le sens voulu.

Si l'on veut faire tourner le laminoir en sens inverse, on admettra l'eau comprimée sur l'autre face du piston, le levier déplacé fera embrayer la griffe G′ avec la griffe H′. L'engrenage M tourne en sens inverse de l'engrenage L, et par l'intermédiaire des griffes G′ H′ fait tourner l'arbre du laminoir dans le même sens que lui, c'est-à-dire en sens inverse de la rotation de l'arbre moteur.

Ce système de renversement de marche a l'avantage de permettre un laminage plus rapide, puisque la pièce est laminée quand elle va et quand elle vient, tandis que par le système ordinaire la pièce n'est laminée que quand elle se meut dans un sens et que son mouvement dans l'autre sens ne sert qu'à la ramener à son point de départ ; mais, d'un autre côté, les chocs violents qui se produisent à chaque changement de marche, amènent dans les appareils des bouleversements dont le moindre inconvénient est de produire du jeu dans les scellements, et de détruire le parallélisme des axes quand il ne se produit pas des ruptures de griffes ou de dents d'engrenage.

**Machines à renversement ou trains reversibles.** — Ce sont ces considérations qui ont conduit depuis quelques années à construire des machines à renversement de marche et par conséquent sans volant.

Ces machines sont à deux cylindres, les manivelles étant calées sur l'arbre à 90° afin de n'avoir pas de point mort. La suppression du volant nécessite naturellement une force bien plus considérable pour la machine, qui doit à elle seule vaincre la résistance que produit l'entrée du paquet dans les cylindres, et être assez puissante pour maintenir la vitesse convenable des cylindres pendant toute la durée de passage du paquet.

Le plus souvent la machine commande le train par l'intermédiaire d'un engrenage, mais dans les derniers modèles construits et en particulier celui qu'expose la Société Cockerill, de Seraing (Belgique), les manivelles sont calées directement sur l'arbre moteur du laminoir sans l'intermédiaire d'engrenages.

Le renversement de marche est produit ordinairement par la manœuvre d'une coulisse Stephenson, actionnée par un petit cylindre auxiliaire à vapeur ou à eau comprimée. Dans la machine exposée par la Société Cockerill le changement de marche est produit par la manœuvre du levier de détente, déplaçant les cames de distribution qui commandent les soupapes d'admission. Ici tout engrenage est supprimé, deux cylindres à vapeur de $1^{m},010$ de diamètre attaquent directement un essieu coudé de 330 $^{mm}/_{m}$, qui est monté sur l'axe et à l'extrémité même du train. Quel que soit le système employé pour la manœuvre du changement de marche, on obtient avec ces machines un arrêt presque instantané du laminoir après le passage du paquet, et immédiatement après une vitesse suffisante dans le sens inverse pour pouvoir aussitôt engager à nouveau le paquet entre les cylindres. Le temps d'arrêt entre chaque passage est donc insignifiant et le laminage du paquet se fait avec une très-grande rapidité, de sorte que l'on peut avec ces machines laminer en une seule chaude des paquets qui auraient exigé deux chaudes avec des laminoirs à mouvement continu.

La grande dimension que la suppression du volant force de donner aux cylindres et l'obligation d'admettre presque toujours la vapeur sans détente, conduisent à des consommations de vapeur considérables pendant la marche de la machine ; mais si l'on considère que, dans les machines à volant, la ma-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chine doit être mise en marche longtemps avant le passage du paquet pour accumuler dans le volant la force qui aidera ce passage, on reconnaît que le poids de vapeur dépensée dans les deux cas ne diffère pas sensiblement.

Les avantages de ces trains reversibles les ont fait adopter pour les trains à tôles et en général pour le laminage des forts paquets ; on les emploie aussi pour le laminage des rails d'acier, cherchant alors à augmenter le poids des paquets pour produire dans une seule barre 2, 3 et même jusqu'à 8 rails de 6 mètres, les chutes coupées aux extrémités de la barre laminée se répartissant alors sur un poids bien supérieur de rail fini et produisant en conséquence une économie considérable.

**Trains de laminoirs.** — Un *train de laminoirs* comprend : 1° le moteur avec son volant, — 2° les transmissions, — et 3° le train de laminoir proprement dit.

La puissance du moteur ne se détermine pas à priori par le calcul, à cause de la résistance variable déterminée par le degré de chaleur et la nature du fer à laminer, et par suite des chocs produits à l'entrée dans les cylindres. Les dimensions sont données par l'expérience. Il est bon que la machine soit à détente variable pour qu'elle ne dépense pas plus de vapeur que ne l'exige la nature du travail.

Le volant joue un grand rôle dans les machines de laminoirs à mouvement continu ; il forme comme un ressort intermédiaire entre la machine et les cylindres, recevant du moteur une somme de force qu'il accumule pendant les intermittences du travail, pour la rendre pendant les périodes de résistance produite par le passage du fer à laminer ; sa masse protége la machine contre les chocs qui se produisent dans le travail, il protége aussi les transmissions lorsque sur les trains à petite vitesse on peut le placer directement sur l'axe du train. L'élément qui sert à déterminer la force du volant, c'est-à-dire son poids et son diamètre, est non pas la force du moteur, mais l'évaluation des résistances du laminage.

Les transmissions se composent d'une série d'engrenages destinés à donner aux cylindres une vitesse supérieure à celle qu'ils reçoivent de la machine ; la série se trouve même doublée lorsqu'un même moteur actionne deux trains différents, car généralement, dans ce cas, les deux trains demandent deux vitesses différentes. Lorsque ces transmissions ne sont pas protégées par le volant, elles sont exposées à des chocs violents qui produisent de fréquentes ruptures de dents d'engrenage, aussi fait-on souvent des engrenages en fonte avec dents en fer rapportées ou noyées dans la fonte au moment de la coulée. En tous cas, il est bon que la jante des grands engrenages soit composée d'un assez grand nombre de segments, dont on a toujours quelques-uns en réserve pour éviter les chômages.

Le train de laminoirs proprement dit est un ensemble de cylindres horizontaux superposés par séries de deux ou de trois, la première série reçoit le mouvement d'un ensemble de pignons dont l'un est calé sur l'arbre actionné par la machine, et le communique aux autres séries par l'intermédiaire d'arbres et de manchons d'accouplement.

La fig. 57 est un croquis indiquant l'ensemble d'un train comprenant la griffe d'embrayage A de l'arbre du train avec l'arbre du moteur ; la fourchette à pivot B servant à la manœuvre de la griffe ; la cage à pignons C communique aux cylindres supérieurs et inférieurs des cages suivantes une vitesse de rotation égale et de sens contraire ; les arbres d'accouplement ou manchons D et les extrémités des axes des cylindres et des pignons sont en forme de trèfles, ils se communiquent le mouvement par l'intermédiaire de manchons E creusés en forme de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trèfles, dans lesquels ils pénètrent et qui les rendent solidaires; des petites entretoises en bois, retenues par des courroies ou des fils de fer, maintiennent

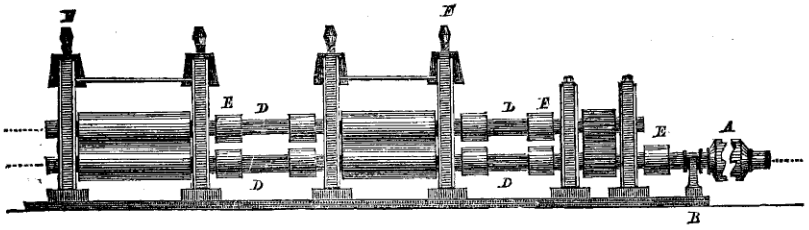


Fig. 57. — Ensemble d'un train de laminoirs.

l'écartement de ces manchons appelés moufflettes. Le jeu laissé aux trèfles dans les moufflettes permet aux cylindres un mouvement dans le sens vertical sans que la communication soit interrompue.

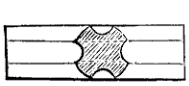


Fig. 58. — Allonge.

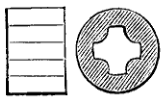


Fig. 59. — Manchon.

Pour éviter l'échauffement des cylindres et des tourillons, on les rafraîchit par un courant d'eau froide qui les conserve, tout en facilitant le travail. L'eau arrive au-dessus des cylindres par un chéneau en bois ou un tuyau en fer percé d'une série de petits trous. Les cylindres dégrossisseurs ne sont arrosés qu'en dehors du travail; les coussinets sont, au contraire, arrosés continuellement; leur graissage s'effectue au moyen de graisse de mouton que l'on met en contact du tourillon entre deux parties de coussinet; ces tourillons tournent sur des coussinets maintenus dans des supports nommés empoises, qui sont logés et fixés dans les montants des cages. Des vis F, appuyant sur l'empoise supérieure des cylindres supérieurs, s'opposent au soulèvement de ces cylindres. L'écrou de la vis est logé dans le chapeau du montant; entre la vis et l'empoise se trouve une petite pièce en fonte dite boîte de sûreté, destinée à casser lorsque la pression entre les deux cylindres est trop considérable.

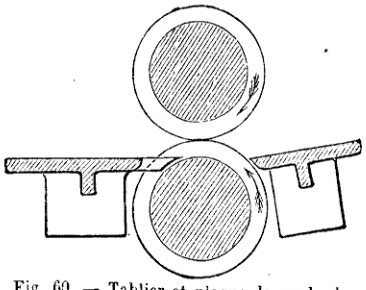


Fig. 60. — Tablier et plaque de garde de cylindres dégrossisseurs

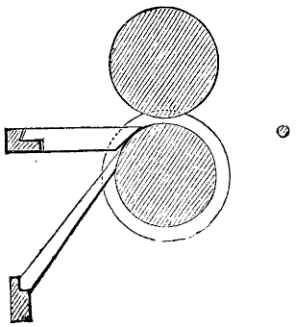


Fig. 61. — Garde et sous-garde de cylindres finisseurs.

Lorsqu'il s'agit d'un train trio, c'est-à-dire à trois cylindres par cage, la commande, au lieu de se faire par le pignon inférieur, se fait par celui du milieu.

La manœuvre des paquets à l'entrée comme à la sortie des cylindres est facilitée par des organes spéciaux : les cylindres dégrossisseurs (fig. 60) ont du côté de leur entrée un tablier, sorte de table sur laquelle le lamineur peut manœuvrer le paquet pour en diriger la tête dans la cannelure, à la sortie de laquelle il est reçu sur une plaque de garde, dont la forme suit les contours des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cannelures du cylindre inférieur pour éviter que le paquet ne s'enroule sur ce cylindre.

A la cage finisseuse (fig. 61), le paquet ayant pris une forme plus allongée, le tablier est remplacé par une barre de fer rond qui suffit à soutenir la tête de la barre laminée à la hauteur de l'entrée des cannelures, et la plaque de garde est remplacée par une série double de barres s'appuyant sur le fond des cannelures, l'enroulement de la pièce autour du cylindre inférieur étant d'autant plus à redouter que sa section devient plus faible.

Pour le laminage des petits fers l'entrée de la barre dans les cannelures est facilitée par des guides formant comme des couloirs à large entrée, dans lesquels le lamineur pousse la barre jusqu'à la cannelure. Les lamineurs sont aidés dans leur travail par des avioteurs : on appelle ainsi des ouvriers qui reçoivent sur des crochets la barre sortant de la cannelure ou qui la supportent pour aider le lamineur à l'y engager ; ils sont donc placés des deux côtés des cylindres. Les crochets (fig. 62) qu'ils manœuvrent ou aviots, et dont ils se servent comme de leviers, sont suspendus à des chaînes dont les extrémités, fixées à des galets roulant sur des rails, leur permettent de se déplacer parallèlement aux cylindres et, en conséquence, de présenter la barre à l'entrée de la cannelure voulue aussi bien que de la transporter des cylindres dégrossisseurs aux cylindres finisseurs.

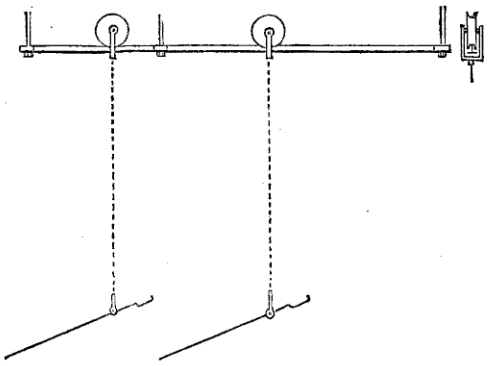


Fig. 62. — Suspension des aviots.

**Dispositions des montants de cage.** — Les fondations d'un train de laminoir consistent en une maçonnerie sur laquelle s'appuie un beffroi en charpente, recouvert d'une série de taques à ergots formant plaques de fondation et dans lesquelles sont calés les pieds des montants (fig. 63), on peut ainsi faire varier l'écartement des montants pour employer des cylindres de différentes longueurs.

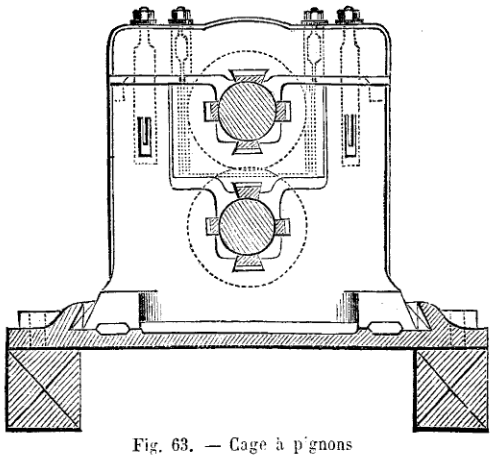


Fig. 63. — Cage à p'gnons

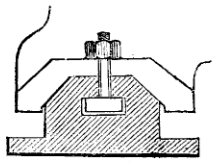


Fig. 64. — Calage des cages.

Aux usines d'Hayange, on remplace la plaque de fondation par deux longrines en fonte (fig. 64), fixées sur la charpente et portant un évidement en forme de T, dans lequel vient se loger la tête du boulon qui fixe le pied du montant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La forme des montants de cages est nécessairement variable avec leur destination, c'est-à-dire suivant qu'ils doivent supporter des pignons ou des cylindres et suivant qu'ils doivent être employés dans des trains à deux ou à trois cylindres (1).

La fig. 63 donne l'élévation d'un montant de cage à pignons : ce montant est en deux pièces; le chapeau rapporté est maintenu par deux boulons clavetés à la partie inférieure; des cavités ménagées dans la partie inférieure du bâti contiennent les coussinets inférieurs et latéraux du pignon inférieur; au-dessus, une empoise suspendue au chapeau par un étrier en fer porte le coussinet supérieur du pignon inférieur et les coussinets inférieurs et latéraux du pignon supérieur; enfin le coussinet supérieur du pignon supérieur est logé dans une cavité pratiquée dans le chapeau.

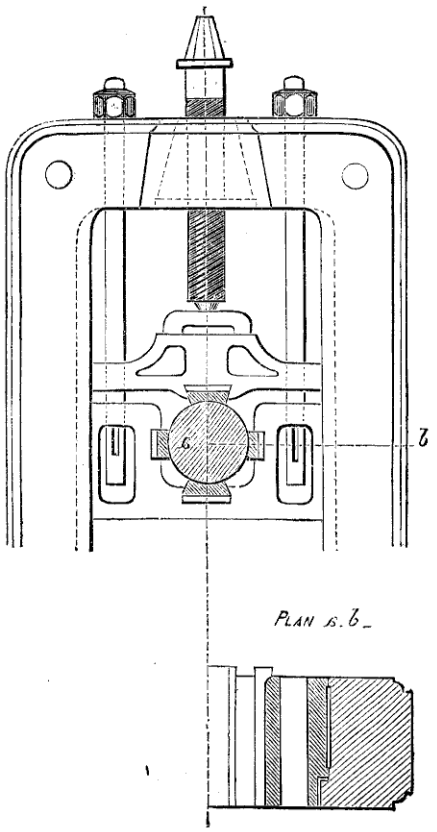



Fig. 65. — Cage à cylindres, vis de serrage.

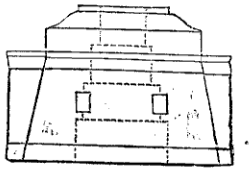


Fig. 66. — Coussinet de la vis de serrage. Élévation.

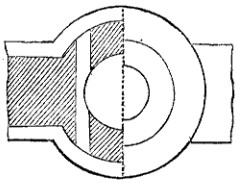


Fig. 66 *a*. — Coussinet de la vis de serrage. Plan.

Lorsqu'il s'agit de cylindres (fig. 65), au lieu de pignons, le coussinet supérieur du cylindre supérieur est placé dans une seconde empoise sur laquelle appuie la tête de la vis par l'intermédiaire de la boîte de sûreté. Le cylindre inférieur n'ayant jamais de tendance à se soulever, l'empoise qui supporte le cylindre supérieur ne porte pas de coussinet à la partie inférieure. Les montants de cage portent un redan contre lequel s'appuie l'empoise dans le but de s'opposer aux efforts transversaux qui peuvent se produire dans le laminage. Pour soutenir cette empoise on se sert généralement de tiges à clavettes suspendues au chapeau ou à la partie supérieure du montant lorsqu'il est d'une seule pièce. L'écrou en bronze qui transmet l'effort de pression verticale de bas en haut de la vis a

(1) Tous ces détails de construction sont très-complétement décrits dans l'ouvrage de M. Jordan (*Cours de Métallurgie*), auquel nous renvoyons; nous n'indiquons ici que les caractères généraux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

extérieurement la forme conique; quelquefois aussi il a la forme en escalier (fig. 66) et se trouve maintenu par deux clavettes latérales qui l'empêchent à la fois de tomber lorsqu'on desserre, et de tourner.

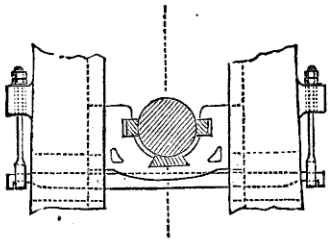


Fig. 67. — Suspension de l'empoise.

Un autre système de suspension (fig. 67) de l'empoise consiste à faire venir de fonte aux montants de la cage deux oreilles servant à supporter la tête de boulons, terminées à la partie inférieure par un œil; dans ces deux ouvertures pénètrent les extrémités d'un sommier qui traverse les montants de la cage et sur lequel repose en son milieu l'empoise qui porte le cylindre supérieur. Les écrous et contre-écrous de la partie supérieure des tiges de suspension règlent la position inférieure, limite que peut prendre le cylindre, tandis que son mouvement d'élévation est arrêté par la vis de serrage.

**Cages à trois cylindres.** — Lorsqu'il s'agit de trains à trois cylindres, les dispositions que nous venons d'indiquer ne sont plus possibles; on fait alors

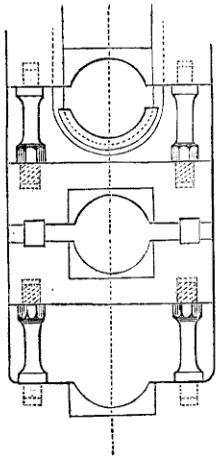


Fig. 68. — Cage à 3 cylindres.

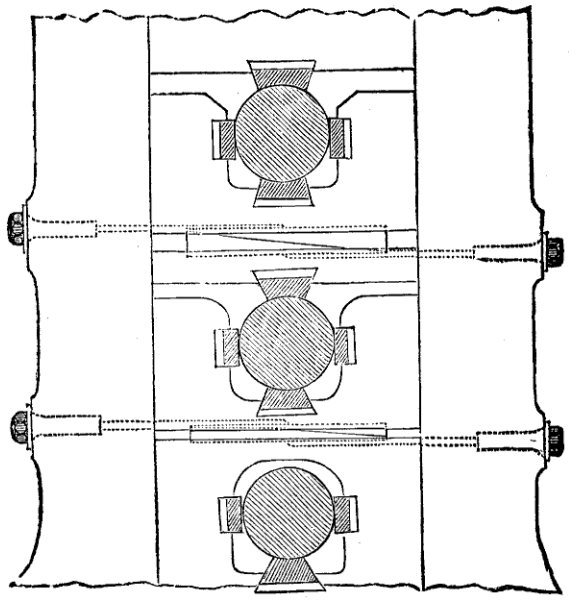


Fig. 69. — Cage à 3 cylindres, système à coins conjugués.

reposer les différentes empoises les unes sur les autres, en ménageant toutefois entre elles un moyen de régler leur écartement; deux moyens principaux sont en usage : un réglage par vis placées verticalement et un réglage par vis placées horizontalement. Dans le premier système (fig. 68), l'empoise qui supporte le tourillon du milieu s'appuie sur deux colonnes, dont la partie inférieure carrée est logée dans une cavité correspondante de la base du bâti qui l'empêche de tourner, et dont la partie supérieure filetée porte un écrou sur lequel repose l'empoise; la position que l'on donne à l'écrou sur la partie filetée règle la hauteur de l'empoise, le filet entre dans une cavité lisse avec beaucoup de jeu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au fond. Un autre ensemble de colonnes supporte le chapeau s'appuyant sur l'empoise supérieure du tourillon intermédiaire.

Dans le second système (fig. 69), l'appareil de réglage est un ensemble de deux coins conjugués qui, suivant leur position relative, occupent verticalement une hauteur variable et règlent par conséquent la position d'une empoise inférieure, par rapport à l'empoise supérieure du tourillon placé immédiatement au-dessous. Les fig. 5 et 6, pl. VII, donnent le détail de ces coins; ils sont terminés par une tige cylindrique filetée pénétrant dans un écrou de longue dimension logé dans le montant et dont un renflement formant base s'appuie sur la face latérale de ce montant. La rotation de l'écrou produit l'avancement ou le recul de la vis et en conséquence du coin, et permet de régler exactement l'écartement des tourillons entre eux.

**Laminoirs à tôles.** — Un train de tôlerie comprend le dégrossissage et le finissage de la tôle et se trouve quelquefois complété d'une cage destinée au laminage des tôles minces, quadrillées ou ondulées. Le dégrossissage, lorsqu'il n'est pas fait au marteau-pilon comme nous l'avons indiqué en parlant de la fabrication des paquets, s'opère dans une première cage dite aussi cage soudante et comprenant deux ou trois cylindres à cannelures, entre lesquels le paquet est laminé tantôt à plat et tantôt sur champ pour en faire un corps soudé bien rectangulaire, qui entre les cylindres finisseurs s'allongera sans s'étaler, et donnera une pièce de forme régulière dans laquelle on pourra découper sans trop de déchets sur les bords la tôle voulue.

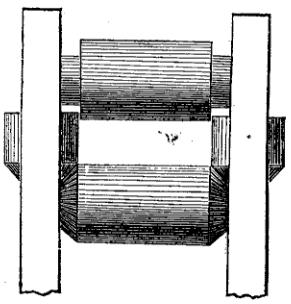


Fig. 70. — Cage dégrossisseuse aux forges de la Providence.

Aux forges de la Providence à Hautmont, la cage dégrossisseuse a une forme spéciale, elle contient quatre cylindres : deux horizontaux et deux verticaux (fig. 70). Le cylindre horizontal inférieur porte entre sa table et ses tourillons deux portions coniques dentées, les cylindres verticaux dont les axes sont logés dans les colonnes ont également une partie conique dentée qui engrène avec les parties correspondantes du cylindre horizontal; la table du cylindre supérieur est évidée aux extrémités pour pouvoir pénétrer entre les cylindres verticaux, et limiter ainsi un espace rectangulaire dans lequel le paquet comprimé s'épure comme dans une cannelure. Lorsqu'une usine possède un train universel (appareil que nous décrirons plus loin), et que ce train est commandé par la même machine qui actionne le laminoir à tôles, elle utilise généralement le laminoir universel pour le dégrossissage des paquets de tôle.

**Cylindres à tôle.** — Les cylindres destinés au laminage des tôles doivent avoir un diamètre bien régulier et une surface unie pour produire des feuilles d'épaisseur régulière et polie. Les cylindres finisseurs et spécialement ceux des trains à tôle fine sont coulés en coquille; la fonte extérieure sur une épaisseur de 3 à 5 centimètres est alors trempée plus dure et permet d'obtenir une surface plus unie. Les paquets étant le plus souvent passés au milieu, c'est cette partie qui s'use le plus et finit par se creuser assez rapidement d'une manière sensible; aussi est-on obligé de temps en temps de tourner ces cylindres pour leur rendre un diamètre uniforme; ce travail se fait sur place. On fait marcher la machine motrice lentement et on tourne les deux cylindres à la fois; on emploie à cet usage (fig. 71) un outil en acier dur bien trempé, ayant une lon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gueur d'environ dix centimètres, et comme section la forme rectangulaire avec évidements sur les faces ; l'outil est maintenu par une tenaille de forme spéciale, qui s'appuie sur un sommier disposé à cet effet entre les montants de la cage ; un coin placé entre ces deux pièces permet de presser fortement l'outil contre les cylindres et de le faire mordre plus ou moins dans la fonte. Lorsque les

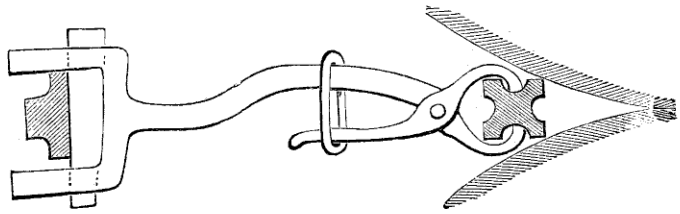


Fig. 71. — Tournage des cylindres sur place.

deux angles travaillants sont trop échauffés par le travail, on retourne l'outil dans la tenaille pour employer les deux autres; on arrive par cette disposition à tourner les cylindres d'une manière très-exacte et peu coûteuse; pour affûter les taillants, on se sert de meules planes spéciales sur lesquelles on appuie la pièce avec interposition d'émeri.

**Bascules d'équilibre.** — Le cylindre mâle d'un train à tôles doit pouvoir se soulever pour permettre l'entrée entre les cylindres du paquet à laminer, on se sert à cet effet de bascules d'équilibre. Ces bascules sont disposées tantôt

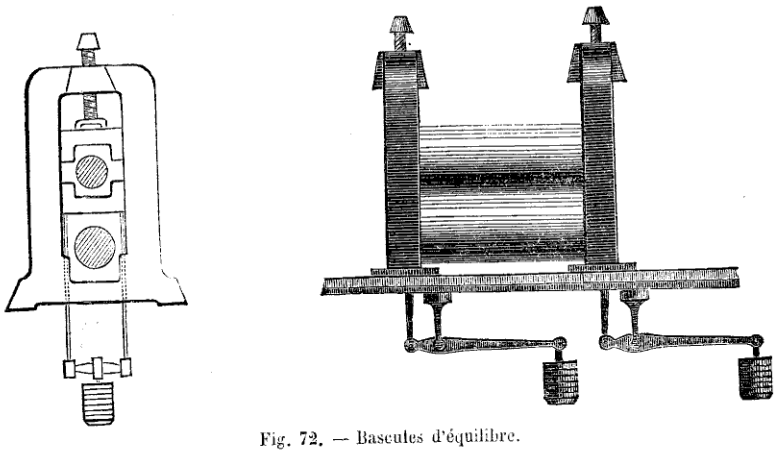


Fig. 72. — Bascules d'équilibre.

parallèlement, tantôt perpendiculairement à l'axe du laminoir; mais leur principe reste toujours le même : c'est une paire de leviers horizontaux à bras inégaux placés sous le train (fig. 72), le petit bras soulève une paire de tiges verticales sur lesquelles repose l'empoise inférieure du cylindre mâle, le grand bras porte des contre-poids. La charge des contre-poids est calculée pour maintenir toujours soulevé le cylindre, qui est limité dans son mouvement d'élévation par les vis verticales dont la position règle aussi l'écartement des cylindres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Serrage des cylindres.** — Le parallélisme aussi parfait que possible des cylindres est indispensable pour obtenir des tôles d'épaisseur régulière. Deux cylindres non parallèles donneraient non-seulement une pièce d'épaisseur inégale, mais encore cette pièce ne se laminerait pas droite, elle se courberait au passage entre les cylindres puisqu'elle s'allongerait plus sur un bord que sur l'autre. On obtient un parallélisme constant des cylindres en rendant solidaires les deux vis de serrage. Chacune d'elles porte une roue d'engrenage et les deux roues engrènent avec un même pignon intermédiaire (fig. 1, pl. VII). Par ce moyen, si l'on fait tourner l'une des vis d'un angle quelconque, l'autre tourne nécessairement du même angle; le pignon est porté par un châssis reposant sur les deux colonnes du train, il doit avoir une hauteur suffisante pour engréner avec les roues dans les deux positions de la vis qui correspondent aux positions extrêmes du cylindre supérieur. Sur l'axe du pignon ou de l'une des roues est calée une roue munie de taquets, un levier est fou sur cet axe; le lamineur pour serrer les cylindres fait passer le levier derrière l'un des taquets, puis le ramenant à lui produit la rotation de l'une des roues qui, par la communication du pignon, fait tourner l'autre roue d'une quantité égale. Une disposition plus simple (fig. 2, pl. VII) consiste dans l'emploi de deux pignons d'angle calés sur un arbre horizontal que portent les deux têtes de vis; un volant à manettes calé à l'une des extrémités permettra la manœuvre des deux pignons qui communiquent leur mouvement à deux autres pignons calés sur les têtes des vis; des repères marqués sur les engrenages indiquent au lamineur la position des vis, qui correspond à un écartement des cylindres déterminé et par conséquent l'épaisseur de la pièce qu'il lamine.

Tout en se rapportant à ces repères, l'ouvrier ne produirait pas des épaisseurs exactes s'il ne tenait pas compte des causes extérieures, telles que la nature du fer à laminer, la température à laquelle le paquet a été chauffé et enfin le degré de chaleur de la barre à son dernier passage entre les cylindres; ce n'est qu'à ces conditions qu'un lamineur habile et soigneux produira des tôles ne s'écartant pas d'un demi-millimètre de l'épaisseur demandée.

**Appareils releveurs.** — Nous avons vu que dans les trains à mouvement continu le paquet, après être passé entre les cylindres, doit à chaque fois être repassé par-dessus le cylindre supérieur pour être ramené à l'entrée des cylindres. Lorsque les paquets sont de grandes dimensions, et c'est le cas général des paquets pour tôles, leur poids devient trop considérable pour que ce relevage soit fait par la main de l'ouvrier, on emploie alors des appareils qui élèvent à la hauteur voulue la table qui reçoit le paquet, et les ouvriers n'ont plus qu'à faire glisser le paquet sur cette table, qui est généralement munie de rouleaux pour faciliter cette manœuvre.

La table est souvent un simple cadre métallique vertical suspendu par une chaîne derrière les cylindres; la chaîne passe sur une poulie fixée à la charpente. La traction de cette chaîne, c'est-à-dire le mouvement d'élévation du cadre, s'effectue soit au moyen d'un petit cylindre à vapeur spécial, soit à l'aide d'une corde s'enroulant autour d'une poulie fixée sur un des arbres du train; un ouvrier tirant sur cette corde produit son adhérence sur la poulie et par suite la traction sur la chaîne; des guides assurent la verticalité du mouvement du cadre.

Pour les grosses tôles, au lieu d'un simple cadre on se sert d'un tablier qui supporte la pièce sur toute sa longueur. L'appareil (fig. 3, pl. VII) se compose d'un châssis ABC articulé vers le tiers de sa longueur au point B ; ce châssis est formé par des fers plats entretoisés deux à deux pour supporter des petits galets en fonte sur lesquels roule la tôle à laminer. Les points A et B sont supportés



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par des leviers articulés et le point C par une petite paire de roues avançant et reculant sur une voie ferrée.

Les fig. 3 et 4, pl. VII, montrent le releveur dans les deux positions : en A′B′C′ le tablier est abaissé pour recevoir la tôle au moment du laminage, et en ABC il est relevé pour faire repasser la tôle devant les cylindres ; dans cette dernière position, le tablier forme un coude en B afin de présenter une partie inclinée BA qui facilite la manœuvre de la pièce. Un contre-poids équilibre le tablier de manière que le mécanisme releveur n'ait à vaincre que le poids de la pièce en travail.

Le mouvement est produit par un cylindre à vapeur ; la tige du piston agissant sur la bielle DE fait tourner autour du centre F les leviers DF, FG et FH, et par conséquent les leviers JK et JI autour du centre I par l'intermédiaire de la bielle GI, en même temps que les leviers ML et MN autour du centre M par l'intermédiaire de la bielle GL. La rotation des leviers FH et JK ne peut produire un mouvement défini de la partie AB du tablier que si un point de ce tablier se trouve guidé d'autre part ; pour cela le point B est assujetti à un mouvement de rotation autour du point O, alors les leviers KA et HB donnent à la partie AB la position inclinée qu'elle occupe à cause de la différence de longueur des leviers JK, KA et FH, HB ; la rotation autour du point O permet à l'extrémité du tablier de venir se placer assez avant au-dessus du cylindre supérieur en le contournant.

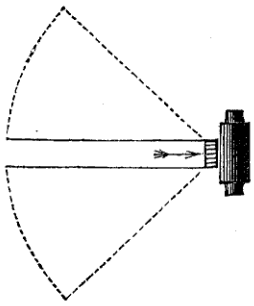


Fig. 73. — Support à l'entrée des cylindres.

Du côté de l'entrée des cylindres se trouve un petit tablier fixe complété d'une partie mobile formée d'un châssis monté sur roues, ou bien (fig. 73) de deux branches qui peuvent s'ouvrir circulairement. Quand le paquet arrive du four à réchauffer sur le chariot, la partie mobile est enlevée pour laisser libre l'accès du tablier ; le chariot amené avec vitesse jusqu'aux cylindres vient buter brusquement contre le tablier fixe et le paquet se trouve lancé entre les cylindres ; il est reçu de l'autre côté par une équipe, relevé et renvoyé en avant des cylindres où on le chasse de nouveau entre les cylindres en faisant bélier avec le chariot. Lorsqu'après quelques passages le paquet s'est suffisamment allongé, on retire le chariot, on amène le châssis mobile et on manœuvre la pièce avec des tenailles. Un paquet pour tôle se lamine d'abord dans le sens transversal jusqu'à ce qu'il ait dans ce sens une longueur égale à la largeur que devra avoir la pièce finie, on le tourne alors de 90 degrés et on le lamine dans l'autre sens jusqu'à ce que la pièce ait l'épaisseur demandée et aussi la longueur voulue. La tôle ainsi laminée est traînée jusque sur une aire formée de plaques de fonte sur laquelle on la dresse en la frappant avec des maillets en bois. Au dernier passage entre les cylindres, on laisse couler l'eau pour donner à la pièce une surface plus lisse. Pendant le laminage un gamin balaye la tôle pour enlever les petites pailles et un homme, à l'aide d'une barre de fer terminée en ciseau, coupe les morceaux de fer qui se soulèvent pendant le laminage, et qui se ressoudant mal formeraient sur la pièce finie une large paille et pourraient en causer le refus.

Bien que les tôles de blindage puissent être considérées comme des tôles de grandes dimensions, la puissance des appareils employés en fait une fabrication spéciale, et nous renvoyons nos lecteurs que cela peut intéresser au *Traité de Métallurgie* du docteur Percy, tome IV, et à l'ouvrage de M. Jordan, *la Métallurgie du fer et de l'acier en* 1867, dans lequel se trouve décrit le laminoir de MM. Marrel frères, dont le modèle, après avoir figuré à l'Exposition de 1867, orne maintenant le vestibule d'entrée du Conservatoire des Arts et Métiers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Tôles fines.** — Le laminoir à tôles fines se place généralement à l'extrémité du train à tôles ordinaires; le cylindre supérieur n'est pas commandé et ne tourne que par entraînement. On prend pour la fabrication des morceaux de tôle ou fer plat de bonne qualité, dont les dimensions s'écartent peu de $0^m,500$ de longueur, $0^m,150$ de largeur et $0^m008$ à $0^m,012$ d'épaisseur. La pièce chauffée dans un four à recuire est laminée dans le sens de la largeur pour lui donner la largeur de la tôle finie. Un ouvrier engage la pièce dans les cylindres en même temps qu'un autre lui renvoie par dessus les cylindres la seconde pièce qu'on lamine en même temps. Ces deux pièces sont alors réchauffées à nouveau pour être laminées suivant la longueur. Les tôles tout à fait minces sont obtenues par un troisième et un quatrième réchauffage; on chauffe alors plusieurs tôles minces ensemble et on les lamine ensemble, mais en ayant soin à chaque passe de séparer par un simple soulevage les feuilles superposées pour éviter que la pression ne produise par place un commencement de soudage; le contact de l'air en refroidissant et oxydant la surface évite cet inconvénient. L'avioteur qui rend les tôles au lamineur est aidé dans son travail par un gamin, qui remplace l'appareil releveur en faisant basculer à la main la table sur laquelle arrive la pièce en se laminant.

**Train universel.** — Le laminage des fers plats en cannelure exige une collection considérable de cylindres, surtout pour les fers d'une grande largeur; d'un

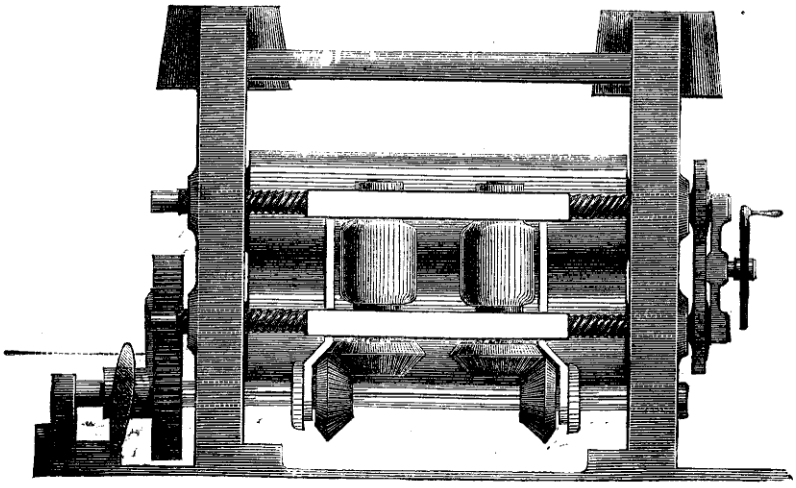


Fig. 74. — Train universel.

autre côté la fabrication de ces fers plats en tôles, que l'on rogne sur les deux bords, est très-coûteuse par la quantité énorme de déchets qu'elle produit, outre que le cisaillage ne donne pas des pièces d'une largeur régulière et uniforme.

Pour remédier à ces inconvénients on a imaginé dans ces dernières années un laminoir dit train universel, qui permet d'obtenir avec le même appareil des fers plats d'épaisseur et de largeur variables. Ce résultat est obtenu par l'emploi de deux paires de cylindres, l'une horizontale et l'autre verticale, limitant entre elles un espace rectangulaire qui détermine la section du fer en laminage, et dont la hauteur et la largeur peuvent être variées par le déplacement de l'un des cylindres de chaque paire (fig. 74).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les cylindres horizontaux sont disposés comme dans un train à tôles; le cylindre supérieur est équilibré et leur écartement est réglé par la manœuvre simultanée de deux vis verticales. Les cylindres verticaux sont placés aussi près que possible des cylindres horizontaux et du côté de la sortie. Chacun d'eux porte un pignon d'angle à la partie inférieure; il peut être déplacé horizontalement par la manœuvre simultanée de deux vis horizontales, qui font glisser le cylindre dans ses supports et entraînent avec lui un pignon d'angle correspondant, claveté sur un arbre de commande inférieur qui reçoit le mouvement du cylindre horizontal inférieur par une paire d'engrenages. Le rapport entre les deux roues de cet engrenage est calculé d'après le rapport des diamètres des cylindres verticaux aux cylindres horizontaux, de manière que la vitesse à la circonférence des cylindres verticaux ou horizontaux soit égale.

**Guidage de la barre à l'entrée des cylindres horizontaux.** — Il est de toute importance que les cylindres verticaux soient bien exactement perpendiculaires aux cylindres horizontaux, et que la barre à laminer soit parfaitement guidée à son entrée dans les cylindres horizontaux, de manière qu'à sa sortie elle se trouve d'elle-même en face l'ouverture des cylindres verticaux.

En effet, si la barre n'entre pas bien perpendiculairement au plan des cylindres horizontaux, ou si elle ne sort pas bien en face des cylindres verticaux,

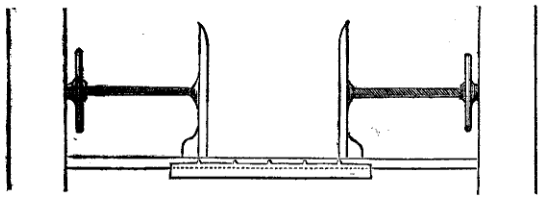


Fig. 75. — Guidage de la barre à l'entrée.

elle vient buter contre l'un de ces derniers qui la renvoie du côté opposé, et lui donne finalement une forme courbe que les passages postérieurs sont souvent impuissants à redresser, et lorsque la barre est restée trop courbe après le laminage, il n'est plus guère possible de la redresser à la machine à dresser. Pour parer à ce danger, on dispose devant les cylindres horizontaux deux plaques de fonte verticales (fig. 75), dont le chef lamineur doit régler la position avec soin afin qu'elles se trouvent bien en face des cylindres verticaux : chacune de ces plaques est manœuvrée par une vis qui la guide parallèlement à l'axe des cylindres horizontaux. Lorsque ces plaques ont été bien disposées, la barre se trouve presque forcément engagée dans les cylindres horizontaux perpendiculairement à leur axe et en face des cylindres verticaux, surtout si l'extrémité postérieure de la barre est maintenue dans une position convenable sur le tablier.

**Laminage des barres.** — Le paquet chauffé au blanc soudant est amené sur un chariot devant l'entrée des cylindres; le chef lamineur a disposé les guides et les cylindres verticaux en leur donnant un écartement un peu plus grand que la largeur des barres à produire; le paquet est passé 4 ou 5 fois; puis, lorsqu'il est dégrossi, on le reporte au four à réchauffer. Pendant le réchauffage, le chef lamineur déplace les guides pour le laminage définitif; il leur laisse un écartement très-peu supérieur à la largeur de la barre à produire; il diminue au contraire l'écartement des cylindres verticaux jusqu'à le rendre légèrement inférieur à la largeur de la barre finie supposée rouge. Le paquet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réchauffé est ramené du four au train ; à chaque passe, on diminue l'écartement des cylindres horizontaux; puis, lorsqu'on arrive au dernier passage, le lamineur écarte les cylindres verticaux pour leur donner la position exacte. Cette manière de procéder évite les bourrelets qui se forment sur les bords des barres ; en effet, la pression exercée sur le paquet par les cylindres horizontaux produit toujours un petit refoulement latéral du métal, et tend à en augmenter la largeur que les cylindres verticaux ne maintiennent qu'en formant un léger bourrelet : au dernier passage, les cylindres verticaux légèrement écartés équarrissent les bords de la barre et lui donnent la largeur convenable sans former de bourrelets.

**Dressage des larges plats.** — A la suite et dans le prolongement du tablier postérieur du train à larges plats est disposée une table en fonte (fig. 3 et 4, pl. VIII), d'une longueur de 10 à 15 mètres, composée d'une série de plaques d'environ un mètre juxtaposées et reliées entre elles par de fortes frettes en fer. Le joint de deux plaques consécutives est évidé pour laisser passer la tête d'un butoir fixé à l'extrémité d'une vis horizontale. Cette vis prend un mouvement d'avancement ou de recul, suivant qu'on fait tourner dans un sens ou dans l'autre un écrou maintenu entre le rebord de la table et une barre de fer boulonnée derrière, suivant la longueur de la table. Cet écrou est un plateau circulaire muni de six trous répartis sur sa circonférence, dans lesquels on peut engager une clef qui sert à le manœuvrer.

La barre sortant du laminoir est traînée sur la table dont on a eu soin d'écarter les butoirs ; elle est placée entre le rebord de la table et les butoirs ; on la frappe avec des maillets en bois pour aplatir les parties gondolées, puis, lorsqu'elle est devenue plane, on tourne les écrous pour ramener les butoirs et forcer ainsi le bord de la barre à s'appliquer contre le rebord de la table. Sous l'influence de ce dressage, les parties courbes tendent à se soulever, on s'y oppose en les frappant avec des maillets en bois. Lorsque la barre ainsi dressée est suffisamment refroidie, on desserre les vis pour l'empiler avec les pièces finies.

**Laminage des fers spéciaux. Trains trio.** — Les fers spéciaux ou profilés, tels que les cornières, les fers à T, à U, à I, et aussi les rails, se refroidissent assez rapidement pendant le laminage à cause de la grande surface qu'ils présentent par rapport à leur section ; aussi emploie-t-on le plus souvent pour leur fabrication des trains à trois cylindres dits trios, qui permettent de laminer le fer quand il va et quand il revient, sans perdre le temps ordinairement employé à repasser la barre par-dessus le cylindre supérieur. Nous avons indiqué précédemment comment les cannelures sont réparties sur les trois cylindres : le cylindre du milieu devient mâle par rapport au cylindre inférieur, et femelle par rapport au cylindre supérieur. La rapidité que l'on obtient avec ce système permet dans certains cas d'éviter un réchauffage, et produit en conséquence une économie très-importante dans la fabrication. Le seul inconvénient des trains trio est de nécessiter un grand nombre de cylindres qui constituent un matériel considérable.

A ce sujet, nous parlerons ici d'une heureuse modification apportée tout récemment aux dispositions ordinaires par un ingénieur belge, M. Alphonse Thomas.

**Trio-cylindres. Système Alphonse Thomas** (pl. X).—L'innovation consiste à placer côte à côte les cannelures qui laminent dans le même sens, ce qui permet de supprimer partiellement ou totalement les doubles collets qui occupent tant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de place dans la disposition ordinaire. M. Thomas complète son invention en coulant les cylindres supérieur et inférieur avec partie conique, de manière à réduire les longueurs et conséquemment le poids des cylindres. Ce système s'applique avantageusement au laminage des fers profilés, tels que rails, poutrelles, cornières, etc. ; il permet de placer autant de cannelures pour une même longueur de table que sur les cylindres à deux ; par suite, les trains trio de ce système ne doivent pas être plus longs ni plus forts en diamètre que les trains à deux cylindres ; d'où il résulte une économie de 30 à 50 p. % sur le poids de fonte et une économie encore plus grande sur le tournage et le rafraîchissage des cylindres.

La disposition adoptée pour les cannelures permet également de faire servir pour le laminage les parties les plus pures des cylindres supérieur et inférieur ; les parties cannelées de ces cylindres se placent à cet effet en dessous pendant le coulage des cylindres. Les fig. de la pl. X font ressortir les avantages de ce système :

La fig. 1 représente un trio-cylindres pour laminer des poutrelles. Les cylindres supérieur et inférieur ont une moitié de leur longueur cannelée et l'autre moitié ne sert pas au laminage ; cette dernière partie est coulée conique et reste brute. On voit que les cannelures A, C, E qui laminent dans un sens sont placées côte à côte, et les cannelures B, D, F qui laminent dans l'autre sens sont également placées côte à côte.

La fig. 2 représente le même trio-cylindres pour laminer des poutrelles ; mais dans ce trio la partie du cylindre supérieur, coulée conique à la fig. 1, est cannelée à la fig. 2, et cette partie cannelée sert pour laminer des poutrelles ou tout autre fer d'une autre dimension et pour un autre trio. Par ce moyen un cylindre supérieur peut servir pour deux trio différents.

La fig. 3 représente également le même trio que celui représenté à la fig. 2, c'est-à-dire ayant les mêmes cylindres supérieur et médian, mais il diffère par le cylindre inférieur. La partie conique qui existe aux trio (fig. 1 et 2) est supprimée dans la fig. 3 et les points d'appui de ce cylindre sont rapprochés, ce qui permet de couler le cylindre inférieur creux pour en réduire le poids, tout en lui conservant autant de résistance qu'aux autres cylindres supérieur et médian.

La fig. 4 représente une paire de cylindres ordinaires qui permettront de comparer le poids de 2 cylindres avec le poids des trio nouveau système.

La fig. 5 représente un trio-cylindres ordinaires avec doubles collets droits, Dans ce trio, le cylindre médian est alternativement mâle et femelle d'une cannelure à celle adjacente.

La fig. 6 représente un trio-cylindres ordinaires avec doubles collets coniques. Dans ce trio, le cylindre médian est également mâle et femelle d'une cannelure à celle adjacente.

La fig. 7 représente une disposition d'un trio-cylindres pour laminer des poutrelles. Dans cette figure, les cylindres supérieur et médian sont réduits de manière à ne laisser seulement que les parties sur lesquelles se trouvent les cannelures ou rainures laminantes, ce qui permet de les faire creux sans dimiuuer leur résistance. Au lieu de les faire creux, ils pourraient être réduits sur leur diamètre, dans ce cas il serait nécessaire d'augmenter leur vitesse de rotation au moyen d'engrenages et de cages spéciaux ; mais l'un et l'autre cas exigeraient l'emploi de cages ou supports spéciaux de forme et de disposition convenables.

La fig. 8 représente également un trio-cylindres pour laminer des poutrelles. Le cylindre médian dans ce trio est mâle d'un bout à l'autre de sa longueur de table, et, conséquemment, les cylindres supérieur et inférieur sont femelles. Avec cette disposition, les barres ne doivent pas être retournées sens dessus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dessous à chaque passage entre les cannelures. Cependant, cette dernière disposition ne devrait être employée que dans le cas très-rare où la forme de la barre à laminer présenterait absolument trop de difficultés pour être retournée, car cette disposition exige l'emploi des guides à bascule pour le cylindre supérieur, guides qui ne présentent pas assez de sécurité et permettent fréquemment aux barres de s'enrouler autour du cylindre supérieur, ce qui occasionne la rupture des cylindres et donne un retard considérable dans la fabrication. Le laminage sans retourner la barre a aussi l'inconvénient de cacher aux yeux des ouvriers les parties de dessous de la barre qui pourraient être défectueuses, trou ou paille, ce qui occasionne la production de barres défectueuses. En retournant la barre, l'ouvrier peut voir les défauts et les faire disparaître avant que la barre n'ait passé à la cannelure finisseuse. L'ouvrier ferme les trous au moyen du marteau à main et enlève les pailles au moyen du ciseau approprié à cet usage.

Les barres laminées sans être retournées ont aussi l'inconvénient d'être moins régulières sur leur épaisseur et ont toujours une de leurs faces très-raboteuse.

Il est intéressant de comparer le poids des cylindres dans ces différentes dispositions :

Dans les fig. 1, 2, 3, 4, 5 et 6 se trouve le même nombre de cannelures et de dimensions équivalentes. Le train simple ou à deux cylindres (fig. 4) a une longueur de table de $1^m,700$ et un diamètre de $0^m,600$; les trio du système Thomas n'ont également qu'une longueur de table de $1^m,700$ et un diamètre de $0^m,600$, tandis qu'avec le trio du système ordinaire (fig. 5) il faut une longueur de table de $2^m,110$, et conséquemment un diamètre plus fort ou de $0^m,644$ pour que les cylindres aient la même résistance, et avec le trio ordinaire (fig. 6) il faut une longueur de table de $2^m,043$ et un diamètre de $0^m,637$.

Les poids des cylindres dans les différents cas sont les suivants :

| | |
|---|---|
| Trio ordinaire, fig. 5 | 14,244 kilog. |
| — fig. 6 | 13,193 — |
| Trio système Thomas, fig. 1 | 9,479 — |
| — — fig. 2 | 8,522 — |
| La paire de cylindres, fig. 4 | 7,541 — |
| Trio, système Thomas, fig. 3 | 7,477 — |

Dans le trio (fig. 2) le poids du cylindre supérieur n'est compté que pour la moitié puisqu'il sert pour deux trio différents. Il en est de même pour le cylindre supérieur de la fig. 3.

En résumé le système Thomas donne les avantages du train à 3 cylindres, c'est-à-dire permet dans bien des cas d'éviter un réchauffage et cela sans augmenter sensiblement le poids des cylindres à deux, la fig. 3 donne même un poids légèrement inférieur.

Le poids du trio (fig. 7) doit différer peu de celui du trio (fig. 3), et celui du trio (fig. 8) doit être sensiblement égal à celui du trio (fig. 1).

Le laminage dans les différents cas représentés se fait en passant première ment à la cannelure A, de A on passe à la cannelure B, de B à C, de C à D, de D à E, et de E à la cannelure finisseuse F.

**Laminoir à trois cylindres pour tôles, système Lauth.** — Les avantages des trains trio ont fait chercher à les appliquer au laminage des tôles. Dans ces dernières années un système inventé par un Américain, M. Lauth, s'est répandu assez rapidement en Belgique : il consiste dans l'emploi de trois cylindres dont celui du milieu est d'un diamètre moitié des autres; ce petit cylindre ne tourne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que par entraînement et ne sert que d'intermédiaire pour transmettre la pression exercée sur le cylindre supérieur.

La tôle est passée alternativement au-dessus et au-dessous de ce petit cylindre ; son diamètre étant plus faible, sa vitesse est en conséquence plus grande, elle est double de celle des grands cylindres pour un diamètre moitié ; c'est-à-dire que ce petit cylindre doit s'user plus rapidement et nécessite des tournages plus fréquents et un changement lorsque son diamètre est devenu trop faible, mais ces inconvénients sont largement compensés par les avantages économiques qui résultent du laminage dans les deux sens. Il est certain que les mêmes avantages sont obtenus par les trains à renversement de marche par engrenages ou par changement de marche, mais l'emploi des trois cylindres évite des complications de mécanisme qui, par leur dérangement ou leur rupture amènent souvent des chômages. Toutefois, lorsqu'il s'agit de tôles d'un grand poids, l'emploi des machines à renversement de marche est préférable, en ce qu'il supprime les appareils releveurs dont l'installation est alors assez coûteuse.

**Dressage et cisaillage des fers laminés.** — Nous avons décrit au sujet des larges plats les appareils mécaniques employés pour le dressage de ces sortes de produits ; les fers plats de petite largeur sont dressés de même en les appliquant contre un rebord de table en fonte, mais alors sans le secours d'appareils mécaniques et par l'emploi de simples leviers. Les fers profilés sont dressés de la même manière; toutefois lorsqu'il s'agit de barres dont la section n'est pas symétrique, telles que les rails à patin, les cornières, etc., comme cette dissimétrie produirait une courbure par le refroidissement, on a soin, après les avoir dressées, de leur donner, quand elles sont encore rouges, une courbure inverse de celle qu'elles prendraient, de sorte que le refroidissement redressant cette courbure, les barres refroidies se trouvent être droites.

Les pièces laminées, une fois refroidies, sont coupées aux dimensions des commandes au moyen de cisailles de divers systèmes. Nous ne décrirons pas ces différents appareils qui rentrent dans les machines-outils, nous dirons seulement que pour les grandes tôles on emploie des cisailles dont les lames ont jusqu'à deux mètres de longueur. Pour les fers profilés, on remplace les lames droites qui déformeraient la barre avant de la couper, par des lames et contre-lames profilées qui épousent la forme de la barre et produisent ainsi des sections nettes.

Certaines usines emploient pour tout ce qui n'est pas tôle ou fer plat une scie circulaire qui affranchit le fer à chaud. Cette scie (fig. 2, pl. VIII) est une tôle en fer à grain de 5 $^{m}/_{m}$ d'épaisseur, mise en mouvement par un petit moteur spécial : la tige du piston actionne un arbre placé à la partie supérieure portant une grande poulie, réunie par courroie à une poulie de petit diamètre calée sur l'axe de la scie. Ce dernier arbre est suspendu à l'arbre supérieur et peut se déplacer circulairement autour de lui, de manière que la barre à scier étant amenée devant le bâti et appuyée contre un rebord la scie s'avance contre la barre pour la pénétrer et la séparer. On donne à cette scie un diamètre de $1^{m},00$ à $1^{m},20$, elle plonge à la partie inférieure dans une bâche remplie d'eau qui l'empêche de s'échauffer; malgré cela son usure est assez rapide, il faut souvent réparer les dents à la lime et finalement remplacer la lame.

Les rognures provenant soit du sciage soit du cisaillage rentrent dans la composition des paquets; mais les chutes des poutrelles, à cause de leur forme, seraient difficiles à employer si l'on n'en coupait pas les ailes. Nous citerons à ce propos le moyen employé aux forges de la Providence pour rendre cette utilisation facile : lorsque la chute vient d'être détachée de la poutrelle et qu'elle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est par conséquent encore rouge, on la saisit avec des tenailles et on l'engage entre deux couteaux circulaires (fig. 76), qui s'impriment assez profondément dans l'âme au-dessus de la semelle pour qu'on puisse la détacher à coups de masse; on engage ensuite le tronçon restant entre les couteaux pour détacher de même l'autre semelle, et la poutrelle se trouve réduite en trois morceaux plats faciles à placer dans les paquets.

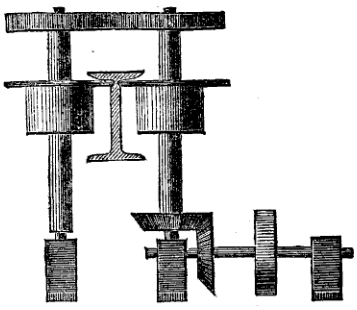


Fig. 76. — Utilisation des chutes de poutrelles.

**Épreuves et conditions de résistance.** — Nous compléterons cette revue sur la production du fer par un aperçu des conditions imposées et des moyens employés par les constructeurs pour s'assurer de la qualité du métal, et se rendre un compte exact des efforts qu'ils peuvent faire subir dans leurs constructions aux matières qui leur sont fournies, tout en restant dans des conditions de sécurité absolue.

Les tôles, fers plats, cornières, etc., etc., entrant dans la construction des ponts et des charpentes métalliques, sont généralement soumis à des essais de traction dans lesquels on impose un minimum pour la charge de rupture et l'allongement produit; on y ajoute quelquefois des essais de pliage à froid sous un angle déterminé, mais cette condition fait pour ainsi dire double emploi avec celle de l'allongement, car indépendamment de toute question de résistance une matière se pliera d'autant plus facilement que ses fibres seront plus susceptibles de s'allonger.

Quand il s'agit de tôles qui doivent être travaillées à chaud, telles que les tôles de chaudières, on complète ces essais par des essais à chaud.

On peut dire d'une manière absolue que les fers à gros grain pourront être résistants, mais sont dangereux à employer parce qu'ils ne s'allongent pas sous la charge et cassent brusquement. Les fers à fin grain et les fers nerveux au contraire sont susceptibles d'un très-grand allongement; leur résistance varie avec la nature et la pureté des matières employées pour leur fabrication.

Le sens du laminage a une très-grande influence sur la résistance et la faculté d'allongement.

Fig. 77.

**Essais de traction.** — Les essais de résistance à la traction se font de la manière suivante :

On découpe dans la pièce à essayer un échantillon rectangulaire que l'on évide ensuite suivant la (fig. 77), de manière à déterminer dans l'échantillon, sur une longueur convenable qui est généralement de 200 millimètres, une section régulièrement uniforme mais plus faible que les autres parties et dans laquelle la rupture devra en conséquence se produire. Les trous ménagés aux deux extrémités servent à fixer l'échantillon d'une part à un point d'attache fixe inférieur, et d'autre part à la petite branche d'un levier mesuré avec soin portant à l'extrémité de sa grande branche un plateau sur lequel on charge des poids. Connaissant la section essayée, le rapport des leviers et la charge contenue dans le plateau, il est facile de calculer la charge de rupture par millimètre carré de section primitive.

Pour mesurer l'allongement on limite par deux coups de pointeau la longueur sur laquelle portera cette mesure, soit 200 millimètres; puis avec un compas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ayant exactement cette largeur, plaçant l'une des pointes dans l'un des coups de pointeau, on trace continuellement avec l'autre pointe des arcs de cercle qui se superposent tant que la pièce n'a pas commencé à s'allonger, mais qui se juxtaposent dès que l'allongement commence, de sorte qu'après la rupture on aura l'allongement total produit sur les 200 millimètres en mesurant la longueur de cette surface ainsi couverte de hachures. On comprendra aisément qu'il est indispensable dans un cahier des charges d'indiquer à l'avance la longueur sur laquelle sera mesuré cet allongement, parce qu'il se compose de deux valeurs distinctes : 1° l'allongement de l'ensemble de la matière comprise entre les deux coups de pointeau et proportionnel à la distance de ces deux points; 2° lorsque la charge approche de la limite de résistance du fer, la partie essayée n'étant jamais parfaitement homogène, et un endroit se trouvant plus faible que les autres par la présence de défauts, tels que pailles, crasses, déchirures, etc., cette partie avant de rompre prend un allongement propre qui n'est autre chose que la déchirure des molécules qui se séparent, et dont la valeur est constante pour un même fer et indépendante de la longueur essayée. Dès lors la totalité de l'allongement mesurée entre les deux coups de pointeau aura une valeur en tant % de cette longueur différente, suivant que cet allongement propre à la rupture sera rapporté à une longueur totale essayée plus ou moins forte.

Pour fixer les idées, donnons un exemple :

Un barreau essayé sur une longueur de 200 millimètres peut prendre un allongement de 20 millimètres sur toute la longueur avant qu'aucun point faible se déclare, puis un autre allongement de 10 millimètres dans le voisinage de la section rompue, et donner ainsi un allongement total de 30 millimètres, soit de 15 %.

Si dans le même barreau, au lieu de considérer une longueur essayée de 200 millimètres, on n'avait considéré que 100 millimètres, l'allongement avant la déclaration du point faible n'aurait été que de 10 millimètres, l'allongement causé par la rupture étant encore de 10 millimètres, on aurait dans ce dernier cas un allongement total de 20 millimètres, soit de 20 %.

On voit par cet exemple combien il est important, lorsqu'on impose une condition ou que l'on indique un résultat d'allongement en tant %, de spécifier exactement la longueur de la partie considérée.

Ces essais de traction pour donner des résultats exacts doivent être faits avec beaucoup de soin. Les cahiers des charges indiquent généralement la manière dont on devra procéder, soit que l'on fasse supporter dès le début à l'échantillon la charge totale sous laquelle il ne doit pas rompre et que l'on attende, comme cela est souvent indiqué, un quart d'heure pour s'assurer que le barreau peut supporter cette charge pendant ce temps et mesurer l'allongement ainsi produit, soit plutôt que l'on indique comme charge initiale la moitié de la charge de rupture, c'est-à-dire à peu près la charge sous laquelle on atteint la limite d'élasticité, et qu'après avoir laissé agir cette charge pendant un quart d'heure, on ajoute à partir de ce moment et à des espaces de temps déterminés les poids nécessaires pour augmenter l'effort exercé de 1 kilog. par millimètre carré, jusque vers la rupture, et de un demi-kilog. lorsqu'on approche de la limite de résistance.

Pour nous, la meilleure méthode de procéder consiste à prendre comme charge initiale la moitié de la charge de rupture indiquée, de laisser agir cette charge tant que la barre d'essai s'allonge, puis à partir de ce moment la charge du plateau ne produisant plus d'effet, les molécules ayant pris une disposition qui ne varie plus, il convient d'ajouter une charge supplémentaire variant de 5 kilog. à 1 kilog. par millimètre carré, suivant qu'on est plus ou moins éloigné de la limite de résistance, et de laisser agir chaque addition de charge avant d'en ajouter une autre tant que l'allongement que doit produire cette addition

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'est pas terminé. Lorsqu'on n'est plus éloigné de la résistance exigée que de 1 kilog, par millimètre carré, il convient de n'augmenter la charge que par demi-kilog. par millimètre carré, si l'on veut avoir la résistance à la rupture avec assez d'approximation.

Ces additions de charge doivent être faites avec précaution pour ne pas produire de secousses sur le barreau, ce qui risquerait d'amener la rupture sous une charge inférieure à celle qu'il pourrait réellemeut supporter. A cet effet, les machines dont on fait usage sont munies d'une vis formant support sous le levier et dont on se sert pour soulager le levier lorsqu'on veut ajouter des poids sur le plateau ; cette addition faite, on desserre lentement la vis et on rend la charge sans secousse. Il arrive souvent pour les fers nerveux que le barreau s'étant allongé sensiblement le levier primitivement horizontal a pris une position inclinée assez forte pour arrêter l'essai; on est alors obligé de remonter avec la vis-support le levier jusqu'à sa position initiale, soulageant ainsi complétement le barreau, et de serrer de nouveau le barreau entre ses points d'attache en manœuvrant une vis à laquelle se trouve alors fixé le point d'attache inférieur, on ramène ainsi le levier à la position horizontale, on desserre la vis-support et on peut par de nouvelles additions de charge produire un nouvel allongement.

Ce relèvement du levier, la manœuvre continue de la vis-support à chaque addition de charge, outre qu'elles ont l'inconvénient de rendre les essais très-longs, produisent sur le barreau essayé des alternatives d'effort et de repos qui peuvent nuire à l'exactitude des résultats ; les machines qui permettent de faire l'essai d'une manière continue, d'augmenter la charge progressivement et non pas par saccades, sont, suivant nous, bien supérieures. Il y a des machines à levier qui donnent ce résultat : ce sont celles pour lesquelles la charge, au lieu de se placer dans un plateau disposé à l'extrémité du levier, se trouve remplacée par un poids mobile qui se déplace sur le levier, ce déplacement étant effectué d'une manière lente et régulière à l'aide d'une vis.

Mais dans ces machines encore, la course possible du levier est généralement trop faible, et l'on est obligé pour les fers qui s'allongent bien d'interrompre l'essai pour relever le levier comme nous l'avons dit plus haut.

Les meilleures machines que nous connaissons et qui évitent ces différents inconvénients sont les machines de M. Thomasset : la continuité d'action de la charge et sa graduation facile permettent d'obtenir avec une exactitude absolue la résistance du barreau que l'on ne peut évaluer qu'à 1 kilog. ou un demi-kilog. près avec les machines à poids, suivant que l'on prend pour les charges additionnelles l'une de ces deux valeurs. La facilité avec laquelle on exerce l'effort en même temps qu'on lit sur l'échelle graduée son intensité et l'ensemble de la disposition de la machine, la rendent très-précieuse pour tous les essais de ce genre. Nous donnerions ici une description complète de la machine si elle n'était traitée en détail par notre collaborateur M. Delaporte, dans l'article *acier*.

Signalons à propos des essais de traction un détail qui a son importance par la facilité qu'il donne dans la préparation des barreaux d'épreuve : au lieu de donner à l'éprouvette la forme indiquée (fig. 77) et de la fixer par des boulons passant par les trous ménagés aux extrémités, on peut saisir la pièce aux deux bouts par des coins serrés dans une mâchoire à parois inclinées ; pour faciliter l'adhérence des coins au barreau, la surface de ceux-ci est striée comme une lime; le serrage des coins est d'autant plus énergique, que la traction exercée sur le barreau est plus considérable et le glissement n'est pas à craindre. Grâce à cette disposition, on donne aux barreaux la forme d'un parallélipipède, et on arrive à ce double avantage que les barreaux sont découpés dans les tôles d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manière plus rapide et plus économique, et que l'on peut aussi, grâce à cette forme, essayer des petits fers plats ou autres dans lesquels on n'aurait pas pu découper une éprouvette de forme ordinaire. Un autre avantage de ce système est de permettre d'essayer plusieurs fois le même barreau : en effet, un barreau rompu à l'essai donne deux barreaux que l'on peut essayer à nouveau, et qui résistent quelquefois à un et même deux kilog. par millimètre carré de plus que le barreau primitif, sans que la première rupture ait été causée par un défaut de soudure ou autre appréciable.

Les conditions de résistance et d'allongement imposées par les constructeurs sont variables avec la destination des matières.

**Épreuves des fers ordinaires.** — Pour les fers ordinaires employés dans les charpentes métalliques ou dans les petits ponts on exige généralement comme minimum :

| | | |
|---|---|---|
| Dans le sens du laminage. | Charge de rupture. . . . . | 32 kil. par $^{m}/_{m}$ carré. |
| | Allongement correspondant. | 7 $^{0}/_{0}$ |
| Dans le sens perpendiculaire au laminage. . . . | Charge de rupture . . . . . | 25 kilog. |
| | Allongement. . . . . | 2 $^{0}/_{0}$ |

**Épreuves des fers pour les ponts de grande dimension.** — Pour les ponts de grande dimension, on a intérêt à employer des matériaux d'une qualité supérieure, ce qui permet de réduire les sections des pièces et par conséquent le poids de la construction.

Les conditions suivantes sont celles imposées par le gouvernement hollandais pour les matières destinées aux ouvrages de grandes dimensions:

**Pliage.** — Les barres en fer ou en acier ainsi que le fer rond et l'acier pour rivets et boulons doivent être pliables à froid ou à une température de plus à moins 10 degrés centigrades sans se rompre, jusqu'à ce que les deux côtés sur toute leur longueur soient parallèles et à une distance égale à l'épaisseur de la barre.

Les tôles en fer ou en acier doivent être pliables à froid sans montrer de défauts sous l'angle ci-dessous formé par un côté et le prolongement de l'autre :

| TOLE EN FER d'une épaisseur de | SENS du laminage. | SENS perpendiculaire. |
|---|---|---|
| | degrés. | degrés. |
| 0,020 à 0,016 | 25 | 10 |
| 0,015 à 0,012 | 35 | 15 |
| 0,011 à 0,008 | 50 | 20 |
| Tôles en acier. | | |
| 0,011 | 90 | 70 |
| 0,010 | 110 | 80 |
| 0,009 à 0,008 | 120 | 90 |
| 0,007 à 0,006 | 140 | 100 |

la courbe de raccordement des deux côtés de l'angle ayant un rayon très-faible.

Les tôles doivent supporter soit à froid, soit à chaud sans se déchirer des poinçonnages faits avec des poinçons ayant comme diamètre deux fois l'épaisseur de la tôle, les bords de ces trous étant éloignés des bords latéraux de une fois et demi et des bords extrêmes de deux fois l'épaisseur de la tôle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Traction.** — Le fer devra, dans le sens du laminage, supporter à la traction sans se rompre, pendant quinze minutes, une charge de 36 kilog. par millimètre carré de section primitive.

L'acier devra supporter pendant le même temps une charge qui ne sera pas inférieure à 55, ni supérieure à 65 kilog. par millimètre carré.

Les pièces supportant dans la construction un effort transversal devront résister dans cette direction pendant quinze minutes avant la rupture à une charge d'au moins 30 kilog. pour le fer et 52 kilog. pour l'acier par millimètre carré.

Pour les épreuves, on prendra ordinairement des morceaux de 500 millimètres carrés de section.

L'allongement mesuré entre les points de repère et la contraction de la section de rupture ne devront pas être inférieurs à :

| MATIÈRES. | ALLONGEMENT. | CONTRACTION. |
|---|---|---|
| | pour cent. | pour cent. |
| Tôles en fer, sens du laminage. | 8 | 13 |
| — sens transversal.. | 3 | 5 |
| Cornières en fer. . . . . | 8 | 16 |
| Tôles en acier, sens du laminage | 17 | 25 |
| — sens transversal. | 13 | 18 |
| Cornières en acier. . . . . | 17 | 25 |

**Epreuves des tôles de chaudière.** — Les matières destinées aux chaudières à vapeur demandent une qualité encore supérieure; les conditions suivantes sont celles imposées par la marine de l'Etat :

| QUALITÉ. | | | ORDINAIRE. | SUPÉRIEURE | FINE. |
|---|---|---|---|---|---|
| Tôles dans le sens le moins résistant. | Moyenne de 5 épreuves . . . . . | Rupture . . . | 31 kil. | 32 kil. | 35 kil. |
| | | Allongement. | 5 %. | 7 %. | 10 %. |
| | Minimum pour une épreuve isolée. . . | Rupture . . . | 28 kil. | 29 kil. | 30 kil. |
| | | Allongement. | 4 %. | 5,5 %. | 7,5 %. |
| Bandes de plus de 5 mètres de longueur. | Moyenne de 5 épreuves, sens du laminage. . . . . | Rupture . . . | 34 kil. | | |
| | | Allongement. | 9 %. | | |
| | Moyenne de 5 épreuves, sens transversal. . . . . | Rupture . . . | 28 kil. | | |
| | | Allongement. | 3,5 %. | | |

On remarquera que ces conditions exigeant pour les tôles fines un allongement de 10 % dans le sens le moins résistant, correspondent à des tôles d'excellente qualité.

Ce n'est que par un choix scrupuleux des matières premières et des soins tout spéciaux tant dans la disposition du paquet que dans le lamimage que l'on peut arriver à ces résultats.

Des épreuves à chaud viennent en outre garantir que le métal se prêtera au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

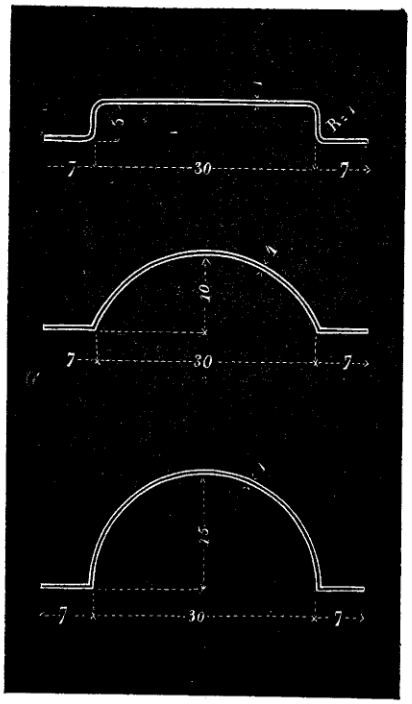



Fig. 78, 79 et 80. — Épreuves à chaud des tôles ordinaires, supérieures et fines.

travail qu'on devra lui faire subir pour la construction de la chaudière, elles consistent dans la fabrication d'une pièce emboutie dont les dimensions sont exprimées en épaisseur de la tôle et sont indiquées dans les fig. 78, 79 et 80.

Enfin pour les cornières, on exige que les deux côtés de l'angle puissent à chaud être refermés jusqu'à contact parfait sur toute la largeur ou bien ouverts jusqu'à former une lame plate sans qu'il se montre aucune crique ou déchirure.

Le nombre des pièces prises pour faire ces épreuves s'élève ordinairement à 3 % de la fabrication; suivant les résultats, l'agent chargé de la réception des matières déclare la qualité insuffisante et refuse en conséquence la totalité de la fabrication, ou bien les pièces d'essai ont supporté les différentes épreuves d'une manière satisfaisante, le lot est accepté pour sa qualité, et il ne reste plus à l'agent qu'à examiner une par une les pièces fabriquées pour s'assurer qu'elle n'ont pas un défaut, tel que paille, crique, soufflure, défaut de soudure, qui pourrait en rendre l'emploi dangereux.

Nous terminons ici cette revue sur la fabrication du fer; il nous reste à dire quelques mots sur certaines fabrications spéciales, c'est ce qui fera l'objet du chapitre suivant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TROISIÈME PARTIE

# FABRICATIONS SPÉCIALES

## FER FENDU. — FIL DE FER ET TRÉFILERIE. — FER-BLANC ROUES EN FER A CENTRE PLEIN

Nous ne parlerons ici de ces différentes industries que d'une manière très-abrégée, n'en indiquant que les principes et renvoyant nos lecteurs aux ouvrages spéciaux pour leur description détaillée.

**Fer fendu.** — La fabrication des clous emploie des fers carrés ou verges de petite section et dont la régularité du profil n'est pas indispensable. Le laminage de semblables verges serait très-coûteux, on les produit économiquement à un petit train spécial dit train de fenderie.

Le train de fenderie est généralement placé à la suite du train marchand avec lequel il communique par une griffe d'embrayage : il comprend une cage à deux pignons et une cage à deux cylindres ; la particularité consiste dans la forme même de ces cylindres. Chacun d'eux est composé d'un axe en fer dont les deux extrémités forment tourillons et au milieu duquel se trouvent fixés perpendiculairement à l'axe des anneaux en acier de 3 à 10 millimètres de largeur, écartés les uns des autres par des anneaux d'un plus faible diamètre et d'une largeur à peine supérieure ; les deux cylindres ainsi composés sont placés dans les colonnes l'un au-dessus de l'autre, de manière que les lames du cylindre supérieur pénètrent de 10 à 15 millimètres dans les vides formés par l'écartement des lames du cylindre inférieur : le cylindre inférieur porte en conséquence un anneau de plus que le cylindre supérieur.

Le train ainsi monté sert à découper les verges de la manière suivante : une barre de fer plat est laminée au train marchand à l'épaisseur et à la largeur convenables, puis est amenée et engagée encore rouge entre les cylindres du train de fenderie ; chaque disque devient alors une lame par rapport aux disques entre lesquels il s'engage et qui forment les contre-lames, et la barre de fer plat se trouve ainsi découpée en une série de verges dont l'épaisseur est celle de la barre et la largeur est égale à celle des couteaux. Il va sans dire que l'appareil est muni de guides pour assurer l'entrée du fer plat à la place voulue et de pièces qui protégent les cylindres contre l'enroulement des verges découpées.

**Fil de fer et tréfilerie.** — Les trains marchands tels que nous les avons décrits ne permettent guère de produire des fers ronds d'un diamètre inférieur à 10 millimètres. Les petits ronds de 4 à 9 millimètres se fabriquent au moyen d'un train spécial, et servent à produire par le tréfilage les fils de fer de tout diamètre. La fabrication de ces petits ronds ou fers-machines se fait à un petit mill à cinq cages contenant : la première, un trio ébaucheur ; la deuxième et la troisième, deux cylindres préparateurs ; la quatrième et la cinquième, deux cylindres finisseurs. Dans les 2e, 3e et 4e cages, un faux cylindre formant allonge complète le trio, et se trouve alternativement au-dessus ou au-dessous des cylindres, de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sorte que sur une même face du train les quatre dernières cages présentent alternativement leur entrée et leur sortie.

Dans cette fabrication, le paquet se trouve réduit à une billette carrée de 3 à 5 centimètres de côté et d'une longueur correspondant à celle du produit que l'on veut obtenir. Le fer doit être très-pur, facile à travailler à chaud et autant que possible à fin grain; l'allongement qu'il subit pendant le travail le rend ensuite entièrement nerveux.

La billette est passée 5 ou 7 fois dans le trio ébaucheur en alternant les cannelures ogives et les cannelures ovales qui réduisent son diamètre, puis 6 ou 8 fois dans les cylindres préparateurs, et alternativement dans chaque paire, c'est-à-dire dans un ovale et dans un carré, le sens de la rotation faisant, comme nous l'avons indiqué, que la sortie d'une paire se trouve du même côté que l'entrée de l'autre; enfin la barre presque entièrement réduite à son diamètre définitif passe dans une cannelure ovale de la première paire de finisseurs et de là dans une cannelure ronde de la dernière paire.

Aussitôt sa sortie de cette cannelure, l'extrémité est saisie par un ouvrier qui court l'accrocher encore rouge sur un tambour, sur lequel on enroule le fil à l'aide d'une manivelle pour l'enlever aussitôt et le placer dans un étouffoir en tôle dans lequel il refroidit lentement, et prend une sorte de recuit qui le prépare pour le tréfilage ultérieur.

La nécessité de terminer tout ce travail avant que le fer ait perdu la température qui lui est nécessaire pour supporter les différentes opérations, oblige d'engager l'extrémité d'avant de la barre dans la cannelure suivante, aussitôt qu'elle sort de la cannelure précédente; aussi la verge serpentant d'une cage à l'autre se trouve engagée en même temps dans plusieurs cannelures, ce qui nécessite un moteur d'une grande force. Malgré les guides qui facilitent l'entrée dans les cannelures, ce travail exige des ouvriers une grande habileté et n'est pas sans présenter quelque danger.

La vitesse de rotation du train rend difficile le rattrapage de la billette aux cylindres ébaucheurs, et fatigue les ouvriers par la résistance qu'ils ont à opposer à la force avec laquelle cette billette sort des cylindres.

Une bonne disposition généralement adoptée depuis quelques années consiste à placer le trio ébaucheur sur un axe autre que celui du train et auquel un engrenage transmet une vitesse moins grande.

**Tréfilage.** — Pour réduire au diamètre convenable le fil de fer ainsi produit au laminoir, on le fait passer sucessivement à travers les trous pratiqués dans des plaques aciérées appelées filières.

Avant d'être tréfilé le fil doit être complétement débarrassé de sa couche d'oxyde qui, en se détachant, pourrait se loger dans les trous de la filière, les déformer et produire des fils de forme irrégulière : on enlève l'oxyde en faisant plonger la botte pendant une demi-heure environ dans un bain à haute température, formé d'acide sulfurique étendu de deux cents fois son volume d'eau. Après cette opération, le fer est appointé et engagé dans le trou convenable de la filière à la sortie duquel il est saisi par une tenaille fixée sur un tambour, dont la rotation produit le serrage de la tenaille, le passage du fil dans la filière et son enroulement sur le tambour. Le fil est ainsi soumis à une série de passages dans des trous de plus en plus petits qui l'amènent sucessivement au diamètre définitif; on place à l'entrée de la filière, pour faciliter le tréfilage, un mélange gras dont la composition varie avec les usines. Malgré cela ces étirages successifs fatiguent le fer et le rendraient cassant si on ne lui faisait subir à intervalles convenables un recuit qui lui rend sa ductilité. Ajoutons pour compléter ces indications sommaires que la surface du fil est maintenue brillante

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et préservée contre l'oxydation, par l'immersion de la botte dans un bain de composition variable, mais dont les principes sont généralement l'eau, un acide et de la lie de bière qui lui donnent une forte odeur désagréable.

## FER-BLANC.

Le fer-blanc est de la tôle fine recouverte d'une couche mince d'étain. Les tôles noires sont préalablement décapées dans un bain d'acide pour enlever la couche d'oxyde qui s'opposerait à l'adhérence de l'étain; puis des lavages enlèvent l'excès d'acide et un séchage termine la préparation. On les fait alors recuire dans des pots en fonte hermétiquement clos que l'on fait glisser dans des fours à réverbère. Les pièces sont prêtes alors pour l'étamage.

Plusieurs cuves chauffées en dessous sont employées pour ce travail : la première contient de la vieille graisse bouillante, on y laisse tremper les feuilles pour les échauffer à l'abri de l'air; la deuxième contient de l'étain ordinaire fondu recouvert d'une couche de graisse, la feuille plongée se recouvre d'étain dont l'excès se dépose dans les chaudières suivantes qui contiennent de l'étain de plus en plus pur, jusqu'à ce qu'elle sorte de la dernière avec une couche tout à fait mince et brillante d'étain, et que par son refroidissement dans la position verticale il se forme au bas une lisière; il ne reste plus qu'à enlever cette lisière à une dernière chaudière en la réduisant à une goutte qui se forme à l'un des angles; enfin les feuilles brossées une par une avec de la farine et une peau de mouton prennent le vernis voulu et sont prêtes à expédier.

**Rivets, boulons et éclisses.** — Nous ne décrirons pas ici les appareils employés à la fabrication de ces différentes pièces et qui appartiennent plutôt à la série des machines outils. Nous ne voulons signaler ici que la modification apportée dans la forme des barres laminées qui servent à cette fabrication; nous voulons parler des barres laminées à sections variables par suite de creux ménagés dans les cannelures des cylindres, et qui donnent au produit une forme ébauchée qui prépare le travail de la pièce à obtenir.

## FABRICATION DES CENTRES DE ROUES
### EN FER FORGÉ (pl. IX) (1).

**Composition des paquets.** — Les paquets qui servent à cette fabrication (fig. 2) sont de forme circulaire ou plutôt octogonale; ils sont composés d'ébauchés de bonne qualité, découpés suivant trois formes spéciales : une mise horizontale contient deux échantillons de chaque espèce.

Ces ébauchés sont coupés à la cisaille; des butoirs fixés au bâti de la cisaille servent à guider la barre pour la découper suivant la forme convenable. Les joints de deux mises successives sont croisés pour donner au paquet plus de solidité.

Le dessus et le dessous sont formés par une feuille de tôle d'environ 20 millimètres d'épaisseur découpée suivant la forme circulaire, mais d'une largeur plus grande que le reste du paquet. Les paquets qui servent à cette fabrication doivent être pesés avec soin, car tout le fer contenu dans un paquet reste dans la pièce finie sans qu'il y ait de rognures; le seul déchet étant produit par les réchauffages du paquet et par la débouchure que l'on enlève au pilon après le

(1) Brevet exploité par MM. *Petin* et *Gaudet*, et les forges de la *Providence*.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deuxième forgeage pour former le creux du moyeu. Les fours contiennent trois paquets à la fois qui sont enfournés ensemble et défournés l'un après l'autre; on note avec soin le paquet qui doit rester le plus longtemps dans le four pour lui donner un poids un peu supérieur, qui doit compenser la plus grande quantité de déchets due à la plus grande durée de son réchauffage.

**Fabrication.** — La fabrication se compose de trois opérations :

1° Un forgeage au marteau-pilon destiné à aplatir le paquet pour l'amener à peu près au diamètre que doit avoir la roue; ce premier forgeage laissant un excès de matière au centre prépare la forme du moyeu;

2° Un forgeage au marteau-pilon, donnant à la toile de la roue la forme ondulée et laissant sur la circonférence un bourrelet qui servira à faire le bandage; ce deuxième forgeage termine le moyeu et en enlève la débouchure;

3° Un laminage qui donne au bourrelet laissé par le forgeage précédent la forme d'un bandage et qui doit donner à la pièce finie le diamètre demandé.

1er *forgeage.* — Lorsque les trois paquets chargés dans le four à réchauffer sont arrivés au blanc soudant, on ouvre la porte du four, on retire un paquet et on le charge sur un chariot qui l'amène au pilon. L'enclume du pilon est circulaire (fig. 3 et 4); elle est percée au centre d'un trou destiné à recevoir un pivot correspondant que porte la matrice qui repose dessus. Pour que cette matrice puisse tourner sur l'enclume, on interpose entre les deux surfaces des morceaux de graisse de mouton qui fondent et facilitent le frottement. Cette matrice inférieure et mobile circulaire porte en creux la moitié de la forme que doit avoir le paquet après le forgeage, elle est en fonte consolidée par des frettes en fer; l'autre moitié de la forme est donnée par une matrice rectangulaire fixée à la panne du marteau. Pour faire tourner la matrice inférieure, deux aides forgerons se servent de leviers qu'ils font entrer dans des trous ménagés sur la jante de la matrice.

Le paquet sorti du four est placé au centre de la matrice; on fait marcher le pilon, et à mesure qu'il pénètre dans le paquet on fait tourner, d'une petite quantité, la matrice inférieure pour amener successivement toutes les parties du paquet sous le pilon; l'angle du marteau qui attaque le paquet est arrondi pour ne pas déchirer la couverture. Lorsque la hauteur du paquet a diminué de moitié, on déplace la matrice à chaque coup de marteau, et on frappe les coups plus forts pour faire venir au-dessus du paquet la moitié du moyeu. Quoique la matrice inférieure porte un creux correspondant à la deuxième moitié du moyeu, on est obligé pour la produire de retourner le paquet sens dessus dessous, et c'est le marteau qui fera venir sur la deuxième face la seconde moitié du moyeu, comme il a fait sur la première face; pendant ce temps la première moitié du moyeu se termine dans la cavité de la matrice inférieure. On cesse de frapper lorsque le marteau arrive à toucher la matrice.

Les trois paquets ainsi dégrossis sont reportés au four pour être réchauffés à nouveau.

2e *forgeage.* — Le 2e forgeage (fig. 5) donne à la partie centrale de la roue les dimensions de la pièce finie, tandis qu'il laisse ébauchée la circonférence où il forme seulement le bourrelet qui servira à faire la jante.

Le paquet réchauffé est amené sur la matrice inférieure sur laquelle il se centre facilement, grâce à la partie du moyeu déjà formée qui pénètre dans le creux correspondant de la matrice. La matrice supérieure porte un bouton cylindrique qui commence le vide à former dans le moyeu. On tourne la roue à chaque coup de pilon et on fait succéder les coups assez rapidement; on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

refroidit le moyeu après chaque coup de pilon en l'arrosant avec un balai. Lorsque la pièce est arrivée à bien remplir les creux des matrices, le forgeage est fini, il ne reste plus qu'à poinçonner le moyeu. Pour cela, on prend avec une tenaille un cylindre plein que l'on place dans le creux préparé dans la pièce par le bouton du pilon; en frappant avec le marteau, on fait pénétrer ce cylindre dans le moyeu et on y pratique par conséquent le trou convenable. Le creux préparé par le forgeage a l'avantage de bien assurer le centrage du trou du moyeu, ce que l'on ne faisait que très-difficilement lorsque le pilon ne portait pas le bouton dont nous avons parlé.

Les trois paquets de la fournée ainsi préparés sont conduits au four à réchauffer pour laminage.

*Laminage.* — Le laminage ayant pour but de former le bandage de la roue, il est inutile de réchauffer la partie centrale. Aussi, avant d'introduire les pièces dans le four, on garnit le centre d'une couche de terre réfractaire (fig. 6), et on recouvre le moyeu d'une brique pour éviter un trop grand échauffement de cette partie de la roue, qui doit conserver la solidité suffisante pour servir d'axe de rotation pendant le laminage.

Quand la roue est chaude, on la tire du four et on la fait tomber sur un chariot en tôle de forme spéciale (fig. 9) dans lequel elle se maintient verticalement; on dégage le trou du moyeu de la terre à four qui le recouvrait et on y introduit une tige de fer qui, saisie par une fourche suspendue à la charpente (fig. 7 et 8), permet d'enlever la roue et de la placer sur le laminoir. La tige de fer formant essieu pose sur deux parties horizontales, on la maintient en place par deux coins à poignée que l'on enfonce derrière. La roue étant en place, il reste à la laminer.

Le laminoir (fig. 10 et 11) se compose de deux cylindres coniques ayant le profil de la toile de la roue et dont le rapprochement doit produire l'augmentation de diamètre. Un autre cylindre limite cette augmentation de diamètre, et, refoulant la matière qui lui est fournie par les deux précédents, produit la partie plate du bandage; enfin deux petits cylindres limitent la largeur de la jante ainsi formée et lui donnent des angles rectangulaires. Les deux cylindres coniques sont seuls commandés par la machine, leur serrage donne le mouvement de rotation à la roue qui entraîne avec elle les trois autres cylindres.

L'arbre de la machine commande les cylindres par deux engrenages coniques; chaque arbre de cylindre conique est guidé par deux paliers; l'un de ces paliers pouvant prendre un léger déplacement réglé par une vis que l'on manœuvre au moyen d'un volant-manivelle, l'autre palier sert d'axe de rotation; il est assez voisin de l'engrenage pour que le déplacement sensible du côté du cylindre soit sans influence sur l'engrenage.

La roue étant placée, on serre les cylindres coniques jusqu'à ce qu'ils produisent l'entraînement de la pièce; par suite du laminage, le diamètre de la roue augmente jusqu'à ce que le bourrelet formé vienne s'aplatir contre le cylindre placé derrière, pendant que les deux petits galets verticaux limitent la largeur de la jante. Le maître lamineur vérifie avec un compas le diamètre extérieur de la roue; lorsque la dimension voulue est atteinte, on desserre les cylindres, on enlève les coins de calage et on retire la roue pour la coucher sur le sol et en achever le dressage avant de la mettre en magasin.

Nous aurions encore à parler de différentes fabrications qui trouveraient leur place dans un traité de métallurgie; mais le cadre de cet ouvrage ne nous permet pas de nous étendre plus longuement sur ces spécialités.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## QUATRIÈME PARTIE.

# REVUE DE L'OUTILLAGE ET DES PRODUITS EXPOSÉS.

La métallurgie du fer a pris une grande place à l'Exposition universelle de 1878. Les grandes usines de France y ont été largement représentées, et leur importance s'est d'autant mieux fait sentir que les principales d'entre elles avaient réuni l'ensemble de leurs produits dans des pavillons spéciaux.

Nous aurons peu de choses réellement nouvelles à signaler dans l'industrie du fer, l'attention et les efforts des métallurgistes s'étant plutôt tournés vers l'acier depuis quelques années. Nous aurons cependant à parler de la nature et de l'origine des minerais employés dans les différentes contrées; nous aurons à constater les transports énormes que subissent les minerais de bonne qualité d'Espagne ou d'Algérie, pour venir se mélanger ou même se substituer aux minerais de qualité inférieure, dont la présence des gisements avait été la cause de la fondation des centres métallurgiques importants dans le Cleveland et la Westphalie. Relativement au puddlage, nous décrirons la modification apportée au four Danks par les usines du Creusot, et nous parlerons des résultats très-intéressants obtenus en Angleterre sur la déphosphoration de la fonte. La puissance de l'outillage mécanique s'est accrue dans des proportions colossales, on en juge par les dimensions des plaques de blindage exposées et par l'énorme marteau-pilon de 80 tonnes. Les gazogènes ont subi peu de modifications, ils ont continué à se répandre dans les usines. La fabrication des petits fers marchands et profilés s'est améliorée dans la qualité et la finesse de ses produits, et, dans ce genre, le procédé breveté de la Société des forges de Champagne est tout à fait remarquable; enfin le train-machine sans serpenteur, de M. Constant Roye, est une innovation des plus intéressantes dans la fabrication du fer-machine par le peu de place occupée, la diminution de la main-d'œuvre et la suppression des accidents malheureusement trop nombreux qui accompagnent la fabrication du train à serpentins.

### FRANCE.

**Usines du Creusot. Schneider et Cie.** — Nous ne pouvons décrire ici les différentes parties qui forment le magnifique ensemble de l'exposition du Creusot; nous devons nous limiter à la partie métallurgique et spécialement au fer. Le plan en relief à l'échelle de $0^m,002$ par mètre, placé au milieu de la salle, a donné aux visiteurs une idée de l'importance considérable de cette réunion d'usines; la pl. XI représente cet ensemble à l'échelle de $0^m,001$ pour 5 mètres.

Les principaux objets relatifs à la métallurgie du fer dans l'exposition du Creusot sont :

Le four à puddler rotatif, modifié du four Danks, est caractérisé par un ensemble de dispositions mécaniques assurant la continuité de sa marche malgré la haute température développée dans la partie tournante. Le tambour est à double paroi avec circulation d'eau. La paroi intérieure porte au milieu de la longueur une nervure transversale qui, à chaque révolution, divise la charge en deux. Finalement, on obtient par charge deux boules du poids de 400 à 500 kilogrammes chacune.

L'ouverture du rampant est produite par un mouvement de crémaillère. Le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

roulement de la partie rotative se fait sur de grandes roues en fonte remplaçant les petits galets du four Danks.

Deux fours de ce système fonctionnent aux usines du Creusot et ont déjà produit plus de 10,000 tonnes de fer. La production par jour est de 20,000 kilogrammes par 24 heures, en chargeant la fonte à l'état liquide.

Une boule non martelée, telle qu'elle est obtenue par le mouvement de rotation du four, plusieurs boules martelées et quelques-unes cassées montrent le fer puddlé brut produit avec le four rotatif. D'autre part sont des fers puddlés bruts, nerveux et à grain fin des qualités supérieures, analogues aux fers au bois et aux premières marques du Yorkshire.

Des cassures de fers supérieurs; des cassures de tôles supérieures; des spécimens de travail à froid sur des fers; des spécimens de travail à froid sur tôles; divers fers profilés façonnés à chaud; des tôles de chaudières, embouties, chaudronnées, etc.

Enfin diverses pièces façonnées à chaud, sans soudure, dans le but de montrer la qualité du métal. Ces pièces sont des plus curieuses; l'ouvrier est parvenu à produire, par exemple, avec un morceau de fer, un vase, ou une bouteille de forme assez tourmentée, faisant corps avec un support qui part du vase pour se diviser en quatre pieds découpés et ornementés.

Un tableau album des profils de fers et aciers indique que les laminoirs-fers et tôles, au nombre de 20, sont pourvus de 700 jeux de cylindres qui permettent de laminer :

Les ronds de 4 m/m à 225; les carrés de 4 m/m à 150; tous les plats; les tôles de toutes dimensions depuis 0m,0003 d'épaisseur du poids de 1 kilog. jusqu'à 4,000 kil.

Comme spécimens sont exposés :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rond de . . . . . | 220 m/m | | longueur | | 8 mètres. | |
| Rond de . . . . . | 150 | | — | | 17 | — |
| Barrot de. . . . . | 250 | | — | | 17 | |
| Double T de . . . . . | 250 | | — | | 17 | — |
| Plancher de . . . . . | 210 | | — | | 17 | — |
| Fer en U de . . . . . | 250 | | — | | 17 | — |
| Cornière . . . . . | 150/150 | | — | | 17 | — |
| Cornière . . . . . | 250/80 | | — | | 17 | — |
| Fer à T de. . . . . | 200/100 | | — | | 17 | — |
| Bottes de fer. . . . . | machine | | | | | |
| Tôle. . . . . | 17m.000 | × | 1m.010 | × | 10 m/m. | |
| — . . . . . | 10 .200 | × | 810 | × | 35 | |
| — . . . . . | 4 .000 | × | 2 .210 | × | 10 | |
| Circulaires . . . . . | diamètre | | 2 .315 | × | 22 | |
| Tôles minces. | | | | | | |

Des produits zingués : tôles à constructions; tôles minces du commerce; machine pour clôtures, avant tréfilage; gouvernail de chalan.

Enfin, comme cuirasses de navires :

Une plaque en métal Schneider destinée au cuirassement d'une tourelle de navire cintrée sur un rayon de 6m,800 et ayant comme dimensions :

Longueur, 4m,200; largeur, 2m,600; épaisseur, 0m,800; poids, 65,000 kilogrammes.

C'est un produit de la même fabrication que les plaques essayées à Spezia en octobre 1876, et dont les photographies réunies dans un album sont si intéressantes à consulter.

Puis un système breveté de boulonnage pour plaques de blindage, représenté par un fragment de muraille d'un navire cuirassé avec plaques en métal Schneider de 0m,55 d'épaisseur, et un système cellulaire breveté de tenue des plaques

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de blindage, figuré par un fragment de muraille d'un navire cuirassé avec plaques en métal Schneider de $0^{m},55$, maintenues dans des cellules fermées, dont les parois font partie intégrante de la construction du bâtiment.

Parmi les tableaux de statistique exposés, nous en remarquons un qui présente un très-haut intérêt en ce qu'il caractérise d'une manière palpable l'état de la métallurgie. Ce tableau indique la production annuelle de l'usine en fer et en acier; nous en extrayons les chiffres suivants :

| Années. | Production du fer. |
|---|---|
| 1838 | 3,000 tonnes. |
| 1848 | 16,000 — |
| 1858 | 39,000 — |
| 1868 | 98,000 — |

Pendant cette période de 30 années, le mouvement d'accroissement est progressif; il s'accentue plus spécialement à partir de 1863, année dont la production était de 56,000 tonnes.

Jusqu'en 1868, la proportion d'acier est trop faible pour figurer dans ce tableau; elle ne devient notable qu'à partir de cette époque pour aller toujours en augmentant :

| ANNÉES. | FER. | ACIER. | PRODUCTION totale. |
|---|---|---|---|
| | tonnes. | tonnes. | tonnes. |
| 1867-68 | 98,000 | 1,000 | 99,000 |
| 68-69 | 97,000 | 2,000 | 99,000 |
| 69-70 | 94,000 | 4,000 | 98,000 |
| 70-71 | 59,000 | 10,000 | 69,000 |
| 71-72 | 75,000 | 15,000 | 90,000 |
| 72-73 | 82,000 | 28,000 | 110,000 |
| 73-74 | 80,000 | 48,000 | 128,000 |
| 74-75 | 79,000 | 57,000 | 136,000 |
| 75-76 | 71,000 | 65,000 | 136,000 |
| 76-77 | 67,000 | 62,000 | 129,000 |
| 77-78 | 62,000 | 63,000 | 125,000 |

Depuis 1868 jusqu'en 1878, la production du fer a été en décroissant d'une manière régulière avec un soubresaut de 1870 en 1872.

La production de l'acier a été en augmentant sans se ressentir des années 1870 à 1872 et reste à peu près stationnaire depuis 1876. Enfin la production totale, qui, tout en se ressentant des circonstances extérieures de 1870 et 1871, s'est accrue régulièrement jusqu'en 1875, a commencé à décroître l'année suivante, l'accroissement de la production de l'acier n'arrivant plus pour compenser la diminution de plus en plus grande du fer.

Si d'un autre côté on compare entre eux le fer et l'acier, on voit que ce dernier a aujourd'hui une importance égale à celle du fer, et le tableau fait prévoir le jour où il le dépassera pour se substituer à lui dans presque toutes ses applications.

**Compagnie des Fonderies et Forges de Terrenoire, Lavoulte et Bességes.** — L'exposition de cette Compagnie est surtout intéressante au point de vue des aciers coulés sans soufflures, et des essais ayant pour but de se rendre compte de l'influence des différents corps sur les conditions de résistance de ce métal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Relativement à la fabrication du fer, elle donne les renseignements suivants :

Les échantillons présentés correspondent aux diverses qualités employées dans le commerce et peuvent être considérés comme suit :

*Fers ordinaires.* — Qualités courantes du commerce, obtenues soit avec les fontes de l'Ardèche, soit avec les fontes du Gard, ces fontes étant fabriquées avec les minerais du pays sans aucun mélange.

On fabrique avec les fers de cette qualité les bandages de roues, les fers courants ronds et carrés pour boulonnerie et serrurerie, les tôles courantes du commerce et les tôles communes de la marine. Cette qualité est surtout employée à froid.

*Fers forts.* — Les fers de cette nature, tout en étant très-beaux à froid, peuvent être appliqués à certains emplois à chaud. On peut notamment les appliquer au fer à cheval, à la serrurerie difficile et artistique, aux rivets pour ponts, etc.; appliqués à la tôle, ils donnent une tôle à chaudière d'excellente qualité, et peuvent être appliqués à la fabrication des tôles ordinaires de la marine.

*Fers supérieurs.* — Qualité supérieure à froid et à chaud. Fers à bœufs. Tôles et cornières supérieures de la marine. Chaînes pour la marine. Rivets pour chaudières, etc.

*Fers fins et aciers puddlés.* — Emplois tout à fait recherchés dans les constructions. Fers pour paquets destinés aux arbres de la marine. Tôles fines de la marine et des chemins de fer, destinées à avoir les bords relevés. Foyers de chaudières et de locomotives. Qualité exceptionnelle à froid et à chaud.

Divers échantillons exposés présentent les résultats d'épreuves à froid et à chaud, faites sur les fers de diverses qualités.

Ces renseignements sont complétés par des épreuves de flexion, de choc et de traction.

1° *Épreuves de flexion.*

Les barreaux carrés, ajustés avec soin, ont 100 $^{m}/_{m}$ de côté et $1^{m},20$ de longueur. Les points d'appui sont espacés de 1 mètre. La charge a été appliquée au milieu de l'intervalle des points d'appui, par le moyen d'une presse hydraulique.

| QUALITÉ. | | FER ordinaire. | FER fort. | FER supérieur. | FER fin. | ACIER puddlé. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Charge de 5,000 kil. | Flèche sous charge. | $0^{m}/_{m}8$ | $0^{m}/_{m}7$ | $0^{m}/_{m}6$ | $0^{m}/_{m}6$ | $0^{m}/_{m}7$ |
| | Flèche permanente. | 0 1 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| 10,000 — | sous charge. | 1 5 | 1 3 | 1 1 | 1 2 | 1 3 |
| | permanente. | 0 1 | 0 0 | 0 0 | 0 0 | 0 0 |
| 15,000 — | sous charge. | 2 2 | 2 1 | 2 1 | 1 9 | 2 0 |
| | permanente. | 0 3 | 0 2 | 0 2 | 0 1 | 0 1 |
| 20,000 — | sous charge. | 4 0 | 3 3 | 2 7 | 7 8 | 3 6 |
| | permanente. | 0 3 | 0 8 | 0 2 | 5 3 | 1 2 |
| 25,000 — | sous charge. | 12 5 | 9 2 | 17 1 | 22 5 | 11 9 |
| | permanente. | 9 5 | 5 8 | 13 8 | 19 3 | 8 5 |
| 30,000 — | sous charge. | 30 0 | 25 3 | 48 4 | 44 5 | 25 4 |
| | permanente. | 27 0 | 21 2 | 48 0 | 40 8 | 20 9 |
| 35,000 — | sous charge. | 61 0 | 42 5 | 102 0 | 78 0 | 42 0 |
| | permanente. | 61 0 | 37 0 | 102 0 | 78 0 | 42 0 |
| 40,000 — | sous charge. | » | » | 267 0 | 168 0 | 69 0 |
| | permanente. | » | » | 267 0 | 168 0 | 69 0 |
| Rupture. | | 37,200k | 39,000k | sans rupture. | 40,500k | 42,000k |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Épreuves par le choc.*

Les barreaux sont identiques aux précédents. Les points d'appui sont espacés de 1 mètre. — Mouton de 300 kilog. — L'enclume pèse 10,000 kilog. Le mouton est élevé d'abord à une hauteur de 0m,50, puis à 1 mètre, puis à 1m,50, et ainsi de suite.

| QUALITÉ. | FER ordinaire. | FER fort. | FER supérieur. | FER fin. | ACIER puddlé. |
|---|---|---|---|---|---|
| Hauteur de chute 0m,50 Flèches. . . | 0m/m5 | 0m/m5 | 0m/m5 | 0m/m0 | 0m/m0 |
| — 1 ,00 — . . . | 6 0 | 6 0 | 4 0 | 4 0 | 2 5 |
| — 1 ,50 — . . . | 15 0 | 14 0 | 14 0 | 12 0 | 10 0 |
| — 2 ,00 — . . . | rupture. | 24 0 | 25 0 | 22 0 | 15 0 |
| — 2 ,50 — . . . | . . . . . | rupture. | 40 0 | 35 0 | 22 0 |
| — 3 ,00 — . . . | . . . . . | . . . . . | 57 0 | 52 0 | 23 0 |
| — 3 ,50 — . . . | . . . . . | . . . . . | 78 0 | 69 0 | rupture. |
| — 4 ,00 — . . . | . . . . . | . . . . . | 101 0 | 91 0 | |
| | | | sans rupture. | sans rupture. | |

3° *Épreuves de traction.*

| QUALITÉ. | FER ordinaire. | FER fort. | FER supérieur. | FER fin. | ACIER puddlé. |
|---|---|---|---|---|---|
| BARRETTES DE 14 m/m DE DIAMÈTRE ET 100 m/m DE LONGUEUR. | Charge en kilogrammes, par millimètre carré. | | | | |
| Limite d'élasticité . . . . . | 21k,0 | 21k,5 | 19k,5 | 18k,6 | 25k,5 |
| Rupture. . . . . | 28 ,5 | 32 ,4 | 35 ,0 | 38 ,0 | 53 ,4 |
| Allongement % . . . . . | 18 ,5 | 22 ,5 | 26 ,2 | 28 ,5 | 14 ,2 |
| BARRETTES DE 20 m/m DE DIAMÈTRE ET 200 m/m DE LONGUEUR. | | | | | |
| Limite d'élasticité. . . . . | 21k,5 | 20k,8 | 20k,1 | 19k,2 | 26k,5 |
| Rupture. . . . . | 29 ,2 | 33 ,5 | 34 ,3 | 37 ,8 | 52 ,9 |
| Allongement % . . . . . | 16 ,8 | 20 ,7 | 25 ,1 | 26 ,3 | 13 ,9 |
| BARRETTES DE TOLE, SENS DU LAMINAGE. | | | | | |
| Limite d'élasticité . . . . . | 23k,7 | 23k,7 | 12k,3 | 24k,9 | » |
| Rupture. . . . . | 29 ,5 | 33 ,1 | 33 ,8 | 36 ,1 | » |
| Allongement % . . . . . | 5 ,2 | 9 ,2 | 15 ,5 | 15 ,3 | » |
| BARRETTES DE TOLE, SENS CONTRAIRE AU LAMINAGE. | | | | | |
| Limite d'élasticité . . . . . | 22k,7 | 23k,6 | 22k,7 | 21k,7 | » |
| Rupture. . . . . | 29 ,2 | 32 ,6 | 33 ,8 | 34 ,8 | » |
| Allongement % . . . . . | 3 ,3 | 7 ,2 | 13 ,5 | 15 ,5 | » |

**Compagnie des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries de la marine et des Chemins de Fer.** (Anciens établissements Petin et Gaudet.) — L'acier tient la première place dans l'exposition de cette Compagnie, le fer y est représenté par les produits suivants :

Ébauchés de forme ondulée, rappelant ceux des forges de la Providence que nous avons signalés en parlant de la composition des paquets; mais ici l'ondu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lation existe sur les deux faces; creuset en fer forgé, poids 375 kilog. (pour fondre l'or et l'argent); roues en fer, centre plein, toile plane, type Nord et Ouest; roues en fer, centre plein, toile ondulée, type Nord et Ouest; barre de fer n° 2, longueur 14m,960, largeur 0m,265, épaisseur 0,075 : poids 2,350 kilog. pour quille de navire; échantillons de fers à cornières de diverses dimensions; barre de fer à double T, longueur 5m,420, hauteur 0m,515; poids 1,496 kilog.; échantillons de fers à double T ayant jusqu'à 800 m/m de hauteur. L'usine a monté pour la fabrication des grands fers à double T pour ponts de vaisseaux, un laminoir spécial à cannelure unique variable, dont la manœuvre est analogue à celle du train universel; échantillons de fers en U ayant 250 et 300 m/m de hauteur; échantillon fer à T et à boudin ayant 180 et 220 m/m de hauteur; châssis d'affût en fer double T de 280 m/m cintré. Poids 1,822 kilog.; blindage d'essai à section trapézoïdale du 1er lot du cuirassé français de 1er rang « le Redoutable », longueur 1m,416, largeur 1m,190, épaisseur 0m,354 et 0m,238. Poids 3,950 kilog.

Le modèle en bois du train de laminoir qui produit ces pièces :

Blindage d'essai du pont du vaisseau cuirassé français « l'amiral Duperré », longueur 6m,871, largeur 1m,670, épaisseur 0m,059. Poids 5,297 kilogs, blindage en fer à section trapézoïdale, longueur 4m,350, largeur 1m,574, épaisseurs 0m,597 et 0m,357. Poids 25,365 kilog.

**Société anonyme de Commentry-Fourchambault.** — Cette Société, outre les cassures de ses différentes qualités de fer et les échantillons de ses différents produits qu'elle expose, signalait à la Commission les renseignements suivants, relatifs à la production du fer dans ses usines :

Un progrès, dit-elle, que nous avons à signaler à plusieurs points de vue, c'est la transformation de notre travail du fer, à Fourchambault, en vue d'y améliorer les qualités produites et d'y restreindre considérablement la fabrication des fers communs sur lesquels s'exerce la plus forte concurrence, et dont les prix de vente sont, pour cette raison, les plus susceptibles de dépréciation. — La valeur exceptionnelle de nos fontes de Montluçon, fabriquées avec des minerais de qualité supérieure du Berry, a tout particulièrement facilité nos efforts. Nous nous sommes appliqués avec une grande persévérance à des améliorations de travail par des modes nouveaux de puddlage, par l'introduction du ferro-manganèse, par les soins minutieux dans le choix des matières de préparation, à produire des fers, provenant des fontes au coke ordinaires, et qui arrivent aux mêmes qualités que celles qui provenaient autrefois des meilleures fontes au bois, à l'air froid.

Ces qualités de fer ont répondu à toutes les nécessités de leur transformation en essieux de wagons, bandages, fils de fer, depuis le fil à quincaillier jusqu'aux fils à cardes, feuillards, fers à tubes, verges pour la clouterie ordinaire, pour les clous à cheval, et en ferronnerie pour les besoins d'artillerie. Tous ces fers fabriqués en fonte au coke sont arrivés à remplacer ceux provenant des fontes au bois, et à subir avec succès, et même avec supériorité, toutes les épreuves que les cahiers des charges les plus rigoureux imposaient autrefois aux fers forgés de fonte au bois.

**Marrel frères à Rive-de-Gier.** — Les produits exposés par MM. Marrel frères attestent le puissant outillage dont ils disposent :

Plaque de blindage laminée 4m,250 × 1m,600 × 0m,715, poids 38,022 kilog.; cette plaque finie serait réduite à 0m,650 d'épaisseur; deux plaques destinées aux tourelles du vaisseau « le Duperré » ayant subi avec succès les essais de tir et dont les dimensions sont: l'une 6m,650 × 1m,000 × 0m,300, poids 15,380 kilogr.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et l'autre $6^m,630 \times 1^m,070 \times 0^m,300$, poids 16,246 kilog.; plaque de blindage de pont $15^m,000 \times 1^m,840 \times 0^m,081$, poids 17,864 kilog.; chaîne de 100 $^m/_m$ à étais pouvant sans se déformer porter un poids d'environ 250,000 kilog.; arbre à 4 coudes pour machine marine 7,900 kilog.; arbre intermédiaire en fer forgé de la machine de 600 chevaux du paquebot le « Yang-Tse » de la Compagnie des messageries maritimes; chaîne et ancre du paquebot le « Hoang-Hô » de la même Compagnie; chaîne de 70 $^m/_m$ destinée à une grue de l'usine des Étaings; deux fers à barrot ayant: l'un $19^m,600$ de long et $0^m,250$ de hauteur, et l'autre $22^m,000$ de long et $0^m,200$ de hauteur.

La **Société de la Providence à Hautmont**, près Maubeuge, expose des échantillons de grandes dimensions de fers plats et de fers spéciaux.

**MM. Deflassieux** frères, maîtres de forges et inventeurs du système de fabrication de corps de roues en fer forgé, obtenus par matriçage au marteau-pilon, exposent des produits de cette fabrication, c'est-à-dire des roues de locomotives de $2^m,190$ à $0^m,320$ de diamètre; des roues de tenders, de wagons, de wagonnets; des roues pour camions, tramways, locomobiles, tricycles, brouettes à bagages, diables; des volants de changement de marche; des roues de mines; des galets et enfin des essieux montés.

**Société des Forges de Denain et Anzin.** — Cette Société, dont les produits étaient placés dans le vestibule d'Iéna, était condamnée à une certaine décoration dans son exposition. Le pilier en charpente qui se trouvait dans l'angle a été heureusement dissimulé par un entourage de rails reposant sur un socle formé de lingots d'acier, entre lesquels se trouvaient intercalées des spirales composées de selles de joints.

Parmi les produits exposés, nous citons :

Loupe martelée produite au four à puddler mécanique, 645 kilog., une charge; rond de 60 $^m/_m$ sans soudure provenant d'une boule de 535 kilog.; pliage à froid au marteau-pilon; rond de 50 $^m/_m$ avec cassure; essais à chaud sur ronds de 60 et de 50 $^m/_m$; fer à double T de 24 mètres; fer plat de $23,000 \times 0,655 \times 0,010$; tôle de $8,700 \times 2,000 \times 0,011$; tôle circulaire, diamètre $2^m,360$; tôle de $9^m,500 \times 1^m,460 \times 0^m,011$; échantillons de tôle emboutie; essais à froid et à chaud. Enfin des essais de traction : les lettres L et T indiquent que l'essai a été fait dans le sens longitudinal, c'est-à-dire dans le sens du laminage ou dans le sens transversal.

| QUALITÉ. | | CHARGE de rupture en kilos par millimètres carré. | ALLONGEMENT $^0/_0$. |
|---|---|---|---|
| Tôle pour constructions | L . . . . . | $30^k,45$ | |
| — chaudières | L . . . . . | 32 ,17 | 5 |
| Tôle commune marine | L . . . . . | 32 ,25 | 6,5 |
| | T . . . . . | 29 ,00 | 4,25 |
| — ordinaire marine | L . . . . . | 34 ,00 | 12,5 |
| | T . . . . . | 32 ,15 | 6,75 |
| — supérieure marine | L . . . . . | 34 ,70 | 17,25 |
| | T . . . . . | 33 ,45 | 9,25 |
| — fine marine | L . . . . . | 36 ,85 | 21,75 |
| | T . . . . . | 36 ,05 | 13,50 |

**Société Anonyme des Forges et Fonderies de Montataire.** — Cassure de fers bruts et finis; pliages à froid, essais à chaud; tôle galvanisée de $10^m,000$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de longueur sur 1m,450 de largeur; tôles ondulées, galvanisées pour toitures; ardoises métalliques; tôles fines, fer-blanc.

*Résultats moyens d'essais de traction dans le sens perpendiculaire au laminage.*

| QUALITÉ. | RUPTURE. | ALLONGEMENT °/₀. |
|---|---|---|
| Tôles puddlées | 26k,90 | 3,42 |
| Tôle fer puddlé amélioré | 28 ,33 | 4,85 |
| — demi-fort | 31 ,55 | 9,59 |
| — fort | 33 ,60 | 14,82 |
| — fort supérieur | 33 ,10 | 18,91 |
| — forgé | 36 ,23 | 16,80 |

**Société anonyme des Hauts Fourneaux, Fonderies et Forges de Franche-Comté.** — Essais à froid. Cassures. Machine de tréfilerie et fil de fer; tôle fine et fer-blanc.

**Ghantiers de la Buire à Lyon.** — Expériences de trempe des fers à l'acide sulfurique. Augmentation de 30 °/₀ dans la résistance.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fer plat | 90×15 | non trempé. | Rupture | 38k,7 | Allongement | 22 °/₀. |
| — | — | trempé. | — | 50k,0 | — | 15 °/₀. |

Échantillons de crochets d'attelage pour chemins de fer, les uns trempés et ouverts lentement, les autres non trempés et rompus brusquement.

**Compagnie de l'Horme à Saint-Chamond.** — Cornières supérieures qualité marine : épreuves à chaud d'ouverture et de fermeture de l'angle; épreuves à chaud répondant aux conditions imposées par le chemin de fer P.-L.-M.

*Collection d'essais de traction.*

| QUALITÉ. | RUPTURE. | ALLONGEMENT °/₀. |
|---|---|---|
| Fer doux supérieur | 35 à 36k | 25 à 28 |
| — n° 2 | 32 à 33 | 12 à 13 |
| — n° 3 | 35 à 36 | 15 à 18 |
| — n° 4 | 36 à 37 | 15 à 18 |
| — n° 5 | 37 à 38 | 18 à 22 |
| Fer 2me qualité, matériel et traction, P.-L.-M. | 37 | 23 |
| Fer 3me qualité, matériel et traction, P.-L.-M. | 35 | 18 |
| Fer 4me quaiité, matériel et traction. | 33 | 12 |

**Forges d'Eurville (Haute-Marne). Paul Jamin et Cie.** — Cassures de fer puddlé et fini; fil de fer à grain 2 m/m — 113 kilog. — 4,913 mètres, d'une seule pièce et sans soudure.

**F. de Valsuzenay, maître de Forges à Froncles et Vraincourt (Haute-Marne).** — Tôles fines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Forges de Pompey. Dupont et Fould.** — Essais à chaud. Essais à froid; barreaux essayés à la traction; essais de cornières, ouverture et fermeture de l'angle; tôle de $19^{m},150 \times 1^{m},120 \times 0^{m},006$; fer plat de $40^{m},200 \times 0^{m},500 \times 0^{m},0085$.

Tous les produits exposés sont fabriqués exclusivement avec les fontes de Pompey provenant des minerais de la concession de Ludres (Meurthe-et-Moselle).

**Société métallurgique de Gorcy et Mont Saint-Martin.** — Cassures de fer brut et de fer fini; taraudages à chaud sans aucun déchet.

*Compagnie des fonderies, forges et aciéries de Saint-Étienne.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tôle qualité supérieure. . . . . | 17,000 × 1,700 × 0,017 | Poids | 3,850 kilog. |
| — fer fin . . . . . | 9,500 × 2,430 × 0,018 | — | 3,240 — |
| Blindage de pont de vaisseau. | 11,000 × 1,800 × 0,050 | — | 7,800 — |
| Tôle circulaire, fer fin . . . . . | diamètre 2,630 × 0,0225 | — | 1,000 — |

Cercle fer fin, enroulé et sans soudure, brut de laminage; diamètre $2^{m},400$; largeur $0^{m},370$; épaisseur $0^{m},090$; essais à chaud, tôle emboutie.

**Société anonyme des Houillères et Fonderies de l'Aveyron. Decazeville.** — Cassures de fer puddlé et fini; essais de fer puddlé affiné 3me choix, travaillé à chaud, terminé en fer à cheval; essais de traction.

| DÉSIGNATION. | SECTION initiale. | CHARGE DE RUPTURE par mill. carré de section initiale. | CHARGE DE RUPTURE par mill. carré de section rompue. | ALLONGEMENT % | SECTION après rupture. |
|---|---|---|---|---|---|
| Carré de. . . . . 23 m/m. | 160 m/m | 38k,203 | 59k,224 | 22,5 | 111,29 |
| Rond de. . . . . 25 . | 160 | 39 ,140 | 62 ,300 | 21,5 | 100.2 |
| Rond de. . . . . 20 . | 160 | 41 ,484 | 67 ,585 | 15,5 | 98,5 |
| Rond de. . . . . 23 . | 160 | 39 ,140 | 79 ,777 | 24,5 | 78,5 |
| Cornières . . . . 120/120 . | 166,44 | 38 ,990 | 41 ,71 | 9,75 | 155,52 |

**Boutmy et Cie à Messempré-Carignan (Ardennes).** — Tôle au bois glacée, fer fort; tôles puddlées, fabrication directe, recuites en vase clos; objets d'une seule pièce repoussés au marteau.

**Société des Forges de Champagne.** — Fer-machine à tréfiler, fer à grain fin, laminé en une seule pièce; diamètre $6^{m}/_{m},4$, longueur 360 mètres, poids 95 kilog.; diamètre $6^{m}{}_{m},4$, longueur 440 mètres, poids 115 kilogs; fers pour la marine, gros échantillons, cassures; fers à profils variables; fer ébauché pour boulons à bois, la section est alternativement carrée et circulaire, la portion circulaire correspondant à la partie qui doit être filetée; fer ébauché avec renflement pour attelles de cabriolet; fer ébauché pour raies de roues, la barre représente une succession de fers de lance très-allongés; fer à T de 18/17 : épaisseur, $1^{m}/_{m},8$; longueur, 39 mètres; poids, 22 kilog. Feuillards : largeur, $0^{m},250$, épaisseur $0^{m},0022$. Feuillards : épaisseur, 1 millimètre; essais de traction (voir le tableau de la page suivante).

Essais de gros ronds de 60, rupture 34,4, allongement 185 m/m par mètre.

Fabrication de fers spéciaux et de toutes dimensions par un laminoir à 3 cylindres sans cannelure, système A. Flotat, directeur des usines de Rachecourt :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| DÉSIGNATION. | | RUPTURE. | ALLONGEMENT $^0/_0$. |
|---|---|---|---|
| 315 × 40 | qualité n° 8 | 40k | 24 |
| 15 × 40 | — 8 | 42 | 21 |
| 80 × 6 | — 5 | 40 | 20,5 |
| 80 × 8 | — 5,5 | 39 ,5 | 21,5 |
| 30 × 15 × 4 fer U | — 3 | 42 ,5 | 10 |
| — — U | — 2 | 45 ,7 | 7,5 |
| 20 × 8 | — 5 | 43 ,72 | 17,5 |

Un modèle en plomb donne une idée de la fabrication : c'est un bout de plomb à section circulaire d'un diamètre de 7 millimètres, se terminant à l'extrémité par un fer à T de 15/15, la transformation se faisant par déformation graduée de la section sur une très-petite longueur.

Échantillons exposés de feuillards, parmi lesquels :

| Longueur. | Épaisseur. | Largeur. | Poids. |
|---|---|---|---|
| 31 | $0^m/_m,8$ | 111m,93 | 21 kilog. |
| 61 | 0 ,7 | 118 | 42 |
| 82 | 0 ,8 | 58 | 30 |
| 88 | 0 ,9 | 40 | 25 |
| 90 | 1 ,0 | 60 | 43 |
| 200 | 1 ,9 | 26 | 77 |
| 252 | 2 ,2 | 11 ,5 | 54,5 |

**Mignon, Rouart et Delinières à Montluçon.** — Tubes en fer soudés par rapprochement pour gaz, conduites d'eau et vapeur; tubes légers pour grilles, stores, rampes, etc.; tubes soudés à recouvrement pour locomotives, chaudières tubulaires et transmission de vapeur.

Pièces exposées : tubes en fer de 300 $^m/_m$ de diamètre jusque 4 $^m/_m$, tubes à section variable, coudes, raccords, boisseaux, tubulures, tubes en fer étiré à froid, tubes pour chaufferettes de chemins de fer, tubes coniques, tubes avec collet rabattu à froid, serpentin conique d'une longueur développée de 92 mètres.

**Compagnie des Forges d'Audincourt et dépendances.** — Tôle au bois non affranchie, $10^m,000 \times 1^m,000 \times 0^m,003$; tôle au bois de $3^m,150 \times 2^m,100 \times 0^m,015$; tôle circulaire : diamètre $2^m,400 \times 0^m,024$; essais de fer à froid et à chaud: fer-blanc; cylindres fonte trempée et cylindres demi-durs; essais de traction, éprouvettes de 200 $^m/_m$; tôle au bois : rupture 37k,5, allongement 27,5 $^0/_0$; autre éprouvette de 200 $^m/_m$, allongée à 230, soit 15 $^0/_0$ sous une charge de 36 kilog., puis tordue d'un tour entier; autre éprouvette de 200 $^m/_m$, allongée à 240, soit 20 $^0/_0$ sous une charge de 37k,6, puis tordue d'un demi-tour.

**Société anonyme des Forges et Laminoirs de Champigneulles, près Nancy.** — Modèle de grille avec appareil de décrassage.

**Forges d'Ivry.** — Échantillons de fer; profils de fers spéciaux.

**Revollier, Bietrix et Cie.** — Échantillons de fer essayé à froid et à chaud.

**Forges de Bigny.** — Fils à section variable brevetés.

**Puddlage mécanique, système Lemut.** — Modèle de four à puddler à air chaud et à vapeur surchauffée, desservi par un puddleur mécanique, système Lemut, décrit dans le cours de l'ouvrage.

**Train-machine sans serpenteurs, breveté S. G. D. G., de Constant Roy.** — Les cinq cages ordinaires sont remplacées par deux cages uniques l'une con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tient sept paires de cylindres disposées sur deux rangées verticales, et l'autre une paire de cylindres finisseurs.

Le travail se fait de la manière suivante : la barre est engagée à l'aide d'un guide dans la cannelure convenable de la première paire placée à la partie supérieure, et sort dans un guide de forme spéciale, dont le conduit en spirale dispose verticalement la section elliptique qui sortait de la cannelure dans la position horizontale, et l'engage ainsi verticalement dans le guide qui précède la 2e paire de cylindres placée à la même hauteur dans la 2e rangée verticale ; sortant de là, la barre rencontre un receveur qui la rabat pour lui faire décrire une demi-circonférence et l'amener ainsi devant la 3e paire de cylindres ; de là elle passe dans la 4e paire placée en face, puis est rabattue de nouveau pour traverser dans le plan inférieur la 5e et la 6e paire ; enfin est rabattue une dernière fois, s'engage dans la 7e paire, sort dans un tube qui la conduit hors de la cage, où un ouvrier la saisit et l'engage dans la cannelure convenable des cylindres finisseurs isolés.

On voit que grâce à cette disposition, les passages d'une cannelure à l'autre se font automatiquement, sauf pour la cannelure finisseuse. On comprend que le fer s'allongeant à chaque passage, il faut donner à chaque paire de cylindres une vitesse en rapport avec cet allongement, aussi la cage à pignons ordinaire est telle remplacée par une cage contenant une série d'engrenages, disposés de manière à distribuer à l'un des cylindres de chaque paire la vitesse convenable, puis entre les deux cages des séries de pignons égaux communiquent dans chaque paire au cylindre supérieur la vitesse du cylindre inférieur.

**Système de Langlade.** — Procédés brevetés appliqués au puddlage, au soudage et à la fusion du fer et de l'acier, au gaz.

Un petit modèle exposé représente une ancienne usine à moteurs hydrauliques, aménagée pour le puddlage au gaz de haut fourneau.

Production de fonte par 24 heures, 5 tonnes ; nombre de fours à puddler alimentés par le gaz de haut fourneau, 2.

A côté d'un modèle de récupérateur de chaleur, système Ponsard, tel que nous l'avons décrit dans le cours de cet article, et d'un modèle de fours-convertisseur Ponsard, qui sera traité à l'article « acier », se trouve :

**Un nouveau puddleur mécanique, système Godfrey et Howson.** — Avec son gazogène, système Brook et Wilson (fig. 1, pl. VIII). C'est une poche ouverte à la partie supérieure pouvant tourner autour d'un axe qui peut lui-même prendre diverses inclinaisons dans le sens vertical ; le chauffage se fait par un chalumeau à gaz. Voici la description qu'en donnent les inventeurs :

« Il est bon de faire remarquer, en premier lieu, que le système est susceptible de modifications selon la qualité de la fonte et le traitement qu'elle a subi précédemment. Ainsi la fonte peut être au choix, ou prise directement du haut fourneau, ou prise dans le four à réverbère après une seconde fusion, ou bien encore elle peut être fondue dans le four à puddler même. Jusqu'à présent, en raison du manque d'appareils suffisamment perfectionnés, on n'a pu faire les expériences que sur un métal fondu dans le four à réverbère avec sole de scories, et dans ces conditions, si la fusion est rapidement opérée, la fonte ne diffère guère de celle que l'on coulerait au cubilot.

» Dans la fonte de Cleveland ainsi traitée, la dose de silicium s'élève à environ 1,25 % et celle du phosphore de 1 à 1,25 %.

» Le métal en fusion ayant été transvasé dans la cuvette au moyen d'une poche,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on imprime à celle-ci un mouvement de rotation d'environ dix révolutions par minute. En supposant que la cuvette soit portée au rouge clair avant l'introduction de la fonte, il n'est pas nécessaire de faire fonctionner la tuyère; il faut même chercher à éviter une grande chaleur. La cuvette ayant été mise en mouvement, on y ajoute au moyen d'une pelle, et par petites quantités à la fois, de l'oxyde de fer broyé et sec, froid ou légèrement chauffé (Fettling). L'oxyde de fer fondu ne doit pas être employé.

» L'oxyde de fer en poudre que l'on ajoute à la fonte liquide se compose d'environ 50 % de bonnes scories broyées (best tap) et d'environ 50 % de minerai de fer en poudre (purple ore); ce minerai vient d'Espagne, il est d'abord traité pour l'extraction du cuivre et du soufre; après cette opération il contient environ 65 % de fer et il est vendu aux laminoirs à raison de 12 fr. 50 la tonne.

» L'oxyde étant graduellement répandu sur la surface du bain métallique, celui-ci en tournant englobe les particules d'oxyde; il acquiert ainsi rapidement une consistance pâteuse et il se dégage de nombreuses petites flammes d'oxyde de carbone; sa température devient alors plus élevée par suite de l'action chimique et il redevient liquide, mais non plus sous son aspect habituel : la masse du métal est passée à l'état de granules nageant comme des grains de riz dans un bain de scories; le fer commence à *prendre nature*.

» L'élimination du carbone continue à se produire, mais sans bouillonnements, jusqu'à ce que les grains de métal deviennent pâteux et acquièrent une tendance à se souder. A ce moment, on doit ralentir la vitesse de rotation, laquelle ne doit pas dépasser deux révolutions par minute jusqu'à la fin de l'opération. On n'a pas encore employé de gaz si ce n'est en très-petite quantité; il ne faut en effet pas plus de chaleur que celle nécessaire pour maintenir liquide la scorie formée. Après quelques minutes les petites flammes d'oxyde de carbone commencent à diminuer, et la tendance des grains à se souder s'accroît jusqu'à ce qu'ils forment de petites masses spongieuses. A cet instant surtout la cuvette ne doit se mouvoir que très-lentement afin d'éviter la formation de loupes de fer mal affiné.

» Plus ces petites masses de fer seront maintenues dans un état divisé et spongieux, plus le résultat obtenu sera satisfaisant.

» Aussitôt que les petites flammes d'oxyde de carbone ont disparu, ou ne se dégagent plus que très-faiblement, on donne un coup de feu et le ballage commence. Cette dernière phase de l'opération est la plus délicate. Si le métal se prend trop vite en masses compactes, l'opération se prolonge et le résultat n'est pas satisfaisant; il faut donc prendre certaines précautions pour éviter cet inconvénient, ce qui ne peut être obtenu qu'en faisant mouvoir la cuvette très-lentement ou même en arrêtant momentanément la rotation.

» Il résulte de cette méthode de puddlage qu'il n'y a pas de bouillonnements. Il est clair que le bain monte un peu, mais tout se borne à cela. La chaleur nécessaire est relativement basse, et par conséquent la consommation de gaz est faible. La proportion d'oxyde de fer nécessaire est d'environ 7 % et il n'y a pas d'autre dépense à faire en matière oxydante (Fettling).

» Dans ces conditions *la garniture ne peut souffrir en aucune façon et l'on n'a jamais eu besoin de recourir à l'eau pour refroidir l'appareil.*

» La garniture de la cuvette est composée d'un mélange de $^1/_5$ de ciment de Portland et $^4/_5$ de scories broyées; elle est renforcée par de gros morceaux de scories.

» *Il est à remarquer que l'ouverture de la cuvette n'est jamais et sur aucun point en contact avec l'œil de la tuyère et que par conséquent il ne peut y avoir aucun frottement.*

» On se demande que devient le phosphore dans ce procédé? La réponse est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

celle-ci : que travaillant à une basse température, le phosphore se combine avec la scorie. La scorie d'une loupe puddlée d'après le nouveau système contient de 7 à 8 % de phosphore (16 à 18 % d'acide phosphorique), tandis que la loupe elle-même n'en contient que 0,15 % après martelage. Il faut remarquer toutefois, c'est un fait certain, que si la loupe était maintenue trop longtemps à une haute température avant d'avoir été cinglée, une partie du phosphore de la scorie se combinerait de nouveau avec le fer.

» Le déchet par ce système de puddlage est bien moindre que dans le puddlage ordinaire.

» L'opération dure 25 minutes, et la consommation de charbon est d'environ 150 kilog. par tonne de fer puddlé. »

### BELGIQUE.

La Société Cockerill, à Seraing, expose plutôt de l'acier que du fer, nous signalons parmi ses produits :

| Longueur. | Largeur. | Épaisseur. |
|---|---|---|
| 14m,000 | 1,220 | 0,017 |
| 10 ,150 | 1,460 | 0,0035 |
| 9 ,150 | 1,500 | 0,0065 |

**Les Usines Delloye-Mathieu, Delexhy-Géradon** exposent des tôles minces.

Les autres fabricants des environs de Liége et de Charleroi donnent des échantillons des profils qu'ils peuvent laminer.

### ANGLETERRE.

**Les maîtres de Forges du Cleveland et du nord-est de l'Angleterre**, ont fait un ensemble de leurs produits parmi lesquels nous signalons comme se rapportant à la métallurgie du fer : Un obélisque de minerai de fer des mines d'Eston, de MM. Bolckow, Vaughan et Cie, Middlesbrough pesant 3 tonnes, 6 quintaux, soit 3,350 kilog. et représentant la quantité nécessaire à la production d'une tonne de fonte de Cleveland. Des spécimens de fer fabriqués avec la fonte de Cleveland, purifiée de son phosphore au moyen de l'oxyde de fer, d'après le procédé de M. J. Lowthian Bell, ainsi que des échantillons de minerai de fer et de fonte de Ridsdale. Des spécimens de fer Danks fabriqués par MM. Hopkins, Gilkes et Cie, Middlesbrough avec leur propre fonte, et des spécimens d'acier Martin-Siemens provenant du fer Danks. Deux barreaux courbés, en fer Danks, et polis en partie, montrent l'homogénéité et la ductilité de la matière; un nœud de fer de la même qualité, de trois pouces de diamètre, noué à froid. Des spécimens de fer de qualité supérieure de MM. W. Whitwell et Cie, de Stockton, ainsi que des sections diverses de traverses et de cornières en fer provenant des usines de MM. Johnson et Reay, Stockton-on-Tees.

Les exposants donnent sur leur fabrication les renseignements suivants :

« On a estimé que le minerai de fer exploitable, situé entre la Tees et l'Esk, a une étendue de 32,000 hectares, de sorte qu'on peut réellement considérer qu'il contient des ressources inépuisables.

» L'analyse suivante donne la composition des meilleures parties de la couche :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| MATIÈRES. | MINE | | |
|---|---|---|---|
| | Normanby. | Eston. | Upleatham. |
| Protoxide de fer | 38,06 | 32,92 | 37,07 |
| Péroxide de fer | 2,60 | 3,60 | 4,48 |
| Protoxide de manganèse | 0,74 | 0,95 | » |
| Alumine — — | 5,92 | 7,86 | 12,37 |
| Chaux — — | 7,77 | 7,44 | 4,67 |
| Magnésie — — | 4,16 | 3,82 | 2,69 |
| Potasse — — | » | 0,27 | » |
| Acide carbonique | 22,00 | 22,85 | 23,46 |
| Silice — | 10,36 | 8,76 | 10,63 |
| Soufre — | 0,14 | 0,11 | » |
| Acide phosphorique | 1,07 | 1,86 | 1,17 |
| Eau | 4,45 | 2,97 | 3,36 |
| | 97,27 | 100,41 | 99,90 |
| Fer métallique | 31,52 | 33,65 | 31,97 |

Pendant les années 1868 à 1877 on a extrait de ces minerais et produit en fonte les quantités suivantes :

| ANNÉES. | QUANTITÉ de minerai produite. | QUANTITÉ de fonte produite. |
|---|---|---|
| | tonnes. | tonnes. |
| 1868 | 2,785,307 | 1,233,418 |
| 1869 | 3,094,677 | 1,459,508 |
| 1870 | 4,072,888 | 1,695,377 |
| 1871 | 4,581,901 | 1,884,239 |
| 1872 | 4,974,950 | 1,968,972 |
| 1873 | 5,435,233 | 1,999,491 |
| 1874 | 5,428,497 | 2,001,233 |
| 1875 | 6,085,541 | 2,047,763 |
| 1876 | 6,571,968 | 2,075,565 |
| 1877 | 6,280,000 | 2,138.378 |

L'analyse qui précède montre que dans la couche de minerai de Cleveland, l'acide phosphorique est représenté par des quantités que l'on peut considérer comme excessives.

Cette substance se décomposant dans le haut fourneau, tout le phosphore qu'elle contient se trouve associé à la fonte. La quantité actuelle d'acide phosphorique qui existe dans le minerai lui-même varie considérablement, et cette irrégularité amène aussi des variations considérables dans la proportion du phosphore qui se trouve combiné avec la fonte. Cette quantité de phosphore varie très-rapidement dans un même fourneau, de sorte qu'à un moment donné le métal peut contenir 1 $^1/_4$ % et bientôt après 1 $^3/_4$ % de cette substance si nuisible.

Les essais de puddlage mécanique auxquels on associe les noms de Danks, de Godfrey et Howson, de Crampton et de Spencer, ont été jusqu'ici accompagnés de difficultés d'un caractère assez sérieux, et jusqu'à présent les résultats, par rapport à l'économie, n'ont pas été très-encourageants. MM. Hopkins, Gilkes et C$^{ie}$ ont cependant continué avec persévérance dans cette voie, poussés qu'ils étaient par l'avantage que possède le puddlage mécanique de per-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mettre plus facilement l'élimination du phosphore; ces messieurs ont ainsi produit des rails contenant comme matières étrangères :

| Silicium. | Soufre. | Phosphore. |
|---|---|---|
| 0,10 | 0,02 | 0,08 |
| 0,00 | 0,02 | 0,07 |
| 0,07 | 0,04 | 0,11 |
| 0,09 | 0,03 | 0,17 |

Cette importance de l'élimination du phosphore de la fonte ne se fait pas sentir seulement pour la production du fer, mais aussi pour celle de l'acier On admet aujourd'hui que ce sera l'acier qui sera principalement employé à l'avenir, tant pour la construction des vaisseaux que pour d'autres objets où la résistance est nécessaire. Inutile de dire que c'est le phosphore contenu dans les fontes du Cleveland qui empêche leur emploi pour l'acier. Aussi les recherches de déphosphoration augmentent-elles encore d'importance. On sait depuis longtemps que l'oxyde de fer, convenablement employé, peut produire cette élimination; mais malheureusement, dans toutes les méthodes ordinaires employées pour séparer la fonte des éléments qui lui sont associés, l'expulsion du phosphore et du silicium s'est toujours trouvée accompagnée par l'expulsion simultanée du carbone. Par cette manière d'agir, avec les températures qu'on emploie ordinairement, le métal perd sa fluidité; après quoi, il devient extrêmement difficile, sinon impossible, de pousser plus loin la séparation du phosphore. On prétend, d'après des recherches récentes, que cette oxydation du carbone et du phosphore n'a lieu simultanément que lorsque la chaleur atteint la température élevée à laquelle elle est maintenue dans les procédés ordinaires de raffinage et de puddlage, ainsi que dans le convertisseur Bessemer et dans les fours Martin-Siemens. En réduisant la température à celle qui suffit à entretenir la fonte à l'état de fluidité, ou à une température même un peu plus élevée, le phosphore, exposé à l'action de l'oxyde de fer fondu, disparaît bientôt, tandis que le carbone diminue si insensiblement que le métal purifié reste à l'état liquide. On a constaté que cette élimination du phosphore peut s'effectuer en dix minutes sur des quantités d'une tonne environ, et là où le carbone n'est réduit que de 8 à 10 %, la perte moyenne du phosphore est de 85 à 95 %. D'après des essais encore récents, des fontes brutes du Cleveland, contenant en moyenne 2.248 % de silicium et 1.448 % de phosphore, auraient comme composition après purification :

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Silicium % | 0,021 | 0,076 | 0,022 | 0,016 | 0,037 | 0,046 |
| Phosphore % | 0,084 | 0,070 | 0,078 | 0,084 | 0,058 | 0,054 |

Nous n'insistons pas sur l'importance considérable de ces résultats.

Citons encore comme renseignements sur les fers produits au four Danks les essais de traction suivants :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Résumé des expériences faites pour déterminer le degré d'élasticité et la résistance à la traction sur six échantillons de fer provenant des usines de MM. Hopkins, Gilles et C^ie, Middlesbroug.*

PUDDLAGE MÉCANIQUE DANKS.

| DESCRIPTION | DIMENSIONS INITIALES. | | RÉSISTANCE | | Proportion du degré d'élasticité à l'extrême résistance à la traction | Contraction. | Degré de résistance par pouce carré de la section rompue. | ALLONGEMENT LONGUEUR 10 pouces. | | Apparence de la racture |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Diamètre. | Surface. | A l'élasticité par pouce carré. | Extrême à la traction par pouce carré. | | | | A 40,000 livres, par pouce carré. | Extrême. | |
| | pouce tourné. | pouce carré. | livres. | livres. | % | % | livres. | % | % | |
| Barre 1 3/8" diamètre. | 1,128 | 1,000 | 24,500 | 56,045 tonnes 25,02 | 43,7 | 52,2 | 117,248 | 3,51 | 27,8 | fibreuse |
| 1 1/2" diamètre. | do. | do. | 23,800 | 54,780 tonnes 24,45 | 43,4 | 49,7 | 108,906 | 3,77 | 26,6 | do. |
| 1 3/4 diamètre. | do. | do. | 22,700 | 56,210 tonnes 25,09 | 40,3 | 49,7 | 111,749 | 3,38 | 29,7 | do. |
| Barre 1 1/4" × 1 1/4". | 0,874 | 0,600 | 23,900 | 55,605 tonnes 24,82 | 42,9 | 51,3 | 114,256 | 3,37 | 28,3 | do. |
| 1 1/2" × 1 1/2" | 1,128 | 1,000 | 22,100 | 53,990 tonnes 24,10 | 40,9 | 49,7 | 107,335 | 3,77 | 31,8 | do. |
| 1 3/4" × 1 3/4" | 1,261 | 1,250 | 21,200 | 55,435 tonnes 24,75 | 38,2 | 49,1 | 108,951 | 3,83 | 30,2 | do. |
| Moyenne. | | | 23,033 tonnes 10.2 | 5 .344 tonnes. 24,7 | 41,6 | 50,3 | 111,407 | 3,60 | 29,1 | |

Parmi les autres produits de l'Angleterre, nous avons à signaler :

Les foyers de chaudières en tôle ondulée de Fox, faits avec les tôles de the Leeds forge Company.

**The Shelton Bar Iron Company, Staffordshire.** — Spécimens de cassures et de pliages.

Qualité best-best, trous percés de 178 m/m de diamètre dans une barre de 76 m/m. — Essais de résistance à la traction, barreaux de 305 m/m.

| MATIÈRES. | RUPTURE. | ALLONGEMENT | CONTRACTION. |
|---|---|---|---|
| Fer à rivets, 19 m/m . . . . . | 41k,3 | 31 % | 47 |
| Fer à boulons, 57 m/m . . . . . | 38 ,7 | 28,2 | 40 |
| Tôle de chaudières, best. best . . . . | 37 ,2 | 13 | 14,5 |
| — épaisseur 18 m/m. . . . . | 38 ,8 | 16,7 | 18,3 |
| Fer à chaîne. . . . . | 39 ,9 | 31,8 | 40,6 |
| Fer cornière. . . . . | 37 | 28,1 | 31,2 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**The Snedshill Iron Company. Shropshire.** — Échantillons de fer courbé à froid et travaillé à chaud.

**Landore-Siemens-Steel Company.** — Fer produit par la méthode directe (ore-process). Un échantillon de minerai exposé se termine en fer forgé.

**John Brown and Company. Atlas Steel and Iron Works.** — Bout coupé d'une plaque de blindage, en fer de 61 centimètres d'épaisseur. Plaque de blindage, système mixte breveté, composé d'une plaque d'acier de 114 m/ d'épaisseur recouvrant une plaque de fer de même épaisseur, essayée avec un canon de 178 m/m de diamètre, 13k,6 de poudre et un boulet Palliser; pénétration d'environ 110 m/m au lieu de 203 dans la plaque de fer exposée à côté et soumise à la même épreuve.

**Ch. Cammell et Cie. Cyclops Steel and Iron Works.** — Morceau de plaque de blindage fer et acier, système breveté A. Wilson; acier 127 m/m, fer 101 m/m, épreuve faite avec un canon de 177 m/m, 13k,6 de poudre et boulet Palliser, distance du tir 21m,350, pénétration 77 m/m. La plaque de fer de 228 m/m a, dans les mêmes conditions, été pénétrée de 110 m/m. Morceau de plaque de blindage en fer de 203 m/ , ayant été soumise au tir de 9 coups de canon, chaque projectile se superposant. Cet essai a valu la mention honorable la plus élevée.

**Bush et de Soyres. Bristol.** — Cylindres trempés.

AMÉRIQUE.

Procédé Dupuy pour la réduction directe des minerais de fer en fer malléable et en acier. Voici la description qu'en donne l'inventeur : Le minerai pulvérisé est mélangé avec du charbon de bois ou du coke, dans des proportions déterminées; on y ajoute en même temps une proportion déterminée des substances nécessaires pour former avec les matières contenues dans le minerai même une scorie non fondante, tandis que le minerai est réduit à une température comparativement basse.

Tous ces matériaux, pulvérisés et mélangés intimement, sont placés dans des boîtes cylindriques en tôle mince pouvant contenir de 50 à 150 kilog. du mélange. Leur forme permettra à la chaleur du four dans lequel elles seront placées d'en transformer le contenu en une masse pâteuse au bout de 5 à 7 heures, après lesquelles on pourra les retirer pour les cingler en une masse solide propre à devenir du fer en barres ou de la tôle; ou bien on les portera directement au fourneau à acier à foyer ouvert en usage actuellement, dans lequel la masse de fer malléable sera débarrassée des scories et convertie en acier.

SUÈDE.

Les usines de Suède, si renommées pour la bonne qualité de leurs produits, exposent une collection très-intéressante de leurs minerais, castines, fontes, fers bruts, fers finis en barres, tôles, fils de fer, etc.

Le comptoir des Forges (Iernkontoret) donne dans un recueil des renseignements des plus intéressants relativement aux expériences de force et de traction sur des tôles suédoises, produites par des procédés divers, c'est-à-dire, fer soudé, acier Bessemer, acier Martin, sur leur comparaison entre elles et avec les produits d'autres pays; nous en extrayons ce qui a rapport au fer :

« Expériences de choc exécutées au moyen d'un mouton.

» Les tôles destinées à subir les essais au mouton furent découpées en disques d'environ 1 mètre de diamètre et fixées à un cadre solide en fer par 36 boulons également en fer disposés sur deux rangs circulaires. Tous les trous furent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forés. Le boulet du mouton pesait 872 kilog. ; il formait à son extrémité inférieure un cylindre du diamètre de 253 $^{m}/_{m}$ à panne arrondie en sphère. Le diamètre intérieur du cadre, auquel se trouvait fixée la tôle, était de 537 $^{m}/_{m}$ ; le rapport entre le diamètre du boulet et la partie de la tôle accessible à la dépression était donc à peu près comme 10 : 21. Dans le but de faciliter la comparaison entre les essais, il fallait déterminer pour les différentes natures de métal une hauteur de chute convenable, qui permît d'obtenir pour toute la série un nombre suffisamment égal de coups avant la rupture des tôles. Les hauteurs de chute furent fixées à $1^{m},50$ pour les tôles de fer contre $4^{m},50$ pour celles d'acier; il résulte des tableaux que les tôles d'acier se brisèrent entre un minimum de 5 coups et un maximum de 9 coups, à une hauteur de chute de $4^{m},50$. La tôle Lancashire suédoise supporta de 7 à 11 coups à une hauteur de $1^{m},50$ et la tôle puddlée suédoise se rompit entre 4 et 6 coups depuis la même hauteur. En employant pour la tôle d'acier suédoise la même hauteur que pour la tôle puddlée, soit $1^{m},50$, la première supportait 25 chocs. On mesurait les dépressions à chaque coup et on cessait les épreuves dès que les tôles montraient le moindre indice de fissure. Le mode de rupture présentait de grandes différences, suivant le degré d'amincissement de la tôle, avant le coup qui produisait la rupture plus ou moins complète; on ne peut en déduire de conclusions relatives à la résistance plus ou moins grande au choc. »

(Voir les tableaux des pages 262, 263, 264.)

**Épreuves d'emboutissage sur des tôles de fer.** — Manière d'opérer. Une plaque circulaire du diamètre de 320 $^{m}/$ , découpée dans la tôle à essayer, a été posée contre un anneau du diamètre intérieur de 200 $^{m}/_{m}$ , puis cintrée à la presse hydraulique par un poinçon à panne semi-sphérique, du diamètre de 50 $^{m}/_{m}$ jusqu'à production d'une fente on d'une fissure.

**Epreuves de ployage sur des tôles en fer.** — Les épreuves de ployage à froid ont été effectuées en ployant la bande de tôle rabotée à une largeur de 80,1 $^{m}/_{m}$ , autour d'un demi-cylindre de l'épaisseur de 28 $^{m}/_{m}$ , soit trois fois celle de la tôle. Après avoir été ployée à un angle approximatif de 180°, la bande était ensuite pressée entre deux surfaces planes jusqu'à ce qu'une fente se déclarât.

*(Voir le tableau de la page 265.)*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Résultats des expériences de choc exécutées sur des tôles en fer au moyen d'un mouton.*

POIDS DU BOULET, 872 KILOGRAMMES.

| NOM DE L'ÉTABLISSEMENT. | PROCÉDÉ de fabrication. | SUIVANT L'ANALYSE CHIMIQUE teneur en | | | | | Epaisseur en millimètres. | Poids spécifique. | PROFONDEUR DE LA DÉPRESSION EN MILLIMÈTRES pour chaque coup, | | | | | | | | | | Hauteur de chute du boulet en mètres. | MODE DE RUPTURE de la tôle. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Carbone. | Silicium. | Phosphore. | Soufre. | Manganèse. | | | 1er coup. | 2e coup. | 3e coup. | 4e coup. | 5e coup. | 6e coup. | 7e coup. | 8e coup. | 9e coup. | 10e coup. | 11e coup. | |
| | | % | % | % | % | % | | | | | | | | | | | | | | |
| Motala . . . . . | Lancashire. . | 0,06 | 0,046 | 0,015 | 0,020 | » | 9,5 | 7,849 | 56 | 77 | 89 | 99 | 108 | 116 | 123 | (1) | | | | 1,5 | Petite fissure. |
| Degerfors . . . . . | — | 0,05 | 0,021 | 0,026 | 0,010 | » | 9,5 | 7,843 | 49 | 70 | 83 | 95 | 102 | 110 | 117 | 123 | 129 | 134 | (1) | 1,5 | Grande — |
| Avesta . . . . . | Puddlage. . . | 0,07 | 0,103 | 0,016 | 0,015 | » | 9,3 | 7,777 | 49 | 67 | 80 | (1) | » | » | » | » | » | » | » | 1,5 | Petite — |
| Surahammar. . . . . | — | 0,05 | 0,078 | 0,021 | 0 | » | 9,4 | 7,817 | 52 | 71 | 85 | 95 | 104 | (1) | » | » | » | » | » | 1,5 | — — |
| Motala . . . . . | — | 0,04 | 0,105 | 0,016 | trace | » | 9,3 | 7,791 | 58 | 77 | 92 | 101 | (1) | » | » | » | » | » | » | 1,5 | — — |
| Terre-Noire . . . . . | Acier doux. . | 0,20 | 0,020 | 0,081 | 0,030 | 0,245 | 9,4 | 7.862 | 76 | 102 | 134 | 145 | (1) | » | » | » | » | » | » | 4,5 | Grande — |
| Best-Yorkshire (*a*). . | Puddlage. . . | 0,07 | 0,066 | 0,094 | 0 | » | 9,2 | 7,766 | 50 | 68 | (1) | » | » | » | » | » | » | » | » | 1,5 | — — |
| — (*b*). . | — | 0,15 | 0,215 | 0,125 | trace | » | 9,0 | 7,729 | 39 | 52 | 62 | (1) | » | » | » | » | » | » | » | 1,0 (2) | Petite — |
| Staffordshire, B.B. . | — | 0,06 | 0,203 | 0,248 | 0,020 | » | 9,3 | 7,629 | (1) | » | » | » | » | » | » | » | » | » | » | 1,0 | — — |

(1) Rupture.
(2) Se brisa au premier coup avec une chute de 1m,50.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Épreuves de traction faites sur diverses tôles de fer.*

| DÉSIGNATION DE L'ESSAI. | SUIVANT L'ANALYSE CHIMIQUE teneur en | | | | BARETTE A ROMPRE. | | Limite d'élasticité en kil. par millim. carré. | Tension élastique en p. 100. | Résistance en kil. par mill. carré de section primitive. | Allongement sur une longueur de 200 mill. en p. 100 | Contraction de la rupture en p. 100 de l'aire primitive | Relation de la limite d'élasticité à la résistance en %. | Résistance en kil. par mill. car. de la sect. de rupture. | TEXTURE DE LA RUPTURE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Carbone. | Silicium. | Phosphore. | Soufre. | Dimensions en millimètres | Section en millim. carrés. | | | | | | | | |
| **Fer suédois.** | % | % | % | % | | | | | | | | | | |
| Åvesta, sens du laminage. . . | 0,07 | 0,103 | 0,016 | 0,015 | 70,3 × 9,1 | 639,73 | 15,6 | 0,0782 | 33,2 | 22,0 | 23,31 | 47,0 | 43,3 | Fibreuse. |
| Åvesta, sens perpendiculaire. | 0,07 | 0,103 | 0,016 | 0,015 | 70,3 × 9,5 | 667,85 | 17,2 | 0,0820 | 32,1 | 8,5 | 9,52 | 53,6 | 35,5 | — |
| Surahammar, sens du laminage. . . | 0,05 | 0,078 | 0,021 | 0 | 70,1 × 9,1 | 637,91 | 10,1 | 0,0555 | 27,8 | 29,5 | 42,16 | 36,3 | 48,1 | — |
| Surahammar, sens perpendiculaire. | 0,05 | 0,078 | 0,021 | 0 | 70,3 × 9,7 | 681,91 | 13,2 | 0,0636 | 31,5 | 12,3 | 14,57 | 41,9 | 36,9 | — |
| Motala, sens du laminage. . . | 0,04 | 0,105 | 0,016 | trace | 70,3 × 9,5 | 667,85 | 15,7 | 0,0800 | 33,6 | 17,0 | 21,41 | 46,7 | 42,8 | — |
| Motala, sens perpendiculaire. | 0,04 | 0,105 | 0,016 | trace | 70,3 × 9,1 | 639,73 | 14,0 | 0,0657 | 29,6 | 9,0 | 10,58 | 47,3 | 33,2 | — |
| **Lancashire suédois.** | | | | | | | | | | | | | | |
| Motala, sens du laminage. . . | 0,06 | 0,046 | 0,015 | 0,020 | 70,3 × 9,5 | 667,85 | 13,4 | 0,0636 | 34,0 | 20,5 | 27,40 | 36,5 | 46,9 | Fibreuse. |
| Motala, sens perpendiculaire. | 0,06 | 0,046 | 0,015 | 0,020 | 70,3 × 9,5 | 667,85 | 14,2 | 0,0635 | 33,7 | 20,0 | 16,17 | 42,1 | 40,1 | — |
| Degerfors, sens du laminage. . . | 0,05 | 0,021 | 0,026 | 0,010 | 70,0 × 9,5 | 665,00 | 15,7 | 0,0755 | 31,2 | 25,5 | 34,17 | 50,3 | 47,5 | — |
| Degerfors, sens perpendiculaire. | 0,05 | 0,021 | 0,026 | 0,010 | 70,3 × 9,5 | 667,85 | 14,9 | 0,0733 | 32,5 | 22,0 | 29,57 | 45,8 | 46,2 | — |
| **Fer étranger.** | | | | | | | | | | | | | | |
| Terre-Noire, acier doux. . . . . | 0,20 | 0,020 | 0,081 | 0,030 | 69,9 × 9,3 | 650,07 | 21,5 | 0,0958 | 44,6 | 25,8 | 53,07 | 48,2 | 95,0 | Dense. |
| Best-Yorkshire, *a* sens du laminage. . . | 0,07 | 0,066 | 0,094 | 0 | 70,2 × 8,8 | 617,76 | 18,6 | 0,0876 | 36,0 | 9,5 | 10,45 | 51,6 | 40,2 | Fibreuse. |
| Best-Yorkshire, *a* sens perpendiculaire. | 0,07 | 0,066 | 0,094 | 0 | 70,3 × 9,4 | 660,82 | 18,9 | 0,0895 | 35,9 | 7,0 | 10,30 | 52,7 | 40,0 | — |
| Best-Yorkshire, *b* sens du laminage. . . | 0,15 | 0,215 | 0,125 | trace | 70,3 × 8,4 | 590,52 | 17,7 | 0,0867 | 38,9 | 9,5 | 12,49 | 45,5 | 44,5 | — |
| Best-Yorkshire, *b* sens perpendiculaire. | 0,15 | 0,215 | 0,125 | trace | 70,3 × 9,4 | 660,82 | 15,1 | 0,0706 | 36,3 | 8,0 | 8,52 | 41,6 | 39,6 | — |
| Staffordshire B. B. sens du laminage. . . | 0,06 | 0,203 | 0,248 | 0,020 | 63,2 × 9,3 | 587,76 | 15,3 | 0,0762 | 34,4 | 8,5 | 7,34 | 44,5 | 37,1 | — |
| Staffordshire B. B. sens perpendiculaire. | 0,06 | 0,203 | 0,248 | 0,020 | 70,3 × 9,3 | 653,79 | 15,2 | 0,0744 | 28,2 | 2,8 | 1,80 | 53,9 | 28,8 | Fibreuse avec quelques facettes. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Épreuves d'emboutissage sur des tôles de fer* (1).

| DÉSIGNATION. | TENEUR en | | Épaisseur de la tôle, mill. | PROFONDEUR DE LA DÉPRESSION EN MILL. AUX CHARGEMENTS SUIVANTS. | | | | | | | | | | | FISSURE à | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Carbone. | Phosphore. | | 1,000 kilog. | 2,000 kilog. | 3,000 kilog. | 5,000 kilog. | 10,000 kilog. | 15,000 kilog. | 20,000 kilog. | 25,000 kilog. | 30,000 kilog. | 35,000 kilog. | 40,000 kilog. | Dépression permanente, mill. | Chargement, kilog. |
| **Tôles de fer puddlé suédois.** | % | % | | | | | | | | | | | | | | |
| Avesta | 0,07 | 0,016 | 9,4 | 0,3 | 1,1 | 2,8 | 8,5 | 18,4 | | | | | | | 19,4 | 11,000 |
| Surahammar | 0,05 | 0,021 | 9,5 | 0,7 | 2,1 | 4,6 | 11,3 | 20,7 | 28,5 | | | | | | 27,0 | 15,000 |
| Motala | 0,04 | 0,016 | 9,6 | 1,1 | 2,1 | 3,5 | 9,1 | 18,7 | | | | | | | 22,7 | 14,000 |
| **Tôles de fer Lancashire suédois.** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Motala | 0,06 | 0,015 | 9,4 | 0,7 | 1,8 | 4,5 | 11,0 | 20,2 | 27,8 | | | | | | 27,6 | 16,000 |
| Degerfors | 0,05 | 0,026 | 9,4 | 0,6 | 1,5 | 2,9 | 9,0 | 18,0 | 26,3 | | | | | | 24,5 | 15,000 |
| **Tôles étrangères.** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Terre-Noire, acier doux | 0,20 | 0,081 | 10,0 | 0,7 | 1,1 | 1,6 | 3,5 | 12,7 | 18,4 | 23,2 | 27,7 | 32,2 | 36,6 | | 36,0 | 37,000 |
| Best-Yorkshire, fer puddlé (*a*) | 0,07 | 0,094 | 9,0 | 0,4 | 1,2 | 2,6 | 7,7 | 17,4 | | | | | | | 17,6 | 11,000 |
| — — (*b*) | 0,15 | 0,125 | 9,2 | 0,7 | 1,9 | 3,8 | 7,2 | 16,1 | | | | | | | 17,0 | 11,000 |
| Staffordshire, B.B. | 0,06 | 0,248 | 9,2 | 1,0 | 2,0 | 3,6 | 9,0 | | | | | | | | 14,9 | 7,000 |

(1) Voir page 261 la manière d'opérer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Épreuves de ployage sur des tôles de fer* (1).

| DÉSIGNATION. | TENEUR EN Carbone | TENEUR EN Phosphore. | Épaisseur de la tôle en millimètres. | Fissure à un ployage de | REMARQUES. Compression au delà de 180 degrés avant l'apparition d'une fissure. |
|---|---|---|---|---|---|
| **Tôles de fer puddlé suédois.** | % | % | | degrés | |
| Avesta, sens du laminage. . . | 0,07 | 0,016 | 9,5 | 180,0 | Assez forte. |
| Avesta, sens perpendiculaire. . | 0,07 | 0,016 | 9,5 | 72,5 | |
| Surahammar, sens du laminage . . . | 0,05 | 0,021 | 9,6 | 180,0 | Assez forte. |
| Surahammar, sens perpendiculaire. . | 0,05 | 0,021 | 9,6 | 180,0 | — — |
| Motala, sens du laminage . . . | 0,04 | 0,016 | 9,2 | 180,0 | — — |
| Motala, sens perpendiculaire. . | 0,04 | 0,016 | 9,6 | 78,5 | |
| **Tôles de fer Lancashire suédois.** | | | | | |
| Motala, sens du laminage . . . | 0,06 | 0,015 | 9,4 | 180,0 | Assez forte. |
| Motala, sens perpendiculaire. . | 0,06 | 0,015 | 9,4 | 180,0 | — — |
| Degerfors, sens du laminage . . . | 0,05 | 0,026 | 9,7 | 180,0 | — — |
| Degerfors, sens perpendiculaire. . | 0,05 | 0,026 | 9,5 | 180,0 | — — |
| **Tôles étrangères.** | | | | | |
| Best-Yorkshire, *a* sens du laminage. . . | 0,07 | 0,094 | 9,1 | 80,5 | |
| Best-Yorkshire, *a* sens perpendiculaire. . | 0,07 | 0,094 | 9,5 | 48,0 | |
| Best-Yorkshire, *b* sens du laminage . . . | 0,15 | 0,125 | 8,9 | 180,0 | Légère. |
| Best-Yorkshire, *b* sens perpendiculaire. . | 0,15 | 0,125 | 9,5 | 62,0 | |
| Staffordshire, B. B. sens du laminage . . . | 0,06 | 0,248 | 9,2 | 51,5 | |
| Staffordshire, B. B. sens perpendiculaire. . | 0,06 | 0,248 | 9,4 | 16,0 | |

AUTRICHE-HONGRIE.

**Exposition de la Société I. R. P. des chemins de fer autrichiens.** — Cette Société de chemins de fer, qui possède des mines, charbonnages, hauts fourneaux, fonderies, forges et ateliers de construction, a une exposition très-complète des différents produits qu'elle fabrique. Citons entre autres choses comme essais de fabrication des soudures de matières de différente nature :

Fer nerveux et fer à grain fin. — Fer nerveux, grain fin et acier puddlé. — Fer nerveux et acier puddlé. — Acier Martin nos 3, 4, 5, 6, 7 et fer nerveux. — Fer nerveux et acier Martin n° 2, puis n° 3, etc., jusqu'à n° 7. — Fer nerveux et acier Bessemer n° 3, puis n° 4, etc., jusqu'à n° 7. — Acier Bessemer nos 3, 4, 5, 6, 7 et fer nerveux. — Fer nerveux, acier Martin nos 2, 3, 4, 5, 6, 7, et acier Bessemer nos 3, 4, 5, 6, 7. — Fer nerveux et acier Pernot. — Acier Pernot et fer à grain. — Acier Pernot et acier puddlé. — Acier Pernot n° 4 et acier Pernot n° 6. — Acier Pernot et acier Bessemer. — Acier Pernot et acier Martin. — Aciers Pernot, Bessemer, Martin et fer à nerf.

Une autre partie très-intéressante de cette exposition est l'ensemble des essais de résistance faits sur ces différentes matières au laboratoire de l'École polytechnique de Munich par M. le professeur Bauschinger, et duquel nous extrayons la partie relative au fer.

(1) Voir page 261 la manière d'opérer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Essais de compression.*

| Fer. | à nerf | à nerf | fin grain | fin grain |
|---|---|---|---|---|
| Forme. | parallélipipède | cylindre | parallélipipède | cylindre |
| Hauteur en centimètres | 7,8091 | 7,8169 | 7,8107 | 7,8118 |
| Section en centimètres carrés. | $3,00 \times 3,00 = 9,00$ | $\frac{1}{4}\pi \times \overline{3,49}^2 = 9,57$ | $2,995 \times 2,995 = 8,97$ | $\frac{1}{4}\pi \times \overline{3,48}^2 = 9,51$ |
| Module d'élasticité, en kilog. par cent. carré. | $\frac{1,333}{0,000618} = 2157000$ | $\frac{1,463}{0,000656} = 2230000$ | $\frac{557}{0,000244} = 2280000$ | $\frac{421}{0,000212} = 1986000$ |
| Limite d'élasticité — — — | 1,333 | 1,463 | 613 | 525 |
| Résistance à la compression — — | 7,300 | 8,900 | 10,000 | 10,000 |

*Essais de traction.*

| Fer. | à nerf | à nerf | fin grain | fin grain |
|---|---|---|---|---|
| Forme de la section | rectangulaire | circulaire | rectangulaire | circulaire |
| Section en centimètres carrés. | $8,02 \times 2,00 = 16,04$ | $\frac{1}{4} . \pi . \overline{2,49}^2 = 4,87$ | $8,02 \times 2.00 = 16,04$ | $\frac{1}{4}\pi . \overline{2,49}^2 = 4,87$ |
| Module d'élasticité | 2,118,000 | 2,213,000 | 1,971,000 | 2,055,000 |
| Limite d'élasticité. | 1,184 | 1,070 | 873 | 460 |
| Résistance à la traction. | 4,037 | 3,720 | 5,112 | 4,118 |
| Contraction à la rupture % | 35 | 53 | 19 | 35 |
| Allongement % | 29,4 | 21,6 | 16,3 | 27,9 |
| Aspect de la cassure. | régulièrement à nerf | régulièrement à nerf | à grain avec une place nerveuse | régulièrement fibreuse. |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Complément des essais de traction.* — Barres longues rondes, pour déterminer la résistance à la traction et l'homogénéité de la matière.

Diminution de la section entre les points de division 0 à 17, écartés l'un de l'autre de 25 $^{c}/_{m}$ et formant une longueur totale essayée de $4^{m},250$, et allongement de ces divisions mesurées respectivement en $^{0}/_{0}$ de la section primitive et en $^{0}/_{0}$ de la longueur initiale :

| POINTS de division. | FER A NERF | | FER A GRAIN FIN. | |
|---|---|---|---|---|
| | Diminution de section. | Allongement de la division. | Diminution de section. | Allongement de la division. |
| 0 | 6,6 | 16,5 | 8,4 | Rupture 32,1 |
| 1 | 10,8 | 10,7 | 16,4 | 13,7 |
| 2 | 8,9 | 9,9 | 9,4 | 9,2 |
| 3 | 8,9 | 10,3 | 8,2 | 7,8 |
| 4 | 9,7 | 11,3 | 7,0 | 6,8 |
| 5 | 9,7 | 14,6 | 5,9 | 5,8 |
| 6 | 14,2 | 16,6 | 5,9 | 6,3 |
| 7 | 14,2 | 21,6 | 5,9 | 5,8 |
| 8 | 14,6 | 18,4 | 5,9 | 5,3 |
| 9 | 14,2 | Rupture 33,4 | 5,1 | 5,0 |
| 10 | 20,1 | 23,3 | 5,1 | 5,2 |
| 11 | 23,6 | 25,5 | 5,1 | 5,0 |
| 12 | 19,7 | 19,0 | 5,1 | 5,0 |
| 13 | 12,5 | 13,4 | 5,1 | 4,6 |
| 14 | 9,7 | 12,8 | 5,1 | 4,2 |
| 15 | 12,5 | 14,2 | 5,1 | 4,0 |
| 16 | 12,8 | 15,0 | 4,3 | 3,6 |
| 17 | 11,9 | | 4,3 | |
| | Rupture à. . . . 3,380 kil.<br>Contraction. . . 52,2<br>Allongement . . 16,9 | | Rupture à. . . . 3,390 kil.<br>Contraction. . . 52,4<br>Allongement . . 7,6 | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Essais de flexion.*

| Fer | à nerf | à nerf | fin grain | fin grain |
|---|---|---|---|---|
| Section | rectangulaire | circulaire | rectangulaire | circulaire |
| Module d'élasticité | 2014000 | 2080000 | 2067000 | 2031000 |
| Limite d'élasticité | 900 | 1201 | 1500 | 1373 |
| Résistance | 5897 | 7054 | 7486 | 6995 |
| Flèche | 24,5 | 18,45 | 22,02 | rompue |
| Corde | 98,0 | 104,25 | 100,8 | » |
| Longueur initiale | 110 | 110 | 110 | » |

*Essais de torsion.*

| Fer | à nerf | à nerf | fin grain | fin grain |
|---|---|---|---|---|
| Section | carrée | circulaire | carrée | circulaire |
| Module d'élasticité | 742000 | 889000 | 787000 | 873000 |
| Limite d'élasticité | 700 | 700 | 633 | 700 |
| Résistance | 4336 | 3709 | 4375 | 3405 |
| Torsion après rupture pour longueur de 40 c/m. | 251° | 328° | 160° | 126° |

RUSSIE.

Parmi les produits exposés dans la section russe par M. le prince Demidoff et les héritiers Jacovleff, nous avons à signaler les tôles minces renommées par la solidité et l'adhérence du vernis noir que leur donne le mode de fabrication. Le procédé consiste, paraît-il, en un corroyage sous les cylindres suivi d'un martelage en paquets avec interposition de poussier de charbon.

ESPAGNE.

**Duro y Compania, Guilhoa.** — Essais à chaud de fer de bonne qualité. — Ybarra y Compania de Bilbao.

Deux dessins représentent les puissants gîtes de minerai de Esperanza et de San Miguel à Somorrostro.

Échantillons de fer qualité Suède; épreuves à froid et à chaud, modèle du four Chenot pour produire l'éponge de fer. Éponge de fer; fer forgé obtenu directement d'un seul morceau de minerai, le bout est travaillé en fer à cheval.

Ces échantillons indiquent assez la bonne qualité de ces minerais qui se répandent aujourd'hui en si grande quantité dans tous les pays métallurgiques.

Ybarra exploite 150,000 tonnes par an, dont :

| | | |
|---|---|---|
| L'Espagne consomme | . . . . . | 28 % |
| L'Angleterre | — . . . . . | 40 |
| La France | — . . . . . | 25 |
| La Belgique | — . . . . . | 7 |

ANCEAU.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LA MÉTALLURGIE

## LE FER, L'ACIER, LA FONTE, LES MÉTAUX PRÉCIEUX, ETC.

PAR MM. ANCEAU, DALIFOL, DELAPORTE, DUFRENÉ ET DUPUIS.

## INTRODUCTION [1]

PAR M. HECTOR DUFRENÉ, INGÉNIEUR CIVIL.

Appliquées d'une manière générale à des périodes successives nettement caractérisées, les dénominations d'âges de pierre, de bronze et de fer constitueraient une fâcheuse classification si elles devaient être prises au pied de la lettre. Il est aujourd'hui incontestable qu'en se développant, l'industrie ne s'est point propagée d'une manière uniforme sur la surface du sol habité. Grâce à un sol privilégié, à certaines aptitudes spéciales, il put se former, dans la haute antiquité, des centres de production métallurgique loin desquels se développaient, sous l'influence d'une nature plus avare ou de moyens plus bornés, des agglomérations comparativement privées des bienfaits d'une industrie féconde.

En portant les produits des mines et des fourneaux parmi les peuplades inhabiles disseminées au loin, ou habitant des pays privés des richesses minérales, le commerce répandit avec eux de vagues récits sur les procédés mystérieux à l'aide desquels les métaux pouvaient être obtenus, et de sombres légendes sur les hommes, les nains cruels, les génies puissants, les dieux souterrains qui étaient en possession des secrets de la métallurgie. Mais le besoin d'acquérir les métaux éveilla de bonne heure, chez les populations voisines des antiques centres où travaillaient ces hommes redoutés, le désir de participer à leurs richesses et de s'approprier leurs secrets. Aussi l'exportation des produits finit-elle par amener la propagation des procédés, et l'appauvrissement des gîtes primitifs, la découverte de nouveaux centres métallifères, la nécessité d'employer certains métaux exclusivement fournis par des contrées éloignées, entraînèrent dans les conditions économiques de la production et du commerce de la métallurgie, des changements successifs dont l'importance, au point de vue politique, ne saurait être méconnue. Dès que les progrès de l'industrie permirent d'exploiter des minerais jusqu'alors laissés à l'écart, soit que le traitement en fût trop difficile, soit que leurs caractères extérieurs en fissent méconnaître la nature, la surface exploitée s'agrandit et la métallurgie, livrant ses secrets à un plus grand nombre d'hommes, devint une source de richesses pour un plus grand nombre de pays. Les corporations restées jusqu'alors les

(1) Cette introduction devait précéder les chapitres déjà publiés de l'article métallurgie, nous en avons reçu trop tard la copie pour l'insérer à la place qu'elle devient occuper.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dépositaires des procédés transmis par la tradition finirent par essaimer elles-mêmes, et vinrent apporter leur part de travail dans le défrichement industriel de la partie du sol restée jusqu'alors infertile.

Ce sont là les faits tels que nous les révèle l'étude de l'histoire, des traditions, de l'archéologie, mais l'histoire ne nous dira jamais les noms de celui qui alluma le premier feu, de celui qui fondit les premières parcelles des métaux natifs, de celui qui réduisit le premier les oxydes ou les sulfures.

C'est en vain que les écrivains anciens nous ont transmis des dates certaines pour quelques-unes des découvertes métallurgiques : aucun des monuments épigraphiques ne nous a livré les secrets de la chronologie industrielle ; à quelque époque que l'histoire ancienne puisse nous permettre de nous reporter, les métaux sont depuis longtemps en usage.

Les volcans, les incendies allumés par la foudre, les combustions spontanées et quelques autres phénomènes de ce genre, éveillèrent dans l'esprit des premiers hommes l'idée de *feu* que la sensation de la chaleur solaire rendait pour eux inséparable de l'idée de *lumière*. En voyant que le sol pouvait reproduire les phénomènes dont le ciel leur offrait le merveilleux spectacle, ils eurent naturellement le désir de provoquer eux-mêmes la production de la chaleur et de s'en approprier les bienfaits.

La métallurgie ne pouvant se faire sans l'application de hautes températures, a dû être précédée de la découverte du feu et la fusion a sans doute été, dans cet ordre d'idées, la première opération connue. Elle s'est appliquée à l'or d'abord, au cuivre ensuite et peut-être à l'argent, les seuls métaux qui se rencontrent à l'état natif avec une abondance permettant de les utiliser.

L'*or* a été incontestablement le premier métal connu : son éclat, sa densité, l'abondance relative avec laquelle il est disséminé dans les alluvions, dans le lit des rivières, dans les roches quartzeuses, la facilité avec laquelle on le recueille ne laissent aucun doute sur le rang que nous devons lui assigner dans l'ordre des découvertes métalliques. Les mêmes motifs nous paraissent concluants pour déterminer la date relative à laquelle on commença à utiliser le cuivre natif et *l'argent*. A l'égard de ce dernier métal cependant, nous devons dire que sa rareté à l'état natif coïncide avec une moins grande abondance dans les trouvailles archéologiques comme dans les documents écrits. Il n'apparaît dans l'histoire avec une certaine profusion qu'au moment où les hommes, par suite des progrès de l'industrie, purent largement puiser dans les minerais plombifères pour se le procurer.

**Cuivre.** — Le cuivre n'a été que peu employé à l'état de pureté, c'est surtout ses alliages avec l'étain, ou le bronze, et plus tard avec le zinc, ou le laiton, qui furent employés pour la fabrication des armes et des outils.

Mais il est fort difficile, parmi la multitude des noms que l'antiquité nous a légués, de distinguer ceux qui appartiennent au cuivre, au laiton ou au bronze; cependant la couleur rouge du cuivre pur a frappé les anciennes populations et nous en trouvons la trace principalement dans le sanscrit où les mots *tâmra* (rouge), *markatâsya* (bouche de singe), *lôhitayas* (métal rouge) désignent incontestablement le cuivre, tandis que les mots *pittala* (bile), *sûryâhwa* (qui appelle le soleil) semblent devoir s'appliquer au laiton.

Le *bronze* se rencontre partout dans les fouilles archéologiques comme dans les documents historiques relatifs aux anciennes civilisations de la *Chaldée*, de l'*Assyrie* et de l'*Egypte*. Les listes des dépouilles des peuples vaincus, la nomenclature des tributs des nations asservies, mentionnent toujours des quantités considérables de cuivre ou de ses alliages. Le *Chou-King*, histoire des anciennes dynasties chinoises de 2200 à 1000 ans avant Jésus-Christ, révèle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'abondance de ce métal (1). Les bronzes trouvés dans les pyramides, l'exploitation des mines du *Sinaï*, qui remonte à plus de 4000 ans avant notre ère, les découvertes faites dans les tombeaux de l'antique *Chaldée*, reportent l'emploi du cuivre, historiquement constaté, à la limite même à laquelle remontent les documents écrits.

La *Bible* le mentionne dans ses premiers documents : pour l'auteur de la Genève la découverte des métaux était déjà légendaire et attribuée à *Tubal Caïn* (2) six générations après Caïn. Pour la construction du tabernacle il en fut demandé aux Israëlites plus de 3,000 kilog (3). Au temps des rois la tribu d'*Aser*, située près du Carmel, s'adonna à la métallurgie; le voisinage de la Phénicie et l'exemple de son industrie furent certainement les motifs qui conduisirent les descendants d'Aser à exploiter les minerais du *Liban* et du *Carmel*.

Les Phéniciens furent en effet dans l'antiquité les plus grands commerçants et les plus habiles métallurgistes du monde; partout nous les voyons se faire les propagateurs du bronze, ils en recherchent les minerais, ils en extraient le métal pour le vendre ou l'échanger jusqu'aux extrémités du monde alors connu.

L'industrie du cuivre remontait chez les Romains aux premiers temps de leur histoire; le troisième collége d'ouvriers établi par *Numa* (4) était celui des fondeurs en cuivre; ils avaient sans doute appris leur art des Étrusques leurs voisins, qui remplissaient à l'occident de la Méditerranée le rôle industriel que jouaient les Phéniciens à l'orient.

Les meilleurs cuivres étaient ceux de *Campanie*, de *Bergame*, de *Cordoue* et surtout ceux de *Chypre* (5), dont les mines avaient été découvertes par *Cinyra* fils d'*Agriopas*; les fonderies d'*Egine* étaient renommées, ainsi que celles de *Tarente* (6). Le cuivre de Chypre, très-malléable, se réduisait facilement en feuilles. On estimait la chaudronnerie de la Campanie, et c'était à *Capoue* que se fabriquaient les meilleurs vases au marteau. Le cuivre de *Gaule*, sans doute mal fabriqué, était noir et cassant.

Le minerai le plus employé était le carbonate, souvent associé à la calamine. On obtenait par une simple réduction dans un four à manche soit du cuivre soit du laiton. D'après *Posidonius* (7), dans l'Espagne méridionale, le minerai était tellement riche que le métal représentait le quart de la masse extraite; le même fait est attesté par *Diodore* (8).

A *Chypre*, au moins dans la plupart des usines, le cuivre devait renfermer du zinc, car *Pline* parle de l'oxyde blanc qui se rassemblait au sommet des fourneaux (9). On l'utilisait en médecine sous le nom de *Cadmie*, dérivé de *Cadmus*, trace de l'origine phénicienne de la métallurgie du cuivre.

Les anciens chez lesquels le bronze tenait la première place parmi les métaux usuels, en avaient amassé une quantité prodigieuse pour la décoration de leurs maisons, de leurs places et de leurs temples. L'airain remplaçait encore le fer sous l'empire dans presque toutes ses applications. Aussi la quantité de bronze trouvée à Rome et ailleurs par les barbares, alimenta-t-elle leurs besoins pendant une longue période, durant laquelle l'art de la métallurgie tomba en pleine décadence. La reprise de cette branche d'industrie se fit attendre jusqu'à l'époque où les Arabes vinrent se placer à la tête de la civilisation.

Les anciens n'avaient exploité que des minerais facilement réductibles, mais il arriva que l'épuisement des premiers filons exploités les força d'avoir

(1) De Mailla, *Histoire de la Chine*, XIII, p. 296. — (2) *Gén.* IV, 22. — (3) *Ex.* XXX, 13. — (4) Pline XXXII, 1. — (5) Pline XXXVIII, 2. — (6) Pline XXXIV, 5. — (7) Strab. III, 9. — (8) Diod. Sicul. l. V, XXXVI. — (9) Pline XXXIV, 33.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

recours aux sulfures dont la réduction est une opération encore aujourd'hui délicate. Sans pouvoir préciser l'époque où l'on découvrit les procédés qui permirent d'exploiter les pyrites, on peut dire qu'elle est antérieure au IXe siècle.

Les mines de *Thuringe* étaient exploitées sous Charlemagne, celles du *Harz* ne furent ouvertes qu'en 968. Au XIVe siècle celles de l'*Erzgebirge* étaient en pleine prospérité ; au XIVe les Anglais apprenaient des Allemands à tirer part des riches filons du *Cornwall;* l'*Autriche* tenait le premier rang par sa production, la *Saxe* le second; les cuivres du pays de *Mansfeld* enrichissaient ses comtes ; enfin la guerre de trente ans, en bouleversant l'Allemagne, en fit fermer les mines et détourna au profit de l'Angleterre le bénéfice des exploitations et du commerce des cuivres.

**Plomb.** — La facilité avec laquelle les minerais de plomb peuvent être réduits est la cause probable de l'antiquité de la découverte de ce métal.

On en a trouvé dans les sépultures de la *Chaldée* et de l'*Egypte* des spécimens remontant au XXe siècle avant Jésus-Christ, *Job* le mentionne comme une chose usuelle (1). Les Phéniciens, qui l'employaient souvent en guise d'ancre pour amarrer leurs navires, le tirèrent de l'Espagne méridionale après la fondation de *Gadès*. Dans *Homère*, la forte densité du plomb est remarquée (2) de même que son peu de résistance; la lance d'*Iphidamas* plie *comme du plomb* sur la lame d'argent du bouclier d'*Agamemnon* (3). Son emploi ou plutôt celui de son sulfure pour vernir les poteries était connu au temps de *Salomon* (4). Le plomb ne semble pas avoir eu une valeur vénale fort considérable dans l'antiquité, mais il était recherché surtout à cause de sa teneur, quelquefois importante, en argent. Les minerais argentifères du *Laurium* en Grèce ont donné longtemps d'excellents produits, ses scories sont encore exploitées aujourd'hui, ceux de *Carthagène* employaient dans les derniers temps de la République romaine 40,000 esclaves et rapportaient 25,000 drachmes par jour (5).

La coupellation a été connue à une haute antiquité. *Jérémie* y fait allusion d'une manière assez claire (6); *Strabon* et *Diodore de Sicile* la décrivent (7); suivant *Pline*, le minerai était soumis à deux opérations : le résultat de la première était nommé *Stannum*, mot qui semble désigner le plomb argentifère ou *plomb d'œuvre*; le produit de la seconde était l'argent, et il restait la *galène* ou *molybdène* (8), c'est-à-dire la litharge, laquelle fondue de nouveau donnait du plomb métallique avec un déchet des deux dixièmes (9).

Suivant le même auteur, le plomb n'était nulle part aussi abondant qu'en Espagne; la mine de *Santare* en *Bétique* était affermée 200,000 fr. par an, la mine *Antonienne* produisait 180,000 kilog. de plomb annuellement (10).

Pendant tout le moyen âge, l'extraction du plomb fut assez active et les applications devinrent nombreuses. Les perfectionnements apportés au procédé de la coupellation amenèrent à traiter pour argent des plombs de moins en moins riches, et il arriva cette circonstance singulière qu'on put coupeller avec avantage les couvertures des vieux bâtiments : on ne manqua pas de dire que le temps les avait enrichis.

Les mines de plomb situées sur notre territoire furent exploitées d'une manière assez avantageuse aux XIVe, XVe et XVIe siècles, principalement dans les *Vosges*, la *Nièvre*, etc. La plus grande partie de ces mines furent abandonnées dans la deuxième moitié du XVIIIe siècle.

(1) Job. XIX, 24. — (2) Hom. *Il.* XXIV. — (3) Id. Ibid. XI. — (4) Prov. XXVI, 23. — (5) Strab. III, 10. — (6) Jérém. VI, 29. — (7) Diod. Sicile III, 19. — (8) Pline XXXIV, 53. — (9) Pline XXXIV, 47. — (10) Id. Ibid, 49.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En 1623 *Gomeldon* imagina le traitement de la galène à la houille, puis vinrent successivement le procédé de séparation inventé par *Pattinson* en 1823, l'enrichissement au moyen du zinc dû à *Parkes* en 1850, et beaucoup d'autres que nous ne pouvons citer ici.

**Etain.** — Dans la haute antiquité l'étain a été plus précieux, ou tout au moins plus utile que l'or. C'est avec ce métal seul qu'on pouvait obtenir le bronze, c'est-à-dire des armes et des outils. Le cuivre était abondant sur le territoire alors connu et habité, tandis que l'étain ne se rencontrait qu'en peu d'endroits; aussi l'exploitation des gîtes stannifères et le transport du métal sont pour l'historien des sujets d'étude d'une grande importance. L'*Indou-Kousch* et le *Caucase* étaient alors les deux seuls points d'où pouvaient rayonner l'étain dans les pays situés plus à l'occident, et principalement dans les vallées de l'*Euphrate*, du *Tigre* et du *Nil*. Nous pouvons en conclure qu'à l'époque des pyramides, c'est-à-dire plus de 4000 ans avant Jésus-Christ, un actif commerce avait lieu entre les cités égyptiennes du *Delta* et les gorges du pays de *Bamian* où l'*Hilmend* prend sa source, ou les vallées escarpées des contreforts du *Caucase* alors habitées par les *Caspiens*, le *Tibaréniens*, les *Moschiens*, peuples de mineurs et de métallurgistes.

Au temps d'*Homère*, l'étain avait encore conservé sa valeur et servait d'ornement comme l'argent. *Vulcain* l'entremêle à l'or sur le bouclier d'*Achille*; les Cnémides du héros sont fabriquées avec le flexible étain.

C'est vers le temps de la guerre de *Troie* que les *Tyriens* découvrirent les mines d'étain du nord de l'Espagne, dont l'abondance les dispensa de la navigation difficile de l'*Euxin*. Cette exploitation durait depuis 500 ans quand leur esprit d'aventure, ou peut-être l'épuisement des mines d'*Ibérie*, les amena à découvrir le gîsement d'étain de la côte du *Cornwall*, environ un siècle avant la fondation de *Marseille*.

Un autre peuple, les *Étrusques* (ou les Pelasges), jouissait de cet avantage incomparable de posséder chez lui à la fois des gisements de cuivre et des filons d'étain. Il est incontestable que ce fait a dû considérablement faciliter l'extension de leur commerce extérieur, et qu'il peut expliquer dans une certaine mesure la profusion des objets de fabrication étrusque que les fouilles nous révèlent aujourd'hui, à une distance considérable de leur lieu d'origine.

La découverte des mines du *Cornwall* ne s'est pas faite tout d'un coup, il est probable que les Phéniciens y furent amenés par suite de leurs progrès successifs en géographie et de leur commerce d'échange avec les naturels de la Gaule. En effet, nos ancêtres ont exploité sur notre sol des mines d'étain dont les gîtes principaux, depuis la *Creuse* jusqu'à la *Bretagne*, jalonnent la route de la Méditerranée aux Iles-Britanniques.

Quoi qu'il en soit, depuis un point situé à l'embouchure de la *Vale (Falmouth, Ikta, Ictis, Vectis*, etc.), les navires *Vénetes* (1) portaient l'étain au havre de *Gobestan* (le port de l'étain, en Armoricain *Gob-estan*). Là ce métal gagnait la *Loire*, la *Saône* et le *Rhône* et arrivait à *Narbonne* en 30 jours (2). C'était un commerce d'échange, et les *Bretons* du Cornwall, en donnant leur étain, recevait le cuivre qu'ils ne savaient pas extraire alors des minerais si riches de leur propre pays. Les historiens arabes du moyen âge mentionnent encore ce commerce, et il est probable qu'il se continua de la même manière jusqu'à ce que les mines d'Allemagne fussent exploitées.

Les Tyriens avaient caché aux Carthaginois l'existence et la route des mines du Cornwall, c'est *Himilcon* qui découvrit l'une et l'autre. Les Carthaginois ne

(1) Strab. IV, 1. — (2) Diod. Sicul. V, XXII.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les divulguèrent pas davantage aux Grecs, mais ceux-ci finirent aussi par les trouver et nommèrent « *Cassitérides* » les *Scilly* ou *Sorlingues*, où la renommée plaçait les filons d'étain.

Cependant au temps de Pline, les mines de *Lusitanie* et de *Galice* étaient encore exploitées, et le naturaliste latin décrit fidèlement la nature du minerai et le mode de réduction (1). Agricola en parle aussi, et de nos jours encore, l'Espagne et le Portugal produisent quelques tonnes d'étain.

L'étain d'Allemagne ne parut pas sur le marché avant le XII^e^ siècle, mais son abondance fut telle qu'il se vendit jusqu'en Angleterre. Au XVI^e^ siècle, le prix de ce métal vint à baisser par suite de l'arrivée de l'étain de Malacca et de Banca. A notre époque l'étain d'Australie est venu apporter un nouvel élément de concurrence. Mais c'est surtout en Asie, sur un territoire immense, qui comprend *Malacca*, *Siam*, le *Tenasserim*, la *Birmanie*, que l'oxyde d'étain, de roches ou d'alluvion, est abondamment répandu. L'exploitation de ces mines sur une large échelle ferait baisser de moitié le prix de l'étain en Europe.

**Zinc.** — Le mot zinc vient de l'allemand *zink*, lequel a lui-même pour origine *zinn*, étain. Contrairement à une opinion assez répandue, le zinc était connu des anciens. Wilkinson dit qu'on a en trouvé dans des sépultures égyptiennes, quoique le fait ne soit pas bien prouvé ; mais M. *Salzmann* a trouvé dans les ruines de *Camiros*, détruite 500 ans av. J.-C., des bracelets creux remplis de zinc (2). Les Grecs le nommaient Ψευδάργυρος ou *faux argent*. M. Rossignol a démontré la véritable signification de ce mot dans un passage controversé de *Strabon* (3). *Savot* dit que de son temps on faisait du laiton avec du *calaem*, ou *speautre* venant des Indes, ce speautre (cf. anglais *spelter*, zinc) n'est autre chose que le zinc, et le mot *calaem*, comme *calamine*, a pour racine un mot malais *Kalang* qui signifie *étain* et qui, s'il n'est pas une onomatopée, vient du sanscrit *kal*, résonner.

*Erasmus Ebener* montra en 1550 qu'on pouvait employer les vapeurs de zinc condensées au haut de certains fourneaux pour la fabrication du laiton ; mais le zinc métallique lui-même n'apparaît en Occident qu'avec *Paracelse*, qui le donne comme un métal fragile venant de *Carinthie*. *Agricola* le nomme *liquor candidus* (4). En 1617, les ouvriers en faisaient de petits lingots qu'ils vendaient à leur profit.

*Henkel* est le premier qui l'obtint directement de la calamine en 1741, et *Anthony von Swab*, celui qui le distilla le premier en 1742. En 1743, *Champion* monta à Bristol la première usine régulière ; il tirait le métal d'un minerai jusqu'alors inutile nommé *black-jack*, *mock-jock* et *lapis calaminaris*. En 1780, *Sanderson* parvint à l'extraire de la blende. Ses usages restèrent très-bornés jusqu'en 1805, époque à laquelle *Sylvester* trouva le moyen de le laminer en le chauffant à 100 ou 150°. Ses applications sont alors devenues innombrables et sa production n'a cessé de croître.

**Fer.** — Nous avons dit plus haut que la connaissance du fer remontait au delà des temps historiques. Les documents écrits eux-mêmes le font penser ; ainsi le fer *baa* est mentionné dans le *rituel funéraire* comme ayant servi au temps de la IV^e^ dynastie à tracer des inscriptions. Les *védas* mentionnent les haches de fer, les pointes de fer des flèches, les villes de fer des *Dasyous* (5).

La forge, considérée comme l'opération par laquelle on produit les métaux et principalement le fer, a toujours été considérée comme la plus haute expres-

(1) Pline XXXIV, 47. — (2) *Revue Archéol.*, vol. IV, p. 472. — (3) Strab. VIII, 7. — (4) *Agricola, de re métal.*, l. IV. — (5) *Rig-Véda*. — Sec 2, hymn XII, *cl.* 8.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sion du travail, et, dans l'antiquité, les mots qui en expriment l'idée sont en grande partie dérivés des racines qui désignent la main, le travail, la création. Ainsi en hébreu, *hhărach* signifie forger et travailler; *qaïn*, qui est aussi arabe, indique celui qui produit les métaux et signifie aussi créer; en sanscrit, *karmakara* (litt. celui qui fait une chose laborieuse) est l'épithète du métallurgiste. Notre mot *forge* lui-même dérive du latin *fabrica* par une transformation régulière, et ce mot *fabrica* qui est repoussé par Quintilien comme étant un néologisme de son temps, est sans doute un mot technique, un mot sorti des ergastules, une corruption du grec ὀφιζον, du latin *ops*, *opus*, *operis*, avec l'acception d'*œuvre*, de *travail*.

Il est possible que les masses de fer météorique aient été exploitées avant les minerais : certaines traditions semblent le faire supposer; mais ce serait une erreur de s'appuyer, pour le prouver, sur la structure des mots anciens qui le désignent. Ces mots, et en particulier le grec σίδηρος, ne visent que le phénomène de réflexion lumineuse; il est aisé de s'en convaincre en comparant ensemble un grand nombre de mots exprimant l'idée de métal sans explication possible d'une origine sidérale.

Le tableau qu'Homère trace de la civilisation matérielle de son temps, ou de quelques siècles avant lui, nous montre la fusion de ce qu'on a appelé l'âge de bronze et de l'âge de fer. Il décrit les haches de fer et la manière de les tremper (1), en même temps qu'il montre l'enclume, le marteau, les tenailles de bronze du batteur d'or *Laercée* (2).

Dès le IXe siècle, les *Clazoméniens* et les *Spartiates* se servaient de monnaie de fer, 10 mines pesaient environ 800 kilog. On peut conclure de là que le fer valait à peu près à cette époque 1 franc le kilogramme. *Théodore de Samos* trouva, dit-on, l'art de fondre le fer, et *Glaucus de Chio* celui de le souder. Hérodote parle le premier du soufflet de forge (3).

Les *Chalybes* vivaient de la fabrication du fer (4), c'étaient des métallurgistes habiles; on donna plus tard leur nom à l'acier. Ils employaient sans doute des minerais à gangue calcaire, car ils employaient comme fondant du silex broyé (5).

En 390, les Romains, dont les casques étaient alors en bronze, ne purent résister aux coups des épées de fer, non trempées cependant (6), des *Gaulois*; aussi le désastre de l'*Allia* les amena-t-il à adopter les casques de fer.

On estimait le fer de la *Sérique*, celui des *Parthes*, de l'*Inde* et de la *Norique*. *Bilbilis*, *Turiasso* et *Côme* étaient renommées pour la fabrication des outils en fer et en acier. Les meilleurs minerais étaient ceux de l'île d'*Elbe*, des environs de *Carthagène*, de *Meroe*.

Dans les Gaules les forges étaient nombreuses il y a deux mille ans : M. *Quiquerez* a retrouvé de nos jours dans le *Jura* de nombreux vestiges de fourneaux marchant sans soufflerie, et remontant à une époque sans doute encore plus reculée. On citait les fers des *Bituriges-Cubes* et des *Pétrocoriens* (7). Les *Venetes* en faisaient des chaînes pour la marine (8), les *Bretons* de la monnaie, les *Celtibériens* des épées renommées, les *Gaulois* des cottes de maille (9).

Il y a tout lieu de croire que, dans le plus grand nombre des cas, les procédés employés pour la réduction des minerais de fer devaient se rapprocher des méthodes catalane, corse, etc. On a trouvé dans les ruines d'anciens ateliers (10), des masses de fer spongieux, ayant beaucoup de ressemblance avec celles qui

(1) Hom., *Il.* XXIII, *Od.* IX. — (2) id. *Od.* III. — (3) Hérod., I, LXVIII. — (4) Xénophon. *Anab.* V. — (5) De Mirab. *Ausc.* XIIX. — (6) Polyb. l. II, XXX. — (7) Strab. IV. 2. (8) César *de-bel-gal*, III. — (9) Vavon, IV, 20. — (10) *Acad. des insc.*, vol. XVLI. p. 513

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont produites par ces méthodes dans l'Ariége, en Catalogne, en Kabylie, etc. Cependant quelques passages des auteurs anciens semblent faire croire que la transition du minerai au fer par la fonte n'était pas inconnu (1).

Diodore de Sicile explique ainsi la méthode suivie à l'île d'*Elbe*. « Les ouvriers, » dit-il (2), brûlent la mine dans des fourneaux construits avec art; ils la fondent » au milieu d'un feu violent, et partagent la fonte en plusieurs pièces de même » dimension ayant la forme de grosses éponges. » On transportait le fer brut à *Poplonium* sur la côte ou à *Pouzzoles*, où on le corroyait pour en faire des outils.

Il est difficile de déterminer l'époque où la fabrication du fer scindée en deux parties permit à l'affinage régulier de la fonte d'être, pour la première fois, régulièrement pratiqué. On constate toutefois au VIII^e^ siècle, en *Styrie*, l'existence de fourneaux de deux mètres environ de hauteur, servant sans doute à produire en petite quantité de la fonte d'affinage. Au X^e^ siècle, en *Saxe*, en *Bohême*, en *Espagne*, la fonte est produite sur une assez vaste échelle, mais destinée encore exclusivement à l'affinage; on ne commença à la mouler qu'au XIII^e^ siècle dans les *Pays-Bas*, au XIV^e^ siècle en *Angleterre*, en 1445 en *Alsace* où on signale des poëles de fonte.

Il nous est parvenu un petit poëme latin écrit en 1517, où le fils d'un maître de forge français, *Nicolas Bourbon*, décrit assez bien la fabrication du charbon, la conduite du haut fourneau et l'affinage au petit foyer, les soufflets en peau de bœuf sont mûs par une roue hydraulique, le marteau à cingler est celui qui a servi jusqu'à ces dernières années.

Le premier haut fourneau anglais fut installé en 1540; un siècle après on se plaignait déjà du ravage produit dans les forêts par les demandes croissantes de bois pour les forges. Plusieurs lois furent édictées pour y mettre un terme, notamment en 1584, du temps d'*Elisabeth*.

En 1612, *Simon Sturtevant* proposa la substitution de la houille au bois, d'après la brochure qu'il publia à cette époque (3), il y avait alors en Angleterre 800 forges qui dépensaient en moyenne pour 300 livres sterling de charbon de bois. *Rovenzon*, *Gombleton*, *Jorden* suivirent la voie ouverte par Simon Sturtevant, mais sans succès pratique. Ce ne fut qu'en 1620 ou 1621, que *Dud-Duldey* réussit à faire du fer marchand avec la houille; il le vendait 12 livres sterling la tonne, et admettait qu'un haut fourneau, donnant 15 à 20 tonnes par semaine, consommait, avant l'adoption de son procédé, deux cordes ou charges de charbon par tonne de fonte produite.

C'est vers cette époque qu'on commença à se servir des soufflets à pistons en bois, inventés en 1620 par l'évêque de *Bamberg*, et répandus dans le *Harz*. La trompe fut découverte en Italie en 1640, et remplaça dans les forges catalanes, où on la trouve encore, les doubles-soufflets qu'on avait employés jusqu'alors.

L'exploitation des mines avaient pris en France un remarquable essor. La *Champagne*, le *Berry*, le *Dauphiné*, les provinces *pyrénéennes* étaient devenus des centres importants de production. En 1640, Louis XIII accordait au général d'*Erlach* le privilége des forges d'*Alsace*; en 1667, on comptait dans les districts de *Foix* et de *Mirepoix* 44 forges catalanes.

Ce n'est guère qu'en 1730 que le coke commença à être employé pratiquement en Angleterre, et c'est *Abraham Darby* qui le substitua le premier à la houille crue dans l'usine de *Colebrookdale*. A la fin du XVIII^e^ siècle, il y avait en Angleterre plus de 120 hauts fourneaux, et leur production avaient atteint 125,000 tonnes.

(1) Plinc. XXXIV. 41. — (2) Diod. Sic. l. V, 13. — (3) Sim. Sturtev. *Metallica*; Londres, 1612.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dès lors les inventions se succèdent rapidement. Le puddlage est découvert par *Cort* en 1784; le laminoir appliqué en *Lorraine*, en 1800; les flammes perdues utilisées en 1867, par *Aubertot*, de Vierzon; l'air chaud par *Nielson*, à Glascow, en 1817. Les perfectionnements plus récents rentrent dans la partie descriptive de ce recueil.

Nous terminons cet article en donnant la date de la découverte de quelques autres métaux moins importants.

| | | |
|---|---|---|
| Aluminium | découvert en | 1827, par Wolher. |
| Antimoine | — vers | 1480, par Basile-Valentin. |
| Bismuth | — | — — |
| Cadmium | — en | 1818, par Hermann et Stromeyer. |
| Chrome | — en | 1797, par Vauquelin. |
| Cobalt | — en | 1742, par Brandt. |
| Magnésium | — en | 1827, par Wolher. |
| Manganèse | — en | 1774, par Schéele et Gahn. |
| Nickel | — en | 1751, par Cronstedt. |
| Platine | — en | 1741, par Wood. |

Hector Dufrené.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MÉTALLURGIE

## LA FONTE

PAR M. HECTOR DUFRENÉ, INGÉNIEUR CIVIL

La *fonte* est du *fer* plus ou moins carburé; elle est caractérisée par une certaine facilité à passer à l'état liquide, sous l'influence d'une température élevée mais relativement aisée à atteindre, tandis que le *fer* pur, c'est-à-dire à l'état malléable, est à peu près infusible aux températures que nous pouvons pratiquement atteindre dans les appareils actuels de la métallurgie.

Au point de vue de la production du fer doux, la fonte n'est qu'une matière première; mais envisagée sous le rapport de ses applications industrielles, elle peut se diviser en deux sections : 1° la fonte de moulage réservée pour les fonderies de première ou de seconde fusion; 2° la fonte d'affinage destinée à être débarrassée du carbone qu'elle contient, pour donner de l'acier ou du fer. Nous ne nous occuperons que de cette dernière. Nous considérerons successivement :

1° Les minerais de fer;
2° Les appareils et les méthodes de production;
3° Les produits.

### LES MINERAIS.

On range les minerais de fer en deux grandes catégories, savoir :

1° Les oxydes comprenant (*a*) Le fer oxydulé magnétique :
(*b*) Le peroxyde anhydre;
(*c*) Le peroxyde hydraté;
2° Les carbonates comprenant (*d*) Les fers carbonatés.

*a*) Le *fer oxydulé magnétique* ou *magnétite* est d'une texture généralement cristalline, grenue et noirâtre, sa densité est de 5,09; il contient 72 % de fer et 28 % d'oxigène. Il y en a une variété fibreuse. Ce sont les échantillons compacts possédant un polarité magnétique qui constituent l'aimant naturel. On le rencontre souvent sous la forme de sables lavés provenant de la décomposition du minerai en roche; ces sables sont souvent titanifères.

Les principaux gisements sont la Suède, surtout les célèbres gîtes de Dannemora, la Norwége, la Laponie, le Canada, le New-Jersey, la Sardaigne, l'île d'Elbe, l'Oural. En France, on le trouve à Diélette, Villefranche, Saint-Pons, Mas-Carol, le Vigan, etc.

*b*) Le *fer peroxidé anhydre* peut présenter des aspects très-différents. Quand il est cristallisé, on le nomme *fer oligiste;* ses cristaux sont des rhomboèdres; sa poussière est d'un rouge vif; sa densité atteint 5,24 et les cristaux renferment :

Fer 70 %, oxigène 30 %.

Il y en a une variété *micacée* qui est composée d'une multitude de lamelles cristallisées très-faibles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'île d'Elbe est le gisement classique de ce minerai; on le trouve en Sardaigne, en Toscane, en Algérie; en France, dans les Pyrénées, à Framont, Fillols, Sahorre, Lunel, la Moselle, etc.

Le fer peroxydé anhydre peut prendre l'état stalactitique ou fibreux : c'est cette variété qui sert à faire des brunissoirs. A l'état compacte, il prend le nom d'*hématite rouge* et constitue un des minerais de fer les plus répandus et les plus estimés.

On le trouve surtout en Angleterre, dans le Lancashire et le Cumberland; dans le Nassau; en France, dans l'Hérault, les Pyrénées, à la Voulte, à Baigorry, dans les Vosges, la Moselle, etc.

*c*) Le *fer peroxidé hydraté* est le minerai le plus commun. Quand il est pur, ses cristaux ont une densité de 4,40 et contiennent 90 % de peroxyde de fer et 10 % d'eau. Suivant l'apparence qu'il présente, il porte les noms de *peroxyde hydraté*, d'*hématite brune*, de *fer hydroxydé compact*, de *minerai oolithique*, de *mine en grains*, de *limonite*, etc.

L'*hématite brune* donne une poussière ocreuse; elle contient rarement plus de 80 % de peroxyde de fer pur. C'est le minerai de la forêt de Dean (Gloucestershire), d'Irun, de Sommorostro (Bilbao), de Vicdesos, des Montagnes-Noires, de la Franche-Comté, du Jura.

La *mine en grains* est le minerai le plus répandu en France : Il se présente le plus souvent en couches à une très-faible profondeur, sous la forme de petites sphères ayant des grosseurs fort différentes depuis un pois jusqu'à un grain de millet; il renferme en moyenne 70 % de peroxyde de fer, 14 % d'argile et 16 % d'eau. C'est le minerai du Berry, de la Haute-Marne, des Ardennes, du Nivernais, du Périgord, etc.

Il y en a une variété nommée oolithique; elle contient généralement du phosphore.

Le peroxyde de fer hydraté connu sous le nom de *limonite* se trouve principalement dans les lacs de la Suède, de la Finlande et du Canada.

*d*) Le fer carbonaté se subdivise en deux catégories : le *fer spathique* ou cristallisé, et le *fer lithoïde* ou amorphe.

Le *fer carbonaté spathique* cristallisé en rhomboëdres, dont la densité est de 3,83. Il contient 60 % de protoxyde de fer en moyenne, et presque toujours une certaine proportion de manganèse. Son aspect est blanc grisâtre ou jaunâtre. On le rencontre dans le Somersetshire, la Styrie, la Carinthie, à Stahlberg dans le pays de Siegen, dans le Guipuzcoa, à Allevard, Baigorry, dans la Haute-Garonne, l'Aude, le Tarn. Sous la forme désignée sous le nom de *fer carbonaté lithoïde*, le carbonate de fer se présente en rognons ou masses aplaties gris foncés, quelquefois blancs. Il est presque toujours accompagné d'argile et se rencontre souvent dans les couches qui alternent avec la houille dans les terrains carbonifères; aussi le désigne-t-on quelquefois sous le nom de *fer des houilleres*. Il contient en moyenne 40 % de protoxyde de fer et 15 % d'argile. Mais ces proportions sont très-variables.

Il est fort abondant en Angleterre, dans le pays de Galles, le bassin de Glascow, le Yorkshire, le Warwickshire : en France on le rencontre dans la Loire et en plusieurs autres endroits.

### LES APPAREILS.

Quel que soit le minerai employé, on se trouve en présence d'un mélange complexe d'oxyde de fer et de gangues comprenant en plus ou moins grande quantité la chaux, la magnésie, la silice, l'alumine. A ces matières principales se joignent souvent le manganèse, le soufre, le phosphore et le silicium.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil dans lequel se traite le minerai de fer pour en obtenir du fer plus ou moins carburé se nomme un *haut fourneau.*

La fig. 1 représente la coupe longitudinale d'un haut fourneau théorique; il se compose de deux cônes tronqués I et H accolés par la base avec ou sans intermédiaire d'une partie cylindrique M. L'orifice supérieur A se nomme le *gueulard,* A est la *cuve,* M le *ventre,* I les *étalages,* J l'*ouvrage.* Au bas se trouve le *creuset* K où se rend la fonte; les laitiers surnageant s'écoulent par son ouverture comprise entre la partie M' nommée la *tympe* et une sorte de digue N à laquelle on donne le nom de *dame.* Une ou plusieurs ouvertures L permettent d'injecter le vent nécessaire à la combustion.

Voici la marche générale de l'opération : On élève et on vide alternativement au gueulard des wagonnets pleins de combustible et de minerais, tandis qu'on injecte de l'air froid ou chaud par les tuyères; la fonte tombe dans le creuset d'où elle est coulée dans des rigoles ou dans des moules; les laitiers s'échappent par-dessus la *dame,* tandis que les produits de la combustion sortent par le gueulard.

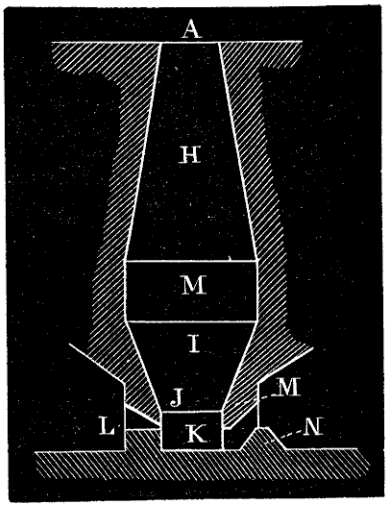


Fig. 1. — Coupe longitudinale d'un haut fourneau théorique.

Examinons de plus près les phénomènes chimiques qui s'opèrent dans le haut fourneau. Par suite de l'introduction du vent par les orifices des tuyères, le combustible brûle en se convertissant en acide carbonique et en produisant une chaleur intense. La température élevée ainsi déterminée amène la fusion des métaux et celle des laitiers. Il résulte en effet de la composition des combustibles et de celle des minerais, que le carbone et le fer plus ou moins oxydé ne sont pas seuls en présence, il y a encore les cendres laissées par la combustion et les gangues argileuses, siliceuses ou calcaires introduites avec le minerai. Pour s'en débarrasser, on facilite leur fusion en ajoutant aux diverses matières versées au gueulard des fondants calcaires si la gangue est siliceuse, argileux si elle est calcaire, de manière à offrir au produit de la combinaison la composition des silicates multiples les plus fusibles. Le fondant calcaire se nomme *castine;* c'est le plus usité, attendu que les gangues sont généralement argileuses ou siliceuses; le fondant argileux prend le nom d'*erbue.*

L'acide carbonique que nous avons vu se produire au bas des étalages par la combinaison de l'oxigène de l'air avec le carbone du combustible, en tendant à monter vers le gueulard, rencontre dans sa marche ascendante le combustible des couches supérieures à l'état d'incandescence. Le gaz partage avec lui son oxygène, et, au prix d'un refroidissement marqué, se transforme en oxyde de carbone, lequel au contact de l'oxyde de fer desséché, puis porté à une haute température en descendant vers le bas du fourneau, le réduit et le transforme en fer métallique.

L'acide carbonique, l'oxyde de carbone, l'azote de l'air introduits par les tuyères s'échappent ensuite par le gueulard; mais comme ce mélange est encore très-riche en éléments combustibles, on le recueille et on l'emploie, comme nous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le verrons plus tard, à diverses applications telles que le chauffage du vent, la vaporisation de l'eau des chaudières, etc.

Le vide que déterminent la combustion du charbon ainsi que la fusion du fer et des gangues, amène l'abaissement successif des charges consécutives, de sorte que les dernières couches de minerai déposé pénètrent peu à peu dans l'intérieur du haut fourneau. De cette marche ascendante des matières solides combinée avec l'ascension rapide des gaz, résultent les diverses opérations de réduction et de combinaisons énumérées plus haut. Le fer s'unit au carbone, au silicium, au soufre et même au phosphore si le minerai en contient, et ce mélange complexe qui forme la fonte s'accumule peu à peu au fond du creuset.

Les gangues, les cendres et les fondants réagissent les uns sur les autres, et, sous l'influence de la haute température produite, il se forme une masse vitreuse plus ou moins fusible qui surnage pour déborder par-dessus la *dame*.

Les combustibles employés sont le charbon de bois, la houille crue, l'anthracite et le coke.

Par la nature de ses cendres généralement exemptes de soufre, le charbon de bois est le meilleur combustible à employer mais le prix croissant du bois ne permet de s'en servir que dans le cas où on veut avoir, pour des destinations spéciales, du fer de qualité supérieure. Ce n'est plus guère qu'en Suède, en Russie et aux États-Unis que les hauts fourneaux au bois sont encore en usage d'une manière suivie, bien qu'il y en ait, outre ceux de ces pays, un grand nombre disséminés dans toute l'Europe.

La houille crue est peu employée seule, on la mélange généralement au coke. L'anthracite est au contraire très-employé, surtout aux États-Unis où les gisements de ce combustible sont très-étendus. Un des plus grands inconvénients de son emploi, inconvénient qui en fait quelquefois proscrire l'usage d'une manière absolue, c'est qu'un certain nombre de variétés décrépitent au feu, où elles se réduisent en menus fragments qui interceptent le courant ascendant des gaz et occasionnent de fréquentes avaries. Le coke est, de tous les combustibles, celui qui est le plus universellement employé, le meilleur est incontestablement le plus pauvre en produits sulfurés.

**Le haut fourneau.** — La fig. 1 (pl. I) représente un type de haut fourneau au coke, coupé verticalement suivant son axe. La fig. 2 (pl. I) représente deux coupes horizontales prises à des niveaux différents; la demi-coupe de droite est faite par l'axe des tuyères, celle de gauche passe par le ventre du haut fourneau. A est le gueulard, B l'appareil servant à répartir également le chargement du combustible, des minerais et des fondants. L'ouverture du gueulard ne devant avoir lieu qu'au moment où une nouvelle charge doit être introduite, la partie supérieure de cet appareil se lève d'une manière intermittente, au moyen du jeu de la bascule C. On voit en D la disposition employée pour prendre et conduire les gaz combustibles au lieu de les laisser librement échapper et se perdre par le gueulard, comme cela se faisait autrefois. GG sont les conduits de ces gaz, H est la cuve du fourneau, H' les étalages, J l'ouvrage, K la tympe, L la dame, M fait voir les maçonneries formant le massif du four, N sont les supports qui les soutiennent, P les tuyères et Q R S les conduits du vent.

Les hauts fourneaux ont des dimensions et des profils bien différents les uns des autres. Nous réunissons, page 283, trois autres types de profils. La fig. 2 montre un des hauts fourneaux d'*Ebw-vale* dans le pays de Galles. Sa contenance est de 170 mètres cubes. La fig. 3 fait voir un fourneau de *Barrow-on-Furness* ayant une capacité totale de 263 mètres cubes; enfin la fig. 4 représente le profil d'un haut fourneau de *Cwm-Celyn*, dont le volume intérieur atteint 468 mètres cubes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La hauteur des hauts fourneaux varie avec le combustible employé; les hauts fourneaux au bois sont les plus petits. Ils ne dépassent pas 10 à 11 mètres de hauteur et 30 mètres cubes de volume. En France et en Suède, on a cependant atteint des hauteurs de 25 mètres avec des capacités de 60 mètres cubes.

Pour les hauts fourneaux au coke, le point de départ a été une hauteur d'environ 13 mètres pour une capacité de 150 mètres cubes. Dès 1853 cependant, montait à *Clarence-Works* et ailleurs des appareils de 16 à 17 mètres de hauteur et d'un volume de 175 à 200 mètres cubes. Nous citerons comme ayant des dimensions exceptionnelles le haut fourneau élevé par M. Cochrane, à *Ormesby*, en 1871. Sa hauteur est de 27m,50, et sa capacité intérieure de 1,218 mètres cubes.

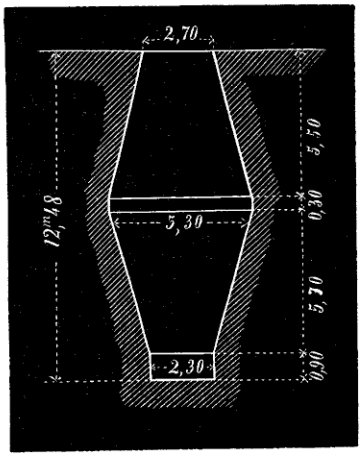


Fig. 2. — Profil du haut fourneau d'Ebwvale (Galles).

On comprend que la production en fonte de hauts fourneaux si différents de profils, de volume et d'élévation doit être elle-même fort variable. Un fourneau de 5 à 700 mètres cubes de capacité et de 25 mètres de hauteur peut produire en 24 heures 50 tonnes de fonte, en consommant 1,100 à 1,150 kilog. de coke par tonne. Mais il ne faudrait pas croire que cette produc-

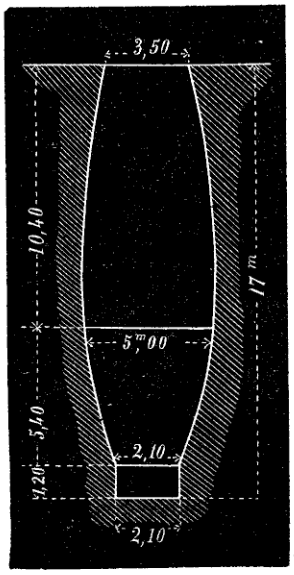


Fig. 3. — Profil du haut fourneau de Barrow-on-Furness.

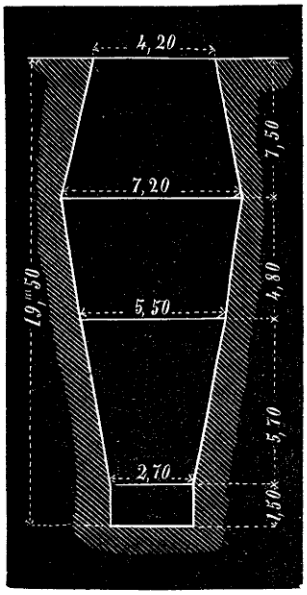


Fig. 4. — Profil du haut fourneau de Cwn-Celyn.

tion fût proportionnelle au volume et qu'on pût être assuré d'augmenter indéfiniment la quantité de fonte en faisant croître sans cesse la capacité : il est loin d'en être ainsi, l'expérience l'a péremptoirement démontré.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. Bell a constaté qu'à Clarence-Works, aucune différence sensible de production n'existait entre des hauts fourneaux de 24 mètres de hauteur, ayant respectivement 330, 440 et 700 mètres cubes de capacité. De son côté, M. William a trouvé qu'au delà de 300 ou 350 mètres cubes, les hauts fourneaux du *Cleveland* n'offraient pas d'avantage bien marqué : ce sont des fourneaux dont la hauteur atteint 29 mètres. La hauteur n'est pas non plus illimitée :

En effet, les gaz combustibles qui arrivent au gueulard renferment une quantité variable d'oxyde de carbone et d'acide carbonique, on a observé que quand le rapport de $\frac{Co_2}{Co}$ arrive à la valeur de 1,58 correspondant à des volumes égaux de gaz, il n'y a plus réduction proprement dite : le peroxyde est simplement amené à un moindre degré d'oxydation. On n'a donc pas d'avantage à augmenter indéfiniment la hauteur du gueulard, car l'oxide de carbone se charge en montant d'acide carbonique et de vapeur d'eau qui neutralisent son action réductrice.

Il y a encore une autre raison plus décisive : Il résulte en effet des expériences de M. Bell et de quelques autres ingénieurs éminents que, dans la partie supérieure du haut fourneau, il se produit un dédoublement de l'oxyde de carbone en acide carbonique et en carbone : $2\,CO = CO^2 + C$. Ce dédoublement a lieu avec un développement de chaleur considérable ; le résultat est du carbone pulvérulent qui se fixe sur le minerai et facilite plus tard sa réduction, et de l'acide carbonique qui se dégage et s'échappe.

Ce dédoublement produit donc une élévation utile de la température, mais il ne conduit pas, comme on le croirait, à augmenter la hauteur du gueulard, d'abord parce que cette surélévation entraînerait une résistance considérable à l'action du vent et ensuite parce qu'il se produit, au-dessus de la région où se passe la conversion de CO en $CO^2$, un régime stable au bénéfice duquel l'exhaussement du gueulard ne saurait rien ajouter.

Dans un fourneau au coke de 5 mètres de hauteur, M. Bell a trouvé que la température du gueulard était de 452° ; à 3 mètres plus bas, elle atteignait le rouge cerise ; à 5 mètres, le rouge vif ; à 8 mètres, 1200°.

**Les monte-charges.** — Nous avons vu qu'il était nécessaire de monter au gueulard, c'est-à-dire à une élévation considérable, dépassant le plus souvent 20 mètres, le minerai, la castine et le combustible. Cette quantité de matières premières est considérable ; ainsi, pour le haut fourneau de Russel-hall, elle est de plus de 3000 kilog. pour 789 kilog. de fonte, et se compose ainsi :

| | |
|---|---|
| Minerai. . . . . | 1628$^k$ |
| Castine et scorie. . . . . | 590 |
| Combustible . . . . . | 992 |

Le rendement en fonte est de 789 kilog., la pression de vent étant de 0$^k$,246 par centimètre carré, et sa température de 316°.

Un très-grand nombre d'appareils ou *monte-charges* ont été proposés et employés pour réaliser ce transport vertical : les balances d'eau sont avantageuses quand on peut se procurer une grande quantité d'eau avec une pression suffisante, les monte-charges à engrenages peuvent rendre de bons services, mais ils sont compliqués, ils exigent un moteur puissant et des ouvriers exercés. Les systèmes pneumatiques à cloches nécessitent le foncement d'un puits profond et leur fonctionnement absorbe de grandes quantités de vent. Les monte-charges hydrauliques à pistons plongeurs exigent aussi le forage d'un puits avec de l'eau sous pression. Nous regardons comme préférable l'adoption des monte-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

charges à vapeur, et nous allons décrire le système Brown employé dans plusieurs établissements métallurgiques

Les fig. 2, 3, 4, 5 et 6 (pl. I) représentent le monte-charges à vapeur à action directe installé pour le service d'un haut fourneau. Le mécanisme moteur se compose de deux cylindres à vapeur DD à simple effet et d'un troisième cylindre E à double effet. Ce dernier est rempli d'eau et sert de régulateur pour la montée comme de frein pour la descente.

La chaîne de levage C est moufflée sur des poulies montées dans une chape B unissant les trois tiges des pistons. La poulie fixe est placée en G au bas des cylindres. Quand la vapeur agit sur les pistons, ceux-ci exercent leur action sur les poulies et communiquent aux chaînes une vitesse six fois plus grande que celle dont leurs tiges sont animées. La course du plateau A est donc aussi six fois plus grande que celle des pistons.

Pendant que le plateau monte, l'eau du cylindre hydraulique est refoulée en bas en passant par le réservoir H, réglant ainsi la vitesse suivant l'ouverture des soupapes qu'elle traverse. Pour descendre, on évacue la vapeur : le poids du plateau fait descendre les pistons, et l'eau du cylindre hydraulique, repassant par les soupapes et le réservoir, sert de frein à la descente suivant l'ouverture plus ou moins grande des soupapes déterminée par l'action d'un homme de service.

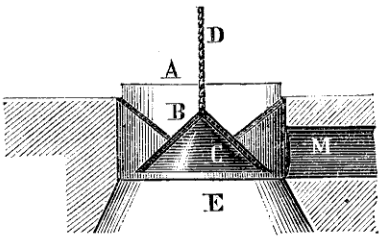


Fig. 5. — Coupe verticale du gueulard.

Une fois parvenues au gueulard, les charges sont vidées dans le haut fourneau et, pour que leur descente soit régulière, il est nécessaire que le versement ait lieu suivant certaines règles. Beaucoup de dispositions ont été employées pour en réaliser les conditions ; nous décrivons l'une d'elles, l'appareil dit *cup and cone*, un des plus utiles. La figure 5 représente la coupe verticale du gueulard d'un haut fourneau muni de cet appareil : A est une sorte d'entonnoir dont le fond B est occupé par un cône C pouvant monter ou descendre suivant qu'on lève ou qu'on abaisse la chaîne D. E est la partie supérieure du haut fourneau, M la prise des gaz. Quand on a amené un wagon rempli de matières premières, sur l'orifice A du gueulard, on abaisse le cône C d'une certaine quantité en même temps qu'on vide la charge. Le minerai et le combustible ainsi vidés se répartissent circulairement et tombent sur les charges précédentes en occupant l'espace compris entre les bords et un cercle situé à une certaine distance de l'axe du haut fourneau.

On peut admettre que les charges descendent avec une vitesse d'environ $0^m,50$ par heure, tandis que les gaz chauds montent avec une vitesse d'au moins 1 mètre par seconde. La descente totale a lieu en 60 ou 70 heures dans un grand haut fourneau, et en 30 à 40 heures dans un petit. Il faut ainsi plus de temps dans un fourneau élevé pour que le minerai atteigne la région où l'acide carbonique, sous l'influence du charbon et de la température, se convertit en oxyde de carbone.

Pour qu'un haut fourneau puisse produire tout l'effet qu'on est en droit d'en attendre, il faut qu'arrivé à la zone de fusion, le minerai ait été réduit depuis le moins de temps possible, et qu'aucune parcelle de sa masse n'ait échappé à la réduction. Or le minerai ne peut, en pratique, être cassé en morceaux de volume ou de poids identiques, et il en résulte que les parties les plus tenues se trouvent réduites avant les morceaux plus gros. Il faut donc s'arranger de façon que le dommage soit le plus petit possible, c'est-à-dire que l'avance de désoxy-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dation des menus fragments et le retard de réduction des gros soient des plus minimes.

Quand on introduit les charges au gueulard à l'aide d'un appareil de distribution convenable, par exemple, au moyen du système *Cup and cone* décrit plus haut, les gros morceaux roulent généralement vers le centre, tandis que les petits se répartissent près de la circonférence. Cette disposition est avantageuse, car l'espace laissé libre vers le milieu par un moindre tassement de la matière permet un dégagement plus rapide des gaz réducteurs, et par suite une action chimique plus énergique qui augmente la vitesse de désoxydation. Des causes contraires amoindrissent la rapidité de la réduction vers la circonférence, et ces deux circonstances réunies diminuent l'écart dans les moments de réduction des fragments d'une même charge. Il faut remarquer en outre qu'à une certaine énergie de désoxydation il faut ajouter aussi, pour les plus gros morceaux, l'influence d'un temps plus considérable et que, d'autre part, la proximité des parois diminue d'une manière notable la température des matières introduites dans le haut fourneau. Toutes choses égales d'ailleurs, un plan horizontal qui couperait l'appareil à une hauteur donnée ne rencontrerait pas dans toute l'étendue de sa section intérieure des matériaux à une température identique.

En ce qui concerne la dimension des hauts fourneaux, M. *Gruner* a étudié les conditions théoriques d'un four idéal pour en déduire certaines limites que la pratique ne saurait dépasser. Après avoir déterminé le rapport entre l'oxyde de carbone agent réducteur et l'acide carbonique, résidu de la production de la chaleur, au moyen de l'analyse des gaz du haut fourneau, et calculé les quantités de chaleur reçues et dépensées, M. Gruner conclut :

1° Que la production des grands hauts fourneaux ne croît plus proportionnellement à leur capacité au delà de 200 mètres cubes de volume;

2° Qu'il y a dans une certaine limite avantage à augmenter leurs dimensions en hauteur;

3° Que la consommation minimum correspond à une vitesse moyenne de la descente générale des charges. Le défaut comme l'excès du vent entraînant une augmentation dans la consommation du combustible ;

4° Que la chaleur apportée par le vent chaud remplace avantageusement celle acquise près des tuyères, mais qu'au delà de 7 à 800° l'économie réelle devient peu importante.

**Le vent.** — La quantité d'air qu'on doit injecter par les tuyères est considérable, elle est généralement supérieure au poids des matières solides introduites par le gueulard dans le même temps, tandis que de leur côté, les gaz chauds qui s'échappent ou qui sont recueillis sont souvent un poids plus que double de celui des matières fondues, fonte et laitier, qui s'écoulent par la partie inférieure de l'appareil.

Cet air est fourni par de puissantes machines soufflantes généralement composées d'un ou de plusieurs cylindres, dont les pistons sont mûs directement par ceux des cylindres moteurs à vapeur placés sur le même axe. Quel qu'en soit le système, il est nécessaire de régulariser l'écoulement de l'air envoyé par la machine : diverses dispositions de régulateurs sont employées. On a à peu près renoncé aujourd'hui à ceux qui sont fondés sur le fonctionnement d'un piston ou sur l'emploi de l'eau. Les régulateurs secs sont à peu près universellement adoptés. On leur donne une capacité de 25 à 40 fois le volume du cylindre de la soufflerie, et, comme la vitesse du piston varie de 1 à 2 mètres par seconde; il s'ensuit que les régulateurs des grandes machines soufflantes ont des capacités qui atteignent 300 et 400 mètres cubes. Le plus souvent ils sont en tôle et ont la forme d'une chaudière à vapeur couchée ou debout. On

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se contente dans beaucoup de cas d'augmenter considérablement le diamètre des conduits d'air ou porte-vent, et de leur donner 2 mètres ou $2^m,50$ de diamètre avec une longueur proportionnée au volume du cylindre de la soufflerie. On a construit récemment, dans le même but, des réservoirs souterrains en maçonnerie : quand ils sont bien exécutés, leur emploi est excellent; ils ont l'avantage de n'être pas encombrant, de pouvoir offrir facilement un volume considérable et de durer à peu près indéfiniment.

Les tuyères qui distribuent l'air aux hauts fourneaux ont des orifices qui varient suivant leur nombre, la pression du vent et la température. Quand on souffle de l'air froid, leur diamètre ne dépasse guère 4 à 5 centimètres, mais quand on a recours à l'air chaud, il peut atteindre 10 centimètres.

Comme ces tuyères sont exposées à une température fort élevée, surtout quand l'air est puissamment chauffé, il peut arriver qu'elles soient fondues ou brûlées. Pour obvier à cet inconvénient, on les construit soit en fonte, soit en bronze, mais à doubles parois, en faisant circuler entre ces parois un courant d'eau froide.

Le vent est introduit dans le haut fourneau sous des pressions bien différentes, suivant les circonstances. Cette pression varie d'abord avec la nature du combustible, et l'on comprend facilement que plus le combustible est dense plus la pression doit être forte. Aussi dans un haut fourneau au bois, la pression du vent peut-elle aller de $0^k,075$ à $0^k,100$ par centimètre carré de surface, suivant qu'on y brûle des charbons légers ou compactes. Dans ceux au coke, elle est toujours beaucoup plus forte et s'élève de $0^k,200$ et $0^k,300$ par centimètre carré, elle atteint même $0^k,500$ et plus dans les hauts fourneaux où l'on emploie l'anthracite pour combustible.

**Emploi de l'air chaud.** — Le but principal des opérations métallurgiques étant de produire au meilleur marché possible une haute température, on s'est préoccupé des moyens de diminuer l'influence de la faible température de l'air lancé par les tuyères dans la région du haut fourneau située immédiatement au-dessus du creuset; il y avait une voie toute tracée : c'était de chauffer le vent injecté par la soufflerie de manière à diminuer l'écart entre la température et celle des matières sur lesquelles il est projeté.

L'économie de combustible réalisé par le système de soufflerie à air chaud est incontestable, et bien qu'il y ait eu autrefois beaucoup d'hésitation à suivre ce procédé, il est aujourd'hui à peu près universellement adopté, et comme nous venons de le dire, l'efficacité de ce moyen est principalement due à ce que la haute température ainsi communiquée au vent détermine, non pas une quantité de chaleur plus considérable dans le haut fourneau, mais une température plus élevée.

On conçoit qu'il doit en être ainsi, car si l'air froid, à cause de sa plus forte densité, contient à volume égal une quantité d'oxygène beaucoup plus considérable que l'air chaud, il est nécessaire de l'amener d'abord à une haute température afin qu'il s'unisse au carbone; de plus la dilatation considérable qu'il éprouve au sortir des tuyères est une cause importante d'absorption de calorique. On comprend donc que, dans cette circonstance, la température produite ne peut être aussi élevée que le comportent les masses d'air et de combustible mises en présence.

En employant l'air chaud, au contraire, la détente résultant de la pression du vent est plus faible, et l'air ne réclame pas une perte aussi sensible de chaleur pour se mettre en équilibre de température avec le combustible. Il en résulte donc que l'intensité de la chaleur développée est plus considérable, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par suite que les phénomènes de réduction sont déterminés plus rapidement et effectués avec une dépense moindre de combustible.

D'ailleurs on ne voit plus se produire, autour du nez des tuyères, ces prolongements scoriacés qui étaient la conséquence et l'acompagnement presque obligés de l'emploi de l'air froid et résultaient du refroidissement des laitiers au moment de l'arrivée du vent. L'air chaud empêche la formation ou, tout au moins, favorise la fusion de ces appendices : tout obstacle à la rapidité de l'expansion de l'oxygène et de sa combinaison avec le carbone se trouve ainsi écarté. Autrefois on se contentait de chauffer l'air à 3 ou 400°, et l'on employait pour ce chauffage des appareils en fonte résistant assez facilement à cette température; mais aujourd'hui on va beaucoup plus loin, aussi l'emploi de la fonte n'est plus possible et la terre réfractaire doit lui être substituée. C'est à *Ornsby,* dans le *Cleveland*, que M. Cowper employa le premier des fourneaux en terre réfractaire pour le chauffage à une température élevée de l'air destiné à être injecté dans les hauts fourneaux. Voici quel est le principe général de ces appareils. On les dispose par paires et on fait passer pendant un certain temps dans l'un d'eux des gaz combustibles qui y brûlent et amènent la brique des parois à une température plus ou moins élevée. Quand la limite voulue a été attteinte, on s'occupe de chauffer de la même manière le 2e appareil. C'est à ce moment qu'on fait passer dans le premier l'air venant du régulateur de la soufflerie. Il s'y échauffe au contact des parois incandescentes du four, tandis que la température des briques s'abaisse peu à peu. Quand elle est arrivée au minimum adopté pour l'intensité de la chaleur de l'air des tuyères, on fait passer cet air dans le deuxième four dont la température s'élevait pendant que celle du premier s'abaissait. Le même phénomène d'échange se produit dans ce second four et ainsi de suite. Ainsi la manœuvre consiste à diriger alternativement l'air froid dans un four les gaz brûlant dans l'autre, et toujours ainsi de suite.

C'est sur ce principe que sont fondés les fours à chauffer l'air, système Cowper-Siemens. Dans ces appareils on emploie des briques empilées formant des carnaux lisses ou non par lesquels passent à la suite les gaz et l'air des souffleries.

Dans un four de ce genre, destiné à chauffer par exemple 180 mètres cubes d'air par minute, le poids des briques s'élève à environ 250,000 kilog. Le renversement du courant a lieu toutes les deux heures et une haute cheminée d'appel reçoit les gaz chauds après que leur effet utile a été produit. La vitesse de l'air dilaté comme celle des gaz combustibles est faible, son maximum n'est pas beaucoup plus élevé que 5 mètres.

Un des inconvénients de ces appareils à renversement est le dépôt abondant de la poussière entraînée par les gaz dans les carnaux. On cherche autant que possible à les dépouiller de ces corps étrangers avant leur entrée dans les fours, mais la chose n'est pas des plus commodes et le ramonage ne peut, dans aucun cas, être évité. Pour ce ramonage, il faut arrêter le four qu'on veut nettoyer, et cet inconvénient, bien qu'il soit compensé par des avantages notables, par exemple, par une perte de charge beaucoup moindre, a fait, dans bien des cas, préférer au four Cowper-Siemens, le four Witwell que nous allons décrire.

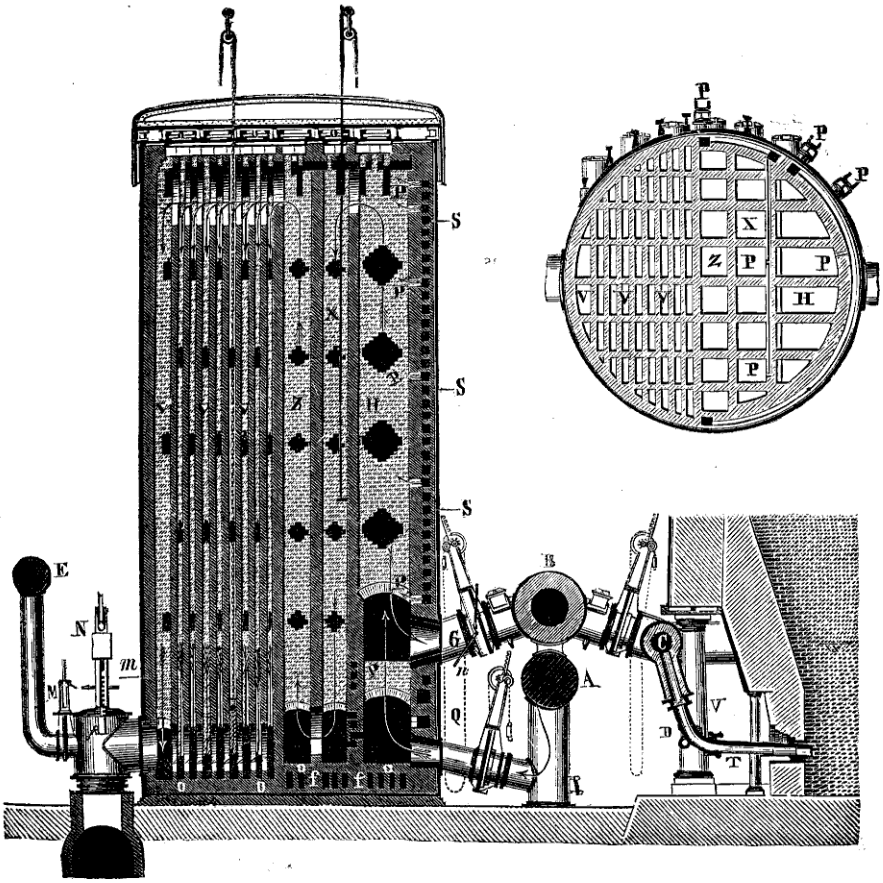
Cet appareil, représenté (fig. 6) en coupe verticale et (fig. 7) en coupe horizontale, est fondé sur le même principe que le précédent : le principe de renversement alternatif du courant des gaz combustibles brûlant pour échauffer les parois réfractaires, et du passage de l'air froid utilisant la chaleur ainsi accumulée dans les murailles de briques.

Le gaz venant du collecteur A passe d'abord dans une large chambre verticale H dans laquelle la plus grande partie des poussières peut se déposer. En même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

temps, l'air atmosphérique nécessaire à la combustion est admis par les valves extérieures et les conduits PPP dans l'intérieur du four, en passant par les carnaux SSSS′ pratiqués dans l'épaisseur des parois en briques. Cet air est donc partiellement échauffé au moment où il est lancé dans l'appareil

Fig. 6. — Coupe verticale. Fig. 7. — Coupe horizontale.




au contact des gaz combustibles. Les flammes en montant trouvent dans le haut du four un passage qui les dirige vers une deuxième chambre X plus petite que la première, d'où elle passe en remontant dans la troisième chambre Z. De là elle trouve une dernière chambre composée d'une grande quantité de carnaux VVVV, dont les parois absorbent rapidement le calorique dégagé par la combustion. Les produits gazeux s'échappent enfin par le conduit F, qui communique avec une cheminée d'appel d'une hauteur considérable nécessaire pour déterminer un tirage énergique. Quand le chauffage est terminé et que les briques ont acquis la température voulue, les valves Q et N sont fermées tandis que les valves M et G sont ouvertes. Il en résulte que les gaz combustibles



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'ont plus d'accès dans l'intérieur du four, et que l'air froid du régulateur y pénètre par le bas de la chambre V. La récupération du calorique est ainsi déterminée d'une manière méthodique, le courant d'air froid monte par la chambre V, descend par l'espace Z, remonte dans la capacité X pour s'échapper enfin par la valve G située au bas de la chambre H. Ainsi porté à la température déterminée d'avance, l'air chaud est amené dans un conduit circulaire H tournant autour du haut fourneau VV et distribuant le vent aux tuyères T.

### LES PRODUITS.

Après avoir décrit les appareils employés pour la réduction des minerais de fer et la production de la fonte, nous allons examiner les produits, c'est-à-dire les fontes, les laitiers et les gaz.

**Les fontes.** — Les différentes variétes de fonte peuvent être considérées comme des combinaisons en proportions variables de fer et de carbone auxquels viennent se joindre plusieurs autres matières dont les principales sont le soufre, le silicium, le phosphore et le manganèse. A l'exception de ce dernier métal, les autres substances sont nuisibles, et tous les soins des métallurgistes sont portés vers les moyens d'empêcher leur introduction dans la fonte ou de favoriser leur expulsion subséquente quand les minerais ou les combustibles les contiennent. Le manganèse seul peut constituer un élément utile : dans certaines opérations, il est nécessaire, en effet, d'employer des fontes plus ou moins riches en manganèse et on est parvenu, dans ces dernières années, à fabriquer même au haut fourneau de véritables alliages de ce métal avec le fer.

Après le fer, le carbone joue dans la fonte le principal rôle. C'est non-seulement à sa teneur en carbone, mais encore au mode de groupement des molécules de ce corps que la fonte doit la variation de ses propriétés physiques. Le fer n'a, en effet, pour le carbone qu'une affinité médiocre : s'est-il emparé, grâce à une haute température, d'une quantité de carbone telle qu'il en est sursaturé? un refroidissement graduel amène une sorte de cristallisation de la portion surabondante de ce carbone et la fonte produite, perdant son homogénéité, présente un mélange de deux éléments juxtaposés, savoir : du fer au minimum de carburation et du carbone à l'état de graphite disséminés dans la masse. Le refroidissement est-il brusque? le carbone demeure combiné et la fonte reste en apparence homogène.

De là, trois manières d'être dans l'apparence extérieure comme dans la constitution intime de la fonte. Elle se présente, en effet, à trois états différents qui sont :

1° *La fonte grise;*
2° *La fonte blanche;*
3° *La fonte truitée.*

En pratique, on peut être conduit à adopter une classification serrant de plus près une composition extrêmement variable, se révélant extérieurement par des caractères physiques, une apparence superficielle, une cassure passant par des degrés insensibles de la fonte la plus blanche à la fonte la plus grise. Nous n'examinerons que ces trois variétés, les plus saillantes et le plus universellement regardées comme des types.

La *fonte grise* présente une texture grenue, grise, peu cristalline; le carbone y est en partie combiné et en partie mélangé, mais la proportion totale y est la plus grande possible. Il résulte d'expériences nombreuses que c'est seulement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grâce à un refroidissement lent que la portion de carbone excédant la capacité de saturation du fer a pu se déposer et cristalliser dans la masse. Si on coule par exemple de la fonte grise en coquille, la portion de cette fonte, qui se trouvera immédiatement en contact avec les parois du métal bon conducteur, se solidifiera avec une grande rapidité, tandis que l'intérieur se maintiendra à l'état liquide pendant un temps relativement long. Il en résultera que la fonte, après son refroidissement, présentera une texture d'apparence complexe : la périphérie offrira l'aspect d'une fonte blanche sans carbone graphiteux, et la partie voisine du centre celle de la fonte grise avec interposition de graphite séparé sous l'influence d'un refroidissement plus lent.

La *fonte blanche* a, au contraire, une cassure cristalline présentant une plus grande homogénéité. Loin d'offrir l'apparence terne et grenue de la fonte grise, elle est brillante, blanche et souvent lamelleuse. Le carbone y est presque entièrement combiné, il peut l'être même complétement et dans ce cas aucune portion ne peut plus s'en séparer à l'état de graphite.

Quant à la *fonte truitée*, elle est simplement un produit intermédiaire entre les deux espèces de fonte dont nous venons de donner les dénominations et d'indiquer les propriétés physiques les plus saillantes. Elle peut être considérée comme de la fonte blanche dans laquelle se rencontrent les taches qui caractérisent la fonte grise.

Il existe une quatrième variété de fonte qui, bien que rentrant dans l'espèce que nous avons dénommée sous l'épithète de *blanche*, présente cependant des caractères particuliers que nous ne pouvons passer sous silence. On la désigne plus particulièrement sous le nom de *fonte spéculaire* ou sous l'appellation allemande de *spiegeleisen* qui renferme exactement la même signification. On l'obtient par la fusion de minerais spathiques, au bois ou au coke, mais plus spécialement au bois. Ces minerais contiennent du manganèse, et c'est la proportion plus ou moins grande de ce métal qui donne à ce produit son aspect particulier. La fonte spéculaire est très-cristalline, elle offre de larges facettes analogues à celles que montre la cassure des lingots de zinc ferrugineux. Elle joue un grand rôle dans la fabrication de l'acier, et c'est surtout depuis l'adoption des procédés Bessemer que sa production est devenue considérable, principalement d'abord dans le pays de Siegen, puis en France, à Allevard, Saint Louis et ailleurs. Dans les convertisseurs Bessemer le rôle principal du manganèse consiste à décomposer l'oxyde de fer restant dans la masse, qui, si on ne parvenait à l'expulser, en détruirait la cohésion.

De même que le *spiegeleisen* a une destination spéciale, de même les autres variétés du genre fonte ne s'emploient pas d'une manière indifférente pour telle ou telle application. Ainsi la fonte grise est la seule qui puisse servir de fonte de moulage, soit qu'au sortir du haut fourneau on la dirige immédiatement vers les moules, soit qu'elle subisse au préalable une deuxième fusion dans des creusets, au cubilot, ou sur la sole d'un four à réverbère. La fonte riche en carbone combiné ou mélangé est la seule qui puisse être burinée, limée ou tournée; aussi les fontes plus claires sont-elles absolument proscrites des pièces mécaniques à cause de leur dureté et aussi en raison de leur fragilité.

C'est pour l'affinage que sont réservées ces différentes variétés de fonte ainsi que la fonte grise elle-même, que cet affinage ait lieu au bas foyer ou dans les fours à puddler fixes ou tournants.

Les analyses suivantes donneront une idée de la composition de ces diverses variétés de fonte, composition qui est du reste extrêmement variable suivant celles des minerais, des combustibles, et enfin des procédés qui ont été suivis pour la réduction.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | Fonte grise graphiteuse. | Fonte blanche. | Spiegeleisen. |
|---|---|---|---|
| Carbone | 3,30 | 2,84 | 4,77 |
| Silicium | 0,84 | 1,21 | 0,88 |
| Fer | 94,85 | 95,00 | 83,00 |
| Manganèse | | | 11,12 |

Outre ces éléments principaux, nous avons dit qu'on rencontrait encore dans les fontes du soufre, du silicium et du phosphore.

Le soufre provient le plus souvent des cendres du combustible. C'est une des raisons qui font que les fers au bois sont préférables aux fers au coke, les cendres des végétaux ne contenant que très-peu de soufre ou même souvent pas du tout. Les minerais eux-mêmes n'en sont pas toujours dépourvus, et l'action des bases alcalines ou terreuses contenues dans les laitiers n'est pas suffisante pour l'expulser. Aussi existe-t-il toute une classe de minerais de fer, les pyrites ou sulfures auxquels l'accès du haut fourneau est encore interdit.

Le phosphore des fontes y est apporté généralement par le minerai lui-même, et il compromet le succès des opérations à un degré plus élevé encore que ne le fait le soufre. On n'est pas encore parvenu non plus d'une manière vraiment pratique à opérer le départ de ce corps soit avant soit après la fusion de la fonte. Les produits des minerais phosphorés sont généralement mauvais : on a reconnu cependant que les fers et les aciers contenant une quantité assez forte de phosphore pouvaient être considérés comme offrant à l'usure une résistance assez grande, à la condition toutefois qu'ils ne soient pas en même temps sulfurés et que la quantité de carbone soit réduite au minimum.

Le silicium n'a pas une action aussi pernicieuse sur les fontes que le soufre et le phosphore, cependant il ne faudrait pas que la dose y fût trop forte. On a fabriqué pour des applications spéciales des fontes très-riches en silicium, c'est-à-dire en renfermant 2 à 4 %; on a même été jusqu'à 8 %, la fonte prend alors le nom de fonte glacée, *glazed pig*, à cause de son apparence claire et de l'effet qu'elle produit au contact du doigt.

Ces fontes correspondent à une allure très-chaude, à une lente descente des charges et à un dosage très-réduit en chaux en même temps que la proportion d'alumine est augmentée, afin que la silice ne soit pas neutralisée avant d'être réduite en présence du fer et du charbon.

**Les laitiers.** — Nous avons vu plus haut que la combinaison des cendres des combustibles avec la gangue des minerais et les fondants ajoutés au gueulard constituait une matière vitrifiée surnageant la fonte à laquelle on donnait le nom de *laitier*.

Les laitiers sont donc des silicates multiples de chaux, d'alumine, de magnésie, de potasse, de fer et de manganèse; mais de toutes ces bases la chaux et l'alumine sont prédominantes. Il faut y ajouter la magnésie quand le fondant employé est dolomiteux.

L'oxyde de fer qu'on y rencontre toujours en quantité assez variable et quelquefois importante se trouve naturellement perdu, et cet entraînement du fer dans les laitiers peut déterminer une perte assez sensible. Il est donc utile de prendre des mesures pour l'éviter, ou tout au moins pour en diminuer l'importance ; mais il arrive le plus souvent que si l'on veut arriver à réduire à son minimum cette quantité d'oxyde combiné, on est entraîné à modifier l'allure du haut fourneau et à augmenter la quantité de combustible brûlé tout en dénaturant souvent la qualité de la fonte produite. Dans un grand nombre de cas on se trouve donc conduit à subir la perte, les moyens employés pour l'éviter étant plus coûteux encore.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les laitiers ont des colorations, des compositions et des aspects très-différents suivant la composition des matières employées, fondants, gangues et cendres, suivant l'allure du haut fourneau et diverses autres circonstances souvent difficiles à apprécier. Ils peuvent être bleuâtres ou noirs, gris clairs ou bruns, le vert clair dénote la présence du manganèse. Ils peuvent être amorphes ou cristallins, opaques ou translucides; leur aspect rappelle quelquefois celui du verre, de la pierre ponce, etc.; leur composition peut répondre à une formule chimique déterminée et, dans ce cas, ils renferment parfois des cristaux réguliers.

Nous donnons ici deux exemples d'analyses de laitiers, le premier est d'aspect cristallin, le second offre l'apparence de la pierre ponce.

| LAITIER N° 1. | | LAITIER N° 2. | |
|---|---|---|---|
| Silice | 37,91 | Silice | 54,26 |
| Alumine | 13,01 | Alumine | 6,76 |
| Chaux | 31,43 | Chaux | 24,56 |
| Magnésie | 7,24 | Magnésie | 0,28 |
| Protoxyde de manganèse | 2,79 | Protoxyde de fer | 9,20 |
| — de fer | 0,93 | — de magnésie | 4,80 |
| Potasse | 2,60 | | |
| Sulfure de calcium | 3,65 | TOTAL | 99,86 |
| TOTAL | 99,56 | | |

La production et l'écoulement réguliers des laitiers est un élément important de la marche normale d'un haut fourneau, aussi s'est-on préoccupé des moyens d'éviter les obstructions et de faciliter la sortie de ces matières.

M. Lurmann a eu l'idée de faire marcher les hauts fourneaux à *poitrine fermée* et à écoulement constant. Le plus souvent on règle l'écoulement des laitiers et on limite en même temps la pression maximum du vent par l'établissement de la *dame*, dont la partie supérieure dépasse celle de la tympe. Il en résulte que le niveau des laitiers varie avec la pression du vent et qu'ils sont exposés à être projetés à l'extérieur quand la colonne de matière vitrifiée contenue dans la branche antérieure de cette espèce de siphon ne suffit plus pour équilibrer l'excès de la pression du vent. De plus la corrosion des parois réfractaires est rapide, par suite les arrêts de travail sont fréquents et l'allure irrégulière; enfin il est impossible d'établir des tuyères de ce côté de l'appareil. En fermant le haut fourneau et en laissant écouler les laitiers par une ouverture directement ménagée dans la paroi du fourneau, tous les inconvénients que nous venons d'indiquer sont évités.

Le dessin suivant représente en élévation (fig. 8) et en coupe (fig. 9) une tympe du système proposé par M. Buttgenbach dans l'ordre d'idée précédemment exprimé. B est la tympe en fonte, elle est construite sur le principe des tuyères à circulation d'eau dont nous avons déjà parlé. A cet effet, un tuyau de fer en forme de serpentin C est noyé dans la masse au moment de la coulée et ce tuyau reçoit un courant d'eau empêchant la fonte de fondre et de brûler. Les deux branches verticales de ce serpentin sont le plus rapprochées possible d'une fente B par laquelle coulent les laitiers. On voit en bas la dame et le trou de coulée A.

Les produits vitrifiés sortant du haut fourneau ne sont pas utilisables directement comme les scories d'affinage et de puddlage, leur faible teneur en fer s'y oppose. Ce sont des matières extraordinairement encombrantes ; pour en donner une idée nous dirons que dans un haut fourneau au coke produisant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

40 tonnes de fonte par vingt-quatre heures, le poids des laitiers ne s'élève pas à moins de 18 à 20 millions de kilogrammes par an. C'est par hectare qu'il faut compter dans une grande usine l'emplacement qu'ils occupent et par dizaines de mille francs qu'il faut évaluer les frais de manutention qu'ils occasionnent. On a essayé depuis déjà longtemps de les utiliser, on en fait du sable, des tuyaux, du verre, des briques, etc., le tout sans beaucoup de succès.

On a réussi cependant dans ces dernières années à fabriquer différents matériaux en laitiers. Ainsi voici le procédé recommandé par M. *Sépulchre*, directeur d'Aulnoye : on laisse couler les laitiers soit dans des moules, soit simplement dans des fosses creusées dans le sol, en ayant soin que l'écoulement ait lieu sous la croûte scorifiée et vitreuse qui recouvre la coulée ; le refroidissement doit être le plus lent possible. On obtient des pièces moulées ou des blocs plus ou moins fissurés dans lesquels on taille des pavés. Ce porphyre artificiel a réussi d'après les expériences de M. *Tresca* à une pression de 300 à 500 kilogr. par centimètre carré. Les essais auxquels on l'a soumis à Bruxelles, à Metz et à Paris ont donné de bons résultats.

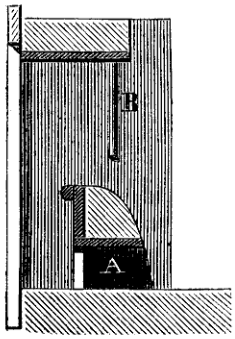



Fig. 8. — Élévation.

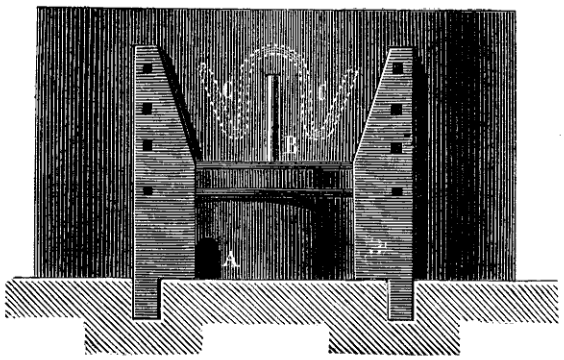



Fig. 9. — Coupe.

M. *Wood* a imaginé une machine pour mouler des briques de laitiers, et il emploie du sable de laitiers comprimé fortement avec du laitier : chaque machine peut faire 10,000 briques par jour.

A Moss-Bay, dans le Cumberland, M. *Hobson* a fabriqué des briques en se contentant de comprimer dans des moules convenables du laitier pulvérisé et humecté.

Nous citerons, pour terminer cette énumération, un produit assez curieux fabriqué avec du laitier et désigné depuis quelques années sous le nom de laine de laitier *Slag wool* ou de coton vitrifié, *silicate coton*. C'est à l'usine de *Tees Iron Works* qu'on est parvenu à le produire dans de bonnes conditions ; on lance un jet de vapeur sur le laitier fluide dans le trajet qu'il effectue depuis le point où il sort du fourneau jusqu'au chariot qui le reçoit. Les globules produits sont projetés en entraînant du fil de verre plus ou moins fin et flexible. On se sert de ce nouveau produit pour faire des enveloppes peu conductrices autour des chaudières et des tuyaux de vapeur.

**Les gaz.** — Pendant que la fonte s'accumule dans le creuset et que les laitiers s'écoulent par-dessus la dame, les produits gazeux des diverses réactions opérées dans la cuve du haut fourneau s'échappent par le gueulard. Autrefois on laissait perdre dans l'atmosphère ces gaz combustibles qui, prenant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

feu au sortir de l'appareil, formaient au-dessus des hauts fourneaux une immense colonne de flammes. Aujourd'hui ils sont précieusement recueillis; le gueulard fermé ne s'ouvre que pour donner passage aux charges successives des combustibles, des fondants et du minerai, et des tuyaux convenablement placés captent, au sortir de la cuve, ces précieux résidus. L'élément principal, celui qui donne à ces gaz leur valeur industrielle, c'est l'oxyde de carbone; il constitue souvent le tiers et même plus du volume total. Il y a en outre un peu d'hydrogène et d'hydrogène carboné, mais la proportion de ces gaz est insignifiante. Voici du reste un exemple de la composition des gaz d'un haut fourneau pris au gueulard.

| | |
|---|---|
| Azote | 57,06 |
| Acide carbonique | 11,39 |
| Oxyde de carbone | 28,61 |
| Hydrogène protocarboné | 0,20 |
| Hydrogène | 2,74 |
| TOTAL | 100,00 |

Mais la plupart des expériences faites dans le but de déterminer la proportion d'éléments combustibles restés dans les gaz sortant des hauts fourneaux, et par suite la mesure de leur valeur utile, ont été faites alors qu'on ne connaissait pas les effets de la dissociation. Aussi ces analyses faites sur ces gaz lentement refroidis indiquent comme achevées des réactions qui n'étaient encore qu'en voie de s'accomplir. M. Cailletet a constaté récemment ce fait en portant ses investigations sur des gaz refroidis brusquement.

Il a trouvé qu'à la température maximum produite dans les hauts fourneaux, l'oxygène pouvait exister en présence de l'oxyde de carbone et du charbon divisé. Ces gaz refroidis brusquement peuvent donc conserver un pouvoir calorifique considérable qu'ils n'auraient pas pu offrir si on avait laissé se développer tranquillement les réactions indiquées. On peut donc en tirer un parti plus avantageux en les faisant passer lentement après leur refroidissement sur un foyer en combustion qui les rallume.

Nous n'avons pas besoin d'insister ici sur les usages auxquels on destine les gaz des hauts fourneaux, le chauffage des chaudières et du vent sont les principaux.

**Mise en marche.** — Quand un haut fourneau vient d'être terminé, ou qu'après une longue campagne des réparations urgentes ont été achevées, il s'agit de le mettre en marche. Pour cela on place dans le creuset une tonne de vieux bois de charpente et par-dessus une certaine quantité de coke, puis on alterne des charges de coke et de fondant avec très-peu de minerai de manière à remplir l'appareil au tiers environ. On allume le feu qui se propage lentement jusqu'à la surface extérieure et, quand celle-ci est rouge, on continue à verser de nouveau des charges par le gueulard en augmentant peu à peu la quantite de minerai jusqu'à ce que le fourneau soit complétement plein. On donne alors le vent d'abord en petite quantité, puis en augmentant peu à peu pendant environ quarante-huit heures. C'est à ce moment seulement que, la pression et le débit du vent étant devenus maximums, les charges atteignent leur valeur normale.

**Coulée.** — Le nombre des coulées varie suivant les habitudes, il peut aller de 2 à 6 par vingt-quatre heures. On creuse dans le sable de la halle de coulée une série de rigoles parallèles ayant la forme qu'on veut donner aux gueuses.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces rigoles aboutissent d'un seul côté dans une sorte de fossé perpendiculaire à leur direction, et plusieurs de ces fossés communiquent avec un canal dans lequel se déverse la fonte en fusion.

Quand le moment est venu, on perce avec un ringard sur lequel on frappe les matières qui obstruent le trou de coulée. Aussitôt la fonte incandescente jaillit et remplit l'artère principale dans laquelle aboutissent les fossés desquels partent les rigoles dont nous avons parlé plus haut. Quand toute la fonte s'est écoulée, on laisse se refroidir lentement les gueuses incandescentes et, quand elles ont atteint une température assez basse pour qu'on puisse les toucher sans danger, il suffit de casser les points de jonction qu'on a à dessein maintenu d'une plus faible épaisseur, pour que les gueuses puissent être enlevées de la halle de coulée et emmagasinées.

**Dérangements.** — Les hauts fourneaux sont sujets à des dérangements fréquents. Les plus ordinaires sont dus à l'insuffisance du développement de la chaleur ou à une mauvaise combinaison entre les différents éléments des gangues, des fondants et des cendres conduisant à une fusion imparfaite des laitiers. La descente des charges se faisant alors d'une manière irrégulière ou nulle, des masses de matières agglomérées peuvent rester indéfiniment suspendues ou tomber tout à coup en produisant des accidents, comme par exemple la projection des fontes liquides et des laitiers par les ouvertures inférieures du haut fourneau.

Des explosions peuvent aussi se produire et être la cause de graves accidents. Par exemple, quand le nez des tuyères à circulation d'eau vient à se brûler, l'eau tombe dans le creuset et, en se réduisant instantanément en vapeur, projète à des distances souvent considérables la fonte et les laitiers en fusion.

Une surveillance active, un grand soin dans la composition du lit de fusion, dans la préparation et le choix des combustibles, peuvent seuls prévenir ces accidents.

**Les fontes et les hauts fourneaux à l'Exposition.** — Si l'on devait, juger de l'importance et de la qualité des produits d'après les échantillons exposés, la tâche serait impossible. A peu d'exceptions, près, les quelques morceaux de gueuses rompues, à cassure rouillée qu'on rencontre çà et là ne peuvent en aucune façon éclairer notre jugement. On comprend du reste que, pour des usines qui font tant de milliers de tonnes par an, il est bien facile de trouver, en vue d'une exposition, quelques échantillons d'une coulée réussie au milieu d'une production dont la moyenne serait médiocre.

Nous n'aurons donc que peu de chose à dire en ce qui concerne l'exhibition matérielle des produits qui nous occupent.

Les forges de Pompey (Meurthe-et-Moselle) ont exposé les modèles de deux hauts fourneaux avec appareils Whitwell : halle de coulée, machines soufflantes, monte-charges. Nous avons remarqué les fontes de la Société de Maubeuge, celles de Montataire, de Pont-à-Mousson, de la Société métallurgique de l'Ariége, de Ria (Hres-Pyrénées); cette usine avait envoyé de beaux échantillons des minerais spathiques de Thonent et des hématites de Sahorre et de Fillols.

Decazeville a envoyé ses fontes blanches, grises et truitées et les minerais qu'on y traite : l'oolithe de Moudalazac (Aveyron), les hématites de Kaymar, de Bilbao, etc. Plus loin étaient les fontes de Franche-Comté, de l'Horme, de Pouzin, d'Aubin, de Saint-Dizier. Les hauts fourneaux de Saint-Louis exposaient des spiegeleisens et de remarquables morceaux renfermant 74 à 87 % de manganèse.

Denain et Anzin exposaient les modèles de ses excellents hauts fourneaux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi que de la remarquable disposition générale de leur aménagement. Les hauts fourneaux de Marseille avaient envoyé de bonnes fontes d'affinage et de moulage ainsi que des minerais de Carthagène, de l'île d'Elbe et de Mokta-el-hadid. Le haut fourneau de Bruniquel qui emploie les hématites des Pyrénées et le minerai magnétique de Collo montraient des fontes très-manganésifères. On remarquait les produits d'Allevard et d'Aubin ainsi que quelques plans et modèles, entre autres ceux du four Witwell et du monte-charges à vapeur décrits plus haut et exposés par M. Guyennet.

L'industrie du haut fourneau en Angleterre était bien loin d'être représentée au Champ-de-Mars; en fait de fonte, on ne voyait guère que les produits de mine de Lindal-moor, de la Compagnie de Lillashall à Shifnal (Shropshire), de la Shelton Colliery and iron works, de Cleveland, de la Lithgow-valley, cette dernière dans les Nouvelles-Galles du sud en Australie.

Le groupe des mines suédoises était au contraire bien représentées : nous ne pouvons que citer les noms de Surahammar, Charlottenberg, Dommarfvet, etc.

La Grèce avait exposé les fontes de la Société hellénique, les fers magnétiques de Sériphо et de Chaïdari, les hématites d'Armyra-potamos, le manganite de Corinthe et de Andromonastiri en Messinie.

L'Espagne montrait les belles fontes de Bilbao, usine de Baracaldo, qui emploie les excellents minerais de Sommorostro.

La Russie avait une exposition remarquable : elle avait amené les échantillons provenant des usines de Kouchvinsk (Perm, de Paschie (Perm), d'Alexandrowdaz (Russie méridionale), de Nertchinsk (Sibérie), enfin les produits des usines Demidoff, fontes et spiegeleisen provenant des minerais de Vouissokogov dans l'Oural.

Nous terminerons cet article en donnant le statistique de la production des usines de France en 1877.

La production totale s'est élevée à un million 522 milles tonnes, sur lesquelles les fontes au bois donnent un total de 153,000 tonnes.

Les départements qui ont fourni le plus de fontes sont les suivants :

| | |
|---|---|
| Meurthe-et-Moselle. . . . . | 327,000 |
| Saône-et-Loire. . . . . | 150,000 |
| Nord. . . . . | 148,000 |
| Allier. . . . . | 95,000 |
| Gard. . . . . | 85,000 |
| Haute-Marne . . . . . | 84,000 |
| Ardèche. . . . . | 80,000 |
| Rhône. . . . . | 69,000 |
| Pas-de-Calais. . . . . | 60,000 |

Les départements qui en produisent le moins sont : l'Aube, l'Aude, l'Ile-et-Vilaine, la Mayenne, le Morbihan, la Sarthe, la Savoie, les Côtes-du-Nord et la Marne; ces neuf départements ne fournissent ensemble que 12,000 tonnes.

Hector Duffrené.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LA FONTE MALLÉABLE

PAR M. A. DALIFOL

**Historique.** — La fonte malléable tient aujourd'hui une grande place dans l'industrie et ses applications en sont excessivement nombreuses. Nous en avons constamment sous les yeux. Nous nous en servons journellement ; une grande partie des objets qui nous entourent en sont composés entièrement ou partiellement.

Malgré cela, elle est peu connue du consommateur, les industriels qui ont trouvé intérêt à l'introduire dans leur fabrication se sont abstenus de l'indiquer, ayant à redouter d'une part le préjugé qui s'attache à son nom de *Fonte* et d'autre part ne tenant pas à faire connaître les avantages qu'ils sont susceptibles d'en retirer.

Du jour où l'on a coulé les premières pièces en fonte ordinaire, l'on a dû se poser le problème d'adoucir la fonte, de la rendre malléable et résistante. Les premières recherches pour atteindre ce but, commencent vers l'année 1700.

RÉAUMUR, dans son ouvrage publié sur ce sujet en 1722, dit : « *qu'un particulier avait un secret pour adoucir le fer fondu jeté en moules.* » Le travail de Réaumur, sous le titre : *L'art d'adoucir le fer fondu*, est très-intéressant ; il y décrit d'une façon très-détaillée ses recherches et les appareils employés par lui.

L'on est frappé de voir que les principes qui y sont indiqués sont, à très-peu de chose près, ceux encore employés aujourd'hui. Les matières qu'il indique pour la décarburation sont des mélanges de craie, de chaux d'os et du charbon.

Le système de fours à recuire, dont il donne la description, serait encore applicable aujourd'hui, et, comme preuve, l'on peut indiquer un brevet pris par un industriel en 1877, qui n'est que la répétition du four décrit par Réaumur en 1722 (fig. 1).

La fig. 2 représente le fourneau en perspective, vu du côté où est l'ouverture par où l'on charge le creuset du milieu.

La figure 3 représente encore le fourneau en perspective et vu du côté opposé à celui qui paraît dans la figure précédente ; elle le représente vu du côté où l'on charge les petits creusets.

Ici les liens passent sur ces pièces de terre.

La figure 4 est composée de toutes les pièces de terre qui, arrangées les unes sur les autres, forment le mur du rapport qui doit boucher dans la figure 2 l'ouverture C D E E.

La figure 5 est une de ces pièces de terre, P P les poignées au moyen desquelles on la tire du fourneau.

Figure 6, même pièce à qui on a ôté son bouchon.

La figure 7 fait voir comment se rapportent les parties brisées des liens qui passent au-dessus des ouvertures des creusets.

La figure 8, coupe de 3 plaques mises les unes sur les autres, la plaque *a* entre dans les coulisses des plaques *b b*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

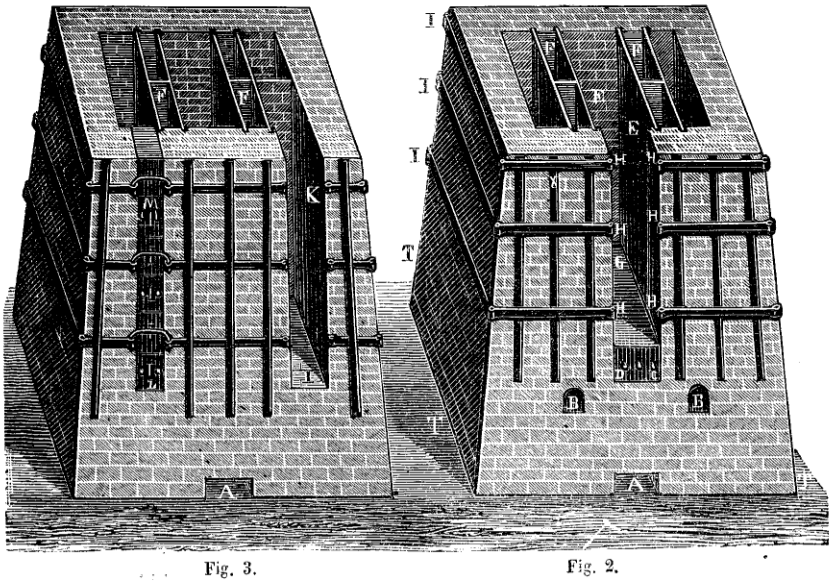



Fig. 3. Fig. 2.

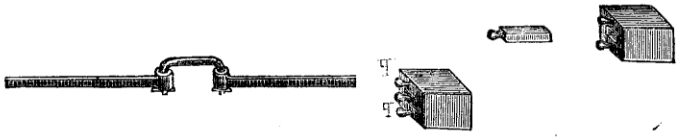


Fig. 7. Fig. 5. Fig. 6.

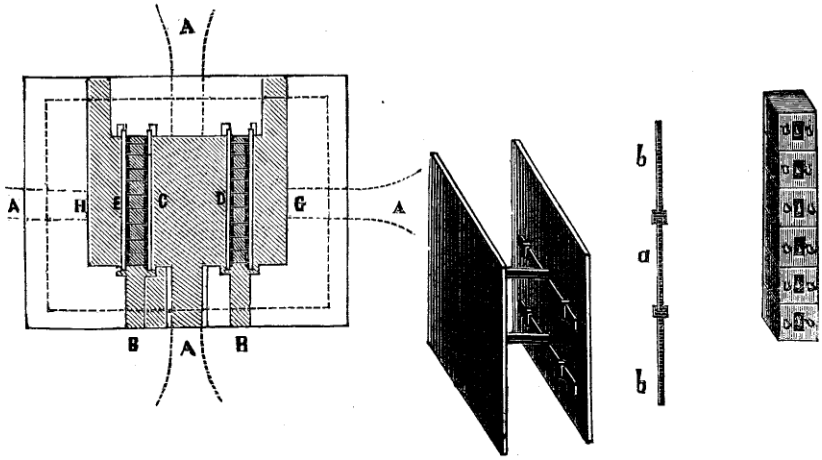



Fig. 1. Fig. 9. Fig. 8. Fig. 4.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Légendes des fig.* 1, 2 *et* 3.

Fig. 1. — *Four propre à adoucir le fer fondu* (plan). — A. A A A, les 4 conduits par où l'air entre dans le fourneau. — B B, ouverture par où l'on met le bois. — C D, les 2 plaques ou cloisons qui, ensemble, forment le creuset du milieu. — F F, les 2 plaques qui, avec une des faces intérieures du fourneau, composent les creusets des bouts E H F G. — E G D F, deux plaques qui servent à maintenir et à empêcher de se voiler celles entre lesquelles elles sont posées. On remarquera que dans les endroits où elles portent contre les autres plaques, contre les plaques des creusets, qu'il y a des coulisses qui servent à les empêcher de glisser à droite ou à gauche. — F G, petite plaque qui, comme les plaques D F E G, arc-boute la plaque F du creuset du bout.

Fig. 2. — A, ouverture qui donne entrée au vent. — B B, portes par où l'on met le bois. — G D E E, ouverture par où l'on charge le grand creuset, le creuset du milieu. — F F, les 2 petites plaques mises pour empêcher les plaques des creusets d'avancer, en se courbant dans les foyers. — Elles ne descendent pas à beaucoup près, jusqu'au bas des grandes plaques. — G marque l'ouvrage dont on a commencé à charger ce creuset. — I H I H I H, les liens du fourneau, dont on peut augmenter le nombre à volonté. Ils sont brisés en H, et dans le même endroit ont chacun une espèce d'anneau. — K K, une des barres verticales dont les 2 bouts sont engagés dans la maçonnerie du fourneau, et sur lesquelles les liens sont assujettis, soit avec des rivets soit avec des vis. — T T est le terrain qui se trouve élevé des deux côtés au-dessus du plan du fourneau. Il pourrait aussi couvrir l'ouverture A, l'enterrer.

Fig. 3 — A, ouverture par où l'air entre dans le fourneau. — E F, petite plaque qui soutient les grandes. — G, petite plaque par laquelle on arc-boutera aussi, si l'on veut, les plaques des creusets des 2 bouts. — I K, ouverture d'un des creusets des bouts. La partie de chaque lien, qui doit passer sur le creuset chargé, ne se trouve point ici. — L M montre en place toutes les pièces de terre, qui bouchent en entier l'ouverture du creuset lorsqu'il est chargé.

La figure 9 montre comment on peut lier ensemble les 2 plaques du creuset du milieu pour les empêcher de se voiler.

On suppose qu'on mettra des couvercles aux creusets et au fourneau, semblables à ceux qui ont été représentés dans les pl. III, IV et V; il est inutile de les répéter ici.

Ce n'est que vers 1800 que l'on commença à appliquer le minerai à la décarburation. *(Patente anglaise de Samuel Lucas.)*

C'est encore le procédé employé aujourd'hui.

Le problème est donc résolu depuis longtemps en principe, mais ce n'est que depuis 35 années environ que cette fabrication est devenu régulière en France, où à cette époque elle a été reprise avec le concours et sous la direction d'ouvriers anglais.

**Fabrication**. *Matières premières.* — Les fontes généralement employées pour cette fabrication proviennent d'hématite rouge, comme les fontes d'Ulverston; les fontes de cette contrée sont le plus en réputation, et celle connue sous le nom de fonte « *Lorn* » (la seule qui soit encore traitée au bois) est la plus estimée.

**Analyse.** — Les analyses des minerais hématites d'Ulverston donnent les résultats suivants :

| | |
|---|---|
| Peroxyde de fer | 86,34 |
| Oxide de manganèse, traces | » |
| Chaux carbonatée | 3,56 |
| Alumine, traces | » |
| Magnésie, traces | » |
| Silices et silicates | 8,32 |
| Soufre, traces | » |
| Eau, matières | » |
| Volatiles et pertes | 1,78 |
| TOTAL | 100.00 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Analyse des fontes de « Lorn » provenant d'hématite d'Ulverston.*

| | Blanche | Grise |
|---|---|---|
| Carbone combiné | 3,68 | 0 |
| — non combiné | » | 2,83 |
| Graphite | » | » |
| Silicium | 0,28 | 0,59 |
| Soufre | 0,10 | 0,03 |
| Phosphore traces | » | 0,10 |
| Manganèse | 0,05 | » |
| Fer | 95,72 | 95,25 |

La France, la Suède et l'Espagne produisent des fontes propres à la fabrication de la fonte malléable.

Depuis quelques années, il se fabrique en France et particulièrement à Marseille, aux hauts fourneaux de Saint-Louis, d'excellentes fontes spécialement traitées en vue de cette fabrication; ces dernières quoiqu'ayant été obtenues au coke ont toutes les propriétés de celles faites au bois et les dépassent même comme résistance.

La France n'est donc plus tributaire des autres pays, ses produits pouvant rivaliser et comme prix et comme qualité.

La fonte à la sortie du haut fourneau est coulée en petits gueusets, en vue de la deuxième fusion au creuset.

**Fusion.** — On emploie des mélanges de fonte blanche, truitée et grise suivant la grosseur et la destination des pièces à couler. La fusion peut se faire au creuset ou au cubilot ; mais, en raison des difficultés multiples de cette fabrication, l'on devrait toujours employer les creusets qui donnent bien plus sûrement une qualité régulière et n'admettre le cubilot, qui laisse beaucoup à désirer, que pour la fusion des pièces qu'il est nécessaire d'obtenir à bas prix ; car la mauvaise fonte malléable ne vaut certainement pas la bonne fonte ordinaire.

Les fours à fondre au creuset ou les cubilots employés n'ont rien de particulier. Les creusets contiennent environ 30 kilogr., sont chauffés au coke; la fusion varie de 1 heure à 1 h. 1/2, et, pour être certain d'obtenir bien moulées les pièces, qui généralement sont très-minées et d'une grande finesse, il faut arriver à une haute température. Les creusets en plombagine ou en terre conviennent également bien.

Si l'on emploie pour la fusion des fours à fondre à quatre creusets, il est indispensable de faire usage des creusets en plombagine, car la rupture d'un creuset compromet les trois autres.

**Moulage.** — Les pièces sont moulées dans les conditions ordinaires en sable vert où en sable d'étuve ; mais les moules doivent être aussi peu foulés que possible en raison de l'énorme retrait de ces fontes qui est de 18 à 20 millimètres par mètre, c'est-à-dire le double de la fonte ordinaire. Le démoulage, pour la même raison, doit se faire très-promptement avant le complet refroidissement. — L'on est conduit, pour les mêmes motifs, à observer et éviter, dans la construction des modèles, les trop grandes différences d'épaisseur qui seraient nuisibles, ainsi que les angles vifs sans congés ou des parties sur lesquelles le retrait ne peut se produire.

**Décarburation.** — Après la fusion, les pièces obtenues sont fragiles, cassantes et d'une grande dureté : il ne faudrait pas songer à les employer à cet état.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a soin de bien détacher le sable qui peut rester à la surface des pièces, afin qu'il ne se vétrifie pas pendant l'opération du recuit. Après le nettoyage les pièces sont soumises à la décarburation dans des fours dits « *Recuits.* » Ces fours sont des chambres rectangulaires plus ou moins hautes, suivant le mode de chauffage et de chargement. Les portes sont ménagées pour le chargement et le déchargement.

Ces fours peuvent être chauffés à la houille, au coke ou au gaz par des générateurs Siemens.

Il y a des fours circulaires continus, que l'on charge et décharge partiellement chaque jour, l'opération de décarburation durant de quatre-vingts à quatre-vingt-dix heures.

D'autres fours (1) continus, comme ceux chauffés par les générateurs Siemens, (dont on voit le plan ci-joint, fig. 2, pl. I,) se chargent et se déchargent d'une seule fois, mais sans arrêter le feu. On ralentit simplement au moyen de registres, et le chargement des creusets se fait au moyen de chariots qui servent à les enlever et à les introduire tout chargés dans le feu.

Dans les fours ordinaires chauffés à la houille le chargement se fait dans le four même, où l'on place d'abord le creuset pour le remplir ensuite des pièces à recuire.

Les pièces sont placées dans des creusets cylindriques en fonte, disposées par couches alternativement avec des couches d'hématite rouge, broyée en poudre assez fine pour bien envelopper les pièces et remplir les vides qu'elles laissent.

Lorsque le four est rempli suffisamment, que les creusets sont bien luttés pour éviter avec soin toute rentrée d'air, qui amènerait de l'oxydation et enlèverait toute qualité au métal, la température doit être poussée graduellement jusqu'à 800° environ et être maintenue, suivant la force des pièces à décarburer, pendant quatre-vingts à quatre-vingt-dix heures; puis on laisse également refroidir graduellement jusqu'à parfait refroidissement.

Pour le défournement avec les fours continus, lorsque l'on retire les creusets à une température élevée, il faut les abriter du contact de l'air froid et éviter un brusque refroidissement. Si le recuit n'atteint pas la température nécessaire malgré la durée prolongée, les pièces resteront cassantes; si, au contraire, la température est dépassée le minerai s'attache et forme corps avec les pièces et en rend le nettoyage impossible.

Lorsque les pièces sont d'une épaisseur dépassant 10 millimètres, il convient de leur faire subir une double opération de recuit.

**Cémentation.** *Trempe.* — Après le recuit, les pièces sont nettoyées à nouveau; suivant l'usage auquel on les destine, elles peuvent être employées ainsi ou subir de nouvelles opérations comme la *cémentation* et au besoin la trempe, tendant, en dehors de la résistance, à leur donner de la dureté superficielle pour résister aux frottements et acquérir les propriétés de l'acier, pour tranchants ou outils à découper, etc., etc.

Avec des matières de première qualité, un moulage bien compris, avec des charges où masselottes nécessaires pour compenser l'inconvénient du retrait du métal, une fusion à haute température et un recuit suffisamment long, au degré de température voulu, on est certain d'obtenir des pièces ayant toutes les propriétés physiques du *bon fer*.

**Propriété de la fonte malléable.** — L'aspect de la fonte malléable à la cassure varie suivant la force du recuit et le mélange des minerais employés. Les

(1) Voir les 5 figures de la planche I.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

zones qui paraissent indiquer le degré de décarburation ne doivent pas exister dans un produit parfaitement décarburé.

Sous la lime sa teinte est plus blanche que celle du fer, son poli plus brillant. Après la cémentation et la trempe le poli est aussi parfait que possible.

Son aspect extérieur est d'un gris bleu ardoisé, se rapprochant plus de la fonte que du fer.

Sa densité varie de 7,10 à 7,40

La fonte malléable est très-facile à travailler, sa dureté sous l'outil est à peu près celle du fer; un peu plus douce à la surface elle devient plus raide lorsqu'on a enlevé la première couche de 3 à 4 millimètres, qui est plus fortement décarburée.

Elle est poreuse; toutefois sa sonorité est grande, et elle convient parfaitement après cémentation et trempe à faire des timbres et des cloches. Si l'on craint de tremper ces objets, il est préférable de les employer avant le recuit.

La malléabilité étant toujours subordonnée à l'état moléculaire, il convient toujours, avant de soumettre une pièce à l'épreuve, d'observer l'état dans lequel elle se trouve; aussi, après avoir été martelée, étirée, cémentée ou même seulement chauffée, ne doit-on éprouver son élasticité qu'après un nouveau recuit, afin de ne pas avoir à craindre les effets du récrouissage qui se produisent inévitablement dans les transformations.

La fonte malléable peut être estampée, étirée, forgée et même soudée, mais en tenant compte de la chauffer avec beaucoup de soin à une basse température, et autant que possible en chauffant la pièce entièrement et non partiellement.

Sa résistance au feu est très-grande, aussi s'en sert-on comme creuset à recuire la fonte, pour barreaux et divers objets devant résister à de hautes températures, sans déformation.

D'après toutes les expériences faites depuis longtemps par M. le général Morin, MM. Tresca, Brull et les ingénieurs des Compagnies de chemins de fer, on peut affirmer que :

La résistance de la fonte malléable peut être comparée à celle du bon fer, c'est-à-dire de 30 à 40 kilogr. par millimètre carré suivant les épaisseurs. La qualité étant moins régulière dans les fortes pièces, le coefficient sera moins élevé ;

La fonte non recuite a une résistance de 14 à 15 kilogr., celle recuite de 30 à 40 kilog. avec un allongement de 10 à 15 millimètres par mètre ; mais en raison de son infériorité comme déformation, il convient d'éviter de lui faire supporter de forts chocs répétés.

*Expériences faites sur nos fontes et constatées par M. l'ingénieur* Tresca.

**Essais de flexion.** — Ayant pris une barre dont les sections étaient 0,01 × 0,0098 long : 0,60, a été chargée à son milieu et pour une une portée de 2 cent. = 0,570 de poids successifs variant de 8 en 8 kilog., l'observation des flèches au cathétomètre a donné les résultats suivants :

$a = 0{,}0098$
$b = 0{,}01$
$c = 0{,}285$

| | Charges en kilog. | |
|---|---|---|
| 8 | 1,96 | 2,45 |
| 16 | 4,01 | 2,51 |
| 24 | 5,98 | 2,49 |
| 32 | 7,90 | 2,49 |
| 0 | 20,22 | 2,55 |
| 448 | 14,48 | 3,01 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La dernière charge a évidemment dépassé la limite de l'élasticité, et en admettant pour cette limite la charge de 40 kilogr., on voit que la flexion moyenne est de 2,495 $^{m}/_{m}$.

Le moment d'inertie de la section est donné par la formule :

$$I = \frac{1}{12} a b^3 = 0{,}000{,}000{,}000{,}816$$

$$= \frac{P C^3}{3^f{,}1} \quad \text{on trouve}$$

$$E = \frac{500 \times 0{,}285{,}3}{3 \times 0{,}002495 \times 1} = 18{,}929{,}000{,}000$$

Ce coefficient d'élasticité est très-élevé et correspond au fer de bonne qualité

**Essais de flexion.** — La fonte malléable est surtout employée pour la fabrication de la serrurerie, de l'armurerie, des machines à coudre, de la balancerie, de la coutellerie, de la mécanique et de la quincaillerie.

On peut évaluer la production des différentes fabriques qui existent en France à 10,000 kilogr. par jour.

L'Angleterre et la Belgique en importent une assez grande quantité en raison du bas prix de production.

Aujourd'hui l'on oppose à la fonte malléable les petites pièces de forge faites en matrices et au découpoir, mais ce mode de fabrication a le grave inconvénient de prendre les pièces en tout sens ; les pièces sont presque toujours trop chauffées et si on les compare, comme résistance, à celles en fonte malléable, elles sont toujours inférieures.

Plus les pièces sont de forme tourmentée et difficiles à forger, plus la comparaison est avantageuse et en faveur de la fonte malléable.

Pour reproduire les anciens ouvrages en fer forgé, gardes d'épées anciennes et pour la serrurerie artistique, rien ne peut la remplacer.

Lorsque les pièces sont trop épaisses et que l'on ne peut avec sécurité, les faire en fonte malléable, il faut avoir recours aux moulages d'acier; car ce métal vient compléter les résultats obtenus avec la fonte malléable en permettant d'obtenir des pièces d'un poids considérable sans avoir égard aux épaisseurs ou dimensions. Là où la fonte malléable finit, la fonte d'acier commence.

DALIFOL.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# MÉTALLURGIE

## L'ACIER

PAR M. GEORGES DELAPORTE, INGÉNIEUR CIVIL.

### SOMMAIRE.

AVANT-PROPOS. — Définition. — *Diverses fabrications de l'acier en employant comme matières premières* : 1° *Le minerai :* Acier naturel au bas foyer, procédé Chenot. — 2° *Le fer :* Cémentation en caisses, procédé anglais. Cémentation au creuset, procédé indien. — 3° *La fonte :* Au bas foyer, acier puddlé, procédé Bessemer, procédé Bérard. — 4° *Le fer et la fonte :* Au creuset, acier par réaction. Au four à réverbère, procédé Martin-Siemens. — 5° *La fonte et le minerai :* Procédé Siemens. — *Affinage de l'acier :* 1° Par fusion au creuset. 2° Par corroyage. — *Fabrication secondaire :* Acier phosphoreux, acier moulé, ferro-manganèse. — *Essais des aciers.* — *Analyse chimique.* — *Généralités sur l'acier.* — *Emploi de l'acier.* — Fabrication des rails, fabrication des bandages. — *Aciéries Cockerill.* — *Aciéries du Rhin.* — *Aciéries Krupp.*

VISITE A L'EXPOSITION. — Le Creusot, Saint-Chamont, Terre-Noire, Hauts Fourneaux de Saint-Louis, Commentry-Fourchambault, J. Holtzer et Cie, Denain et Anzin, Fourneau-Convertisseur Ponsard, A. Dalifol, Firminy, Aubin, Saint-Etienne, Pierre Em. Martin, Société Cockerill, Angleur, Société I. R. P., Société d'Innerberg, Dannemora, Steel Works, Brown Bailey et Dixon, John Brown et Cie, Forges du Clercland, Comptoir des Forges de Suède.

### AVANT-PROPOS.

Nous avons divisé le chapitre de l'acier en deux parties : dans la première nous décrirons rapidement les principaux modes de fabrication employés dans l'industrie ; dans la seconde, nous traiterons seulement les questions relatives aux méthodes, appareils et produits qui étaient au Champ-de-Mars. Cette seconde partie sera donc le résultat des observations recueillies dans la visite à l'Exposition ; et la première partie, qui sera une revue rétrospective, lui servira d'introduction. Nous n'avons donc pas la prétention de faire un cours de métallurgie, mais nous allons essayer d'exposer brièvement la métallurgie de l'acier, afin de mettre tous nos lecteurs à même d'apprécier les résultats que l'Exposition a mis en lumière.

#### Définition.

En commençant ce chapitre si important de la métallurgie actuelle, nous nous trouvons dans la singulière position de ne pas pouvoir donner à nos lecteurs la définition officielle du mot acier.

D'après M. Littré, acier vient du bas latin *aciarium*, de *acies* proprement dit, pointe, tranchant ; cette étymologie indique que les premiers aciers, connus depuis la plus haute antiquité, servaient exclusivement à la fabrication des armes et des outils, et la trempe était par suite la qualité essentielle des aciers. C'est donc en raison de ces emplois spéciaux que l'on appelait *acier, une combinaison du fer avec le carbone susceptible de durcir par la trempe*, ce caractère étant commun à tous les aciers que l'on pouvait alors obtenir.

Depuis quelques années on est arrivé à fabriquer l'acier par de nouveaux procédés qui, dépassant les résultats recherchés par les premiers inventeurs, ont donné toute une série de combinaisons du fer avec le carbone, dont une



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partie des types ne prennent que peu ou point la trempe, et qui par suite ne sont plus du tout utilisables de la même manière que les anciens produits, et qui, dans tous les cas, ne rentrent plus dans la définition primitive du mot acier. Doit-on modifier la définition primitive, ou donner des noms spéciaux aux nouveaux produits obtenus? Telles sont les deux opinions qui divisent les savants dans tous les pays sans qu'une solution officielle ait été admise. Le défaut de l'ancienne définition, ainsi que de toutes celles que l'on a proposées en se basant sur une des propriétés de l'acier, est de créer une ligne de démarcation arbitraire entre les produits formant une échelle continue par rapport à chacune de ces propriétés.

Que l'on prenne la trempe, la résistance à la traction, la ductibilité ou la teneur en carbone comme caractère distinctif, on classera les produits suivant un ordre continu, et il n'y a aucune raison pour placer la séparation entre le fer et l'acier à tel ou tel point. Ces échelles étant parfaitement continues, les types extrêmes des deux catégories seraient identiques, et, sans la pratique, il sera difficile de reconnaître si tel ou tel échantillon appartient à tel ou tel des deux groupes. On verrait alors deux produits obtenus par le même traitement des mêmes matières premières, et ne différant entre eux que de quantités inappréciables sinon à la plus rigoureuse analyse, classés les uns comme aciers et les autres comme fers.

On peut éviter ces inconvénients en admettant une nouvelle définition proposée par un grand nombre de savants de tous pays et à laquelle la pratique semble donner raison.

Cette nouvelle définition est basée sur la manière dont les molécules ont été réunies les unes aux autres, tout métal malléable obtenu par voie de fusion prenant le nom d'acier, et le nom de fer étant réservé aux produits dans lesquels les molécules ont été réunies par soudage sans fusion. Cette définition crée entre les deux types une différence essentielle qui est la structure.

En admettant cette définition, on se trouvera en présence de deux espèces de produits nettement séparés, et présentant chacune toutes les variétés de dureté, depuis le métal le plus doux jusqu'au plus dur, les types parallèles ne différant entre eux que par le mode de réunion des molécules, par la structure. Et pour comprendre tous les produits de la métallurgie, on n'aura besoin que des trois définitions qui suivent :

Fonte, métal fondu non malléable ;
Acier, métal fondu et malléable ;
Fer, métal non fondu et malléable.

Cette nouvelle définition de l'acier n'est pas encore complétement admise par tout le monde, mais c'est celle qui nous semble préférable ; nous traiterons néanmoins d'autres fabrications qui ne seraient pas classées comme acier dans cette nouvelle définition, mais qui ont conservé ce nom en pratique.

### Fabrication de l'acier.

Laissons donc de côté cette question de la définition de l'acier, qui a été traitée dans un congrès, mais qui, à notre avis, ne pourra être résolue que par la pratique et avec le temps; nous allons décrire les différents modes de fabrication de l'acier en passant rapidement sur les méthodes abandonnées, qui ne présentent plus qu'un intérêt scientifique, et sur celles qui, étant pour ainsi dire dérivées de la fabrication du fer doux, ont déjà été traitées par M. G. Anceau dans un autre chapitre, page 65.

Nous avons divisé les différents modes de fabrication de l'acier en cinq classes, d'après la matière employée et non d'après l'appareil qui sert à la fabrication.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## Fabrication de l'acier en traitant directement le minerai.

1° Acier naturel au bas foyer;
2° Procédé Chenot.

*Acier naturel.* — Ce n'est en réalité qu'un fer aciéreux, nommé du reste également fer cédat, que l'on obtient comme le fer ordinaire par le procédé catalan, en suivant exactement la même méthode. Les minerais qui donnent les meilleurs résultats sont ceux qui contiennent du manganèse, mais cette fabrication est tellement délicate que l'on n'est jamais certain d'arriver au but cherché. Le métal obtenu, comme le fer, en loupes spongieuses, n'est pas homogène, il présente des parties plus ou moins carburées; pour faciliter la carburation, il faut conduire l'opération lentement et avoir soin d'employer assez de charbon pour que cette carburation puisse se produire. L'acier ainsi obtenu est ordinairement affiné par le corroyage avant d'être employé.

*Procédé Chenot.* — M. Chenot était parti de cette idée qu'il est illogique de carburer le minerai pour obtenir la fonte, et de décarburer ensuite cette fonte pour produire du fer ou de l'acier, et il est arrivé à créer un procédé direct qui, théoriquement, est plus rationel. Le minerai est d'abord grillé en tas, puis concassé pour arriver à des morceaux de la grosseur d'un œuf. On mélange ce minerai avec du charbon de bois en ayant soin de mettre un peu plus que ce qui est nécessaire à la réduction; on charge le mélange dans une cornue verticale en briques réfractaires hermétiquement fermée, et dont la disposition permet un chargement et un déchargement continus.

Cette cornue est chauffée extérieurement à une température suffisante pour opérer la réduction du minerai, mais sans atteindre la fusion de la gangue; aussi la seule condition que le combustible ait à remplir est qu'il puisse élever les parois de la cornue au rouge vif. Dans une première période, le minerai est réduit par le charbon qui se transforme en oxyde de carbone et en acide carbonique, et, l'action se prolongeant, il se forme une carburation qui est proportionnelle à la durée de l'opération. On obtient ainsi de l'éponge de fer plus ou moins carburée mélangée à la gangue du minerai. Cette éponge est pyrophorique, c'est-à-dire que si on la défournait chaude, elle brûlerait au contact de l'air et reformerait de l'oxyde de fer, c'est pourquoi on fait suivre la cornue d'un refroidissoir en tôle dans lequel on laisse refroidir l'éponge avant de la défourner. On trie, puis on broye l'éponge sous des meules, et on la fond dans des creusets après l'avoir comprimée pour qu'elle tienne moins de place. On ajoute un fondant pour rendre la gangue plus fluide si cela est nécessaire, et on opère la fusion dans un four quelconque.

Chaque cornue peut produire environ 2400$^{k}$ d'acier par 24 heures, une usine doit donc se composer d'un certain nombre de ces cornues, et, pour diminuer les frais d'établissement et de chauffage, on construit des fours de 2 et 3 cornues.

Ce procédé exige des minerais de fer riches et purs tels que ceux de Suède et d'Espagne, mais il permet d'employer tous les combustibles par suite de la température peu élevée qu'il nécessite. On a établi plusieurs usines pour l'exploiter, en France, en Belgique et en Russie; il est encore employé en Espagne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Fabrication de l'acier en employant le fer comme matière première.**

1° Cémentation en caisse, procédé anglais;
2° Cémentation au creuset, procédé indien.

*Cémentation.* — On appelle ainsi la propriété que possède le fer de se carburer lorsqu'on le chauffe au rouge au contact d'une matière riche en carbone. C'est ainsi que l'on obtient le fer cémenté; mais, en élevant un peu plus la température et en prolongeant suffisamment l'opération, on arrive jusqu'à reproduire la fonte. La carburation commence à la surface et gagne petit à petit le centre des barres, aussi faut-il beaucoup de temps pour obtenir une certaine homogénéité que l'on ne peut rendre parfaite que par l'affinage et surtout par la fusion. On a fait plusieurs théories de ce phénomène de carburation en attribuant la réaction à un état particulier du carbone employé, ou à la présence d'un corps auxiliaire; mais M. Sainte-Claire Deville a démontré que le diamant et l'oxyde de carbone pur peuvent carburer le fer. Le cément le plus généralement employé est le charbon de bois de chêne. Cette opération ne change rien à la qualité du métal employé; pour obtenir des aciers de bonne qualité, il faut donc employer des fers purs de composition.

1° *Cémentation en caisses.* — On place le fer cassé en morceaux dans des caisses en tôle avec du charbon de bois réduit en poussière, et l'on chauffe ces caisses au rouge pendant plusieurs jours dans des fours spéciaux. Le degré de carburation est proportionnel au temps de l'opération, la limite maximum étant de 1,75 % de carbone environ.

Avant de placer les barres de fer dans les caisses, il faut les casser pour examiner le grain et rejeter toutes les barres présentant des défauts, car ces barres seraient la cause de mauvais résultats dans l'acier, même après la fusion. Le charbon de bois qui n'est pas consommé ne doit cependant pas être employé indéfiniment, car, après cinq à six opérations, il a perdu ses propriétés comme cément. On utilise même ce fait en employant pour le fond des caisses du poussier moins frais que pour le dessus, où l'action est moins active. On arrive ainsi à peu près à un résultat uniforme dans toute la caisse.

L'opération doit être conduite avec beaucoup de soins afin de ne pas dépasser la température convenable, car il suffirait d'un excès de chaleur pour former des gouttes de fonte qui pourraient perdre à la fois les caisses et le fer employé.

Après le temps nécessaire, on laisse refroidir les caisses complétement, puis on retire les barres qui se sont recouvertes d'ampoules, d'où vient le nom d'acier-poule donné au fer cémenté.

On casse chaque barre, on rejette toutes celles qui présentent des défauts, et on classe les autres par dureté pour les affiner ensuite, car la fusion de barres de dureté un peu différentes ne donnerait pas un acier homogène.

*Cémentation au creuset ou carburation par fusion.* — Ce procédé a été connu des Indiens depuis la plus haute antiquité. Ils emploient de petits creusets en terre cuite contenant de $^1/_2$ à 1 kilog. de fer avec $^1/_{10}$ en poids de bois séché; ils empilent une vingtaine de ces creusets ainsi préparés, ils les entourent de charbon de bois et activent la combustion au moyen du vent. L'opération dure de trois à quatre heures, ensuite on retire l'acier en petits culots solides que l'on chauffe pendant plusieurs heures près du point de fusion, pour leur faire perdre une partie du carbone qu'ils contenaient d'abord et qui avait facilité la fusion; on les laisse refroidir lentement, et on les martèle au rouge sombre. Cet acier porte le nom d'acier Wootz. Ce procédé a été repris et perfectionné en Europe, mais sans jamais donner des résultat importants.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## Fabrication de l'acier au moyen de la fonte.

1° Au bas foyer;
2° Au four à pudler;
3° Par le procédé Bessemer;
4° Par le procédé Bérard.

*Fabrication de l'acier au bas foyer.* — On peut fabriquer l'acier au bas foyer comme le fer, mais en arrêtant l'affinage un peu avant la fin de l'opération.

Les fontes employées doivent être pures pour donner de bons résultats, et les petites variations que présente cette fabrication ne proviennent que des différences de composition des fontes traitées

*Acier puddlé.* — C'est la même fabrication que le puddlage pour fer, mais il ne faut employer que des fontes pures, ne contenant que peu de soufre et de phosphore, et arrêter l'opération avant que la décarburation soit complétement effectuée. Le manganèse est très-utile pour donner de la fluidité aux scories, mais en excès il pourrait attaquer la sole du four si la fonte n'était pas assez riche en silicium; aussi, suivant les cas, il convient d'ajouter à la charge du manganèse, du quartz ou des scories riches de l'un ou de l'autre. On forme cet acier en loupes, on le cingle et on l'étire comme le fer, puis on classe les barres d'après l'aspect de la cassure en différents numéros de dureté.

*Affinage par insufflation d'air, procédé Bessemer.* — On obtient l'acier par ce procédé en faisant passer des jets de vent à travers une masse de fonte en fusion. C'est en 1855 que M. Henri Bessemer prit son premier brevet; depuis, il y a ajouté un grand nombre de perfectionnements. On emploie deux natures de fontes distinctes :

1° Fontes grises très-pures au bois en Suède et en Styrie; ces fontes sont en général assez manganésifères.

2° Fontes au coke grises, mais contenant du soufre et du phosphore. On ajoute au cours de l'opération une fonte carburée miroitante très-manganésifère. On emploie des fontes de première ou de seconde fusion, c'est-à-dire que l'on amène directement la fonte au sortir du haut fourneau dans l'appareil où elle est soumise à l'action du vent, ou bien que l'on se sert de fontes déja produites et refroidies que l'on refond au moment de les soumettre à l'action du vent. Le premier procédé permet d'économiser du combustible et des déchets, mais il n'est pas possible de s'assurer exactement de la nature de la fonte que l'on traite, et la moindre variation dans la marche du haut fourneau peut compromettre la fabrication de l'acier.

Quand on emploie des fontes de seconde fusion, on peut traiter des mélanges de fontes dosées, et l'on est certain d'arriver à une composition et par suite à une nature d'acier déterminée. Cette seconde fusion s'opérait primitivement au four à réverbère, il n'y avait pas contact du métal avec le combustible, et on pouvait chauffer à la houille sans craindre de faire passer les impuretés dans la fonte; mais la fonte perdait par ce chauffage une grande partie de son carbone et surtout de son silicium qui sont nécessaires à l'affinage pneumatique; depuis quelques années, on préfère l'emploi de cubilots chauffés avec du coke aussi pur que possible. Comme le dit très-bien M. Jordan : Les fontes employées doivent avoir deux qualités essentielles : être assez chaudes et assez pures. Assez chaudes, c'est-à-dire contenir assez de silicium pour que la combustion de ce corps fournisse la température nécessaire à l'opération, et assez pures parce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que les impuretés ne sont pas éliminées par ce procédé et qu'une teneur trop forte nuirait à la qualité de l'acier produit.

L'appareil dans lequel se fait l'affinage a pris le nom de convertisseur; ce n'est qu'un cubilot soufflé d'une façon particulière. Il y en a deux types : les uns fixes ou suédois, les autres mobiles et oscillants, ou anglais, mais tous deux imaginés par M. Henri Bessemer.

Le convertisseur fixe, le premier inventé, est encore employé en Suède; c'est un cubilot dont les parois latérales sont percées de tuyères qui débouchent horizontalement tout près du fond de l'appareil. Toutes ces tuyères communiquent avec le conduit à vent qui fait le tour de l'appareil. La fonte liquide est introduite à mi-hauteur par une trémie, et la sole est un peu inclinée vers un trou de coulée par lequel on fait échapper l'acier terminé. L'appareil se termine par un bec qui conduit les produits de la combustion dans une cheminée.

Le convertisseur mobile ou oscillant est employé en France, en Belgique, en Amérique, en Angleterre et en Allemagne; il a à peu près la forme d'une cornue et est construit de plaques de fonte ou de tôle garnies de pizé réfractaire. Il porte autour du centre de gravité une ceinture en fonte creuse en partie, munie de deux tourillons : l'un d'eux est creux et sert d'entrée au vent, l'autre est plein et porte une roue d'engrenage mue par une crémaillère actionnée par un piston et un cylindre à vapeur ou hydraulique. L'air est amené par un conduit latéral de la ceinture sous le fond qui est muni de tuyères. Ces tuyères sont des cônes d'argile réfractaire percés de trous de 1 centimètre; c'est par ces trous que l'air arrive dans la fonte. Le fond est la partie la plus délicate de l'appareil et celle qui s'use le plus vite, aussi faut-il pouvoir le changer facilement. Le volume du convertisseur doit être d'environ six fois le volume de la fonte que l'on y introduit, et il faut que sa section soit suffisante pour que la fonte ne dépasse pas une hauteur de 50 centimètres, afin que la pression du vent soit suffisante pour lui faire vaincre la résistance qu'il éprouve à traverser la masse de fonte liquide. Il faut aussi que la forme du convertisseur soit telle, qu'une charge entière de fonte liquide puisse tenir dans l'appareil lorsqu'il est couché, sans passer ni par les tuyères ni par le bec. On construit de ces convertisseurs pour des charges variant depuis 3 jusqu'à 12 tonnes, mais les dimensions les plus employées sont celles des convertisseurs de 5 à 7 tonnes.

L'avantage du convertisseur mobile sur le convertisseur fixe est que l'on peut arrêter l'opération à volonté; il suffit pour cela d'amener l'appareil dans la position horizontale, la fonte se loge dans la partie concave de l'appareil, et l'on peut arrêter le vent sans que la fonte s'échappe par les tuyères, ce qui aurait lieu dans le convertisseur fixe si on arrêtait le vent tant qu'il y a de la fonte dans l'appareil. Cet avantage permet de faire des prises d'essais et de continuer l'opération si on le juge nécessaire, ou bien d'ajouter des matières destinées à agir sur le bain. Avec le convertisseur fixe on ne peut arrêter l'opération, et l'on est même obligé de continuer à souffler jusqu'à ce que l'appareil soit complétement vidé, c'est ce qui fait que le convertisseur suédois ne se prête qu'au traitement de fontes très-régulières, parfaitement connues d'avance.

*Opération.* — Nous décrirons l'opération telle qu'elle s'accomplit avec le convertisseur mobile. On commence par chauffer le convertisseur avec du coke et un faible courant d'air, de façon à amener les parois réfractaires au rouge sombre; alors on renverse le convertisseur au moyen de l'engrenage à crémaillère pour faire tomber les escarbilles, puis on le ramène à la position horizontale et on y introduit la fonte liquide au moyen d'un caniveau en tôle garni de briques réfractaires. Lorsque la charge est complète, on laisse pénétrer le vent dans l'appareil et on le ramène à la position verticale; la pression du vent doit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donc être supérieure à la pression produite par la hauteur de fonte liquide pour qu'elle ne s'écoule pas par les trous des tuyères et que le vent passe dans la masse.

On voit d'abord sortir un flot d'étincelles qui continue pendant toute la première période, nommée période de scorification ou des étincelles; le vent fait peu de bruit. Après un certain temps, le dard de flamme augmente de longueur. C'est pendant cette période que se fait la décarburation. A mesure que l'opération avance les raies du spectre s'effacent, et lorsque l'on ne voit plus que celles du sodium, la décarburation est terminée. La flamme se raccourcit brusquement, il se dégage des fumées et le bruit cesse. Si on continuait à souffler, on brûlerait du fer en pure perte; on amène l'appareil à la position horizontale et on arrête le vent.

Le métal fondu, que l'on a alors, contient toujours une petite quantité d'oxyde de fer qui le rend rouverin et complétement inutilisable. Pour remédier à cet état, on ajoute au bain de la fonte blanche miroitante (spiegel-eisen) en faisant varier la quantité suivant sa composition et suivant l'effet que l'on veut obtenir. Cette fonte est riche en carbone et en manganèse; le manganèse réduit l'oxyde de fer répandu dans la masse, la réaction est indiquée par la formule $Fe^3O^4 + MN = 3Fe\,O + Mn\,o$. Le peroxyde est ramené à l'état de protoxyde qui se combine avec la silice et passe dans les scories avec l'oxyde de manganèse. Le carbone vient recarburer la masse et l'on règle la quantité de spiegel à ajouter d'après le degré de carburation de l'acier que l'on veut obtenir.

Pour les aciers très-doux, le spiegel-eisein ne suffit pas, il ne contient pas assez de manganèse pour la quantité de carbone que l'on ne peut pas dépasser. On emploie alors les ferro-manganèse. On ajoute ce ferro-manganèse froid ou chaud, ce qui est préférable. Le spiegel-eisen s'ajoute à l'état liquide, il est fondu dans un petit cubilot chauffé au coke et soufflé. Si le bain a été bien décarburé, il se produit une belle flamme jaune au moment où on ajoute le spiegel, sinon l'absence de flamme indiquerait que l'on a arrêté l'opération trop tôt, et il faut alors redonner un coup de vent pour ne pas avoir un acier trop dur.

En Suède, on procède encore comme dans les premiers essais parce que l'on a des fontes très-pures et très-régulières. On a reconnu qu'en arrêtant à tel ou tel instant, on arrive à une dureté spéciale que l'on classe par numéros. Comme les fontes sont toujours les mêmes, on sait par le temps que l'opération a duré qu'il est temps d'arrêter et on ne fait pas de récarburation finale. En Styrie, on ne conduit pas non plus l'opération jusqu'à la décarburation complète, et on se guide pour arrêter l'opération au point voulu sur l'examen de la flamme au spectroscope; mais, pour que ce procédé soit possible, il faut toujours traiter la même nature de fonte. Nous avons vu également employer ce procedé à Seraing dans la nouvelle fonderie où l'on traite, par coulée directe, la fonte de deux hauts fourneaux de l'usine.

*Essai de la scorie.* — Lorsque l'on traite des fontes très manganésifères, il se produit des poussières rougeâtres qui gênent l'examen de la flamme; on fait alors de temps en temps des prises de scorie en arrêtant l'opération, et en introduisant dans le convertisseur une barre de fer qui se recouvre de scorie à la couleur de laquelle on juge le degré de carburation du bain.

| | | |
|---|---|---|
| Jaune citron indique | 0,75 | % de carbone |
| Orange — | 0,60 | — |
| Brun clair — | 0,45 | — |
| Brun foncé — | 0,30 | — |
| Brun tirant sur le bleu | 0,15 | — |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De plus, ce laitier contient de petits globules d'acier, et avec un peu d'expérience on peut juger très-exactement de la dureté de l'acier par la force qui est nécessaire pour aplatir ces globules en les frappant avec un marteau.

*Essai de l'acier.* — Dans quelques usines on fait encore un autre essai lorsque l'on croit être arrivé au degré convenable de dureté et avant de verser l'acier du convertisseur. Cet essai consiste à faire une prise d'acier de 2 kilog. environ au moyen d'une longue cuiller que l'on plonge assez avant dans le convertisseur pour retirer de l'acier; on porte cette prise d'acier à un petit marteau-pilon; la quantité est assez faible pour qu'une demi-minute environ suffise à solidifier ce petit lingot de manière à ce que l'on puisse le marteler; quand il est arrivé à une épaisseur de 6 à 7 $^{m}/_{m}$, l'ouvrier le plonge dans l'eau froide et le casse ensuite. Avec un peu d'habitude, cet essai suffit pour classer l'acier et voir si l'on a obtenu la dureté convenable.

*Fontes à Bessemer.* — Comme nous l'avons déjà dit : pour qu'une fonte puisse donner de bons résultats lorsqu'on la traite par le procédé Bessemer, il faut qu'elle soit assez chaude, c'est-à-dire qu'elle contienne assez de silicium et de carbone pour que la combustion de ces corps permette d'atteindre la température de fusion de l'acier, et qu'elle soit assez pure afin que les impuretés : soufre, phosphore, qui ne sont pas éliminées par l'opération, ne se trouvent pas en quantité suffisante pour nuire à la qualité de l'acier obtenu. Le soufre et le phosphore n'étant pas éliminés par l'affinage et la masse totale diminuant, leur proportion augmente; elle est plus grande dans l'acier que dans les fontes employées. Pour obtenir un acier de bonne qualité, propre à la fabrication des rails, bandages et essieux, il faut traiter une fonte contenant au moins 2,4 % de silicium et pas plus de 0,08 % de soufre et 0,10 % de phosphore. Ces nombres peuvent du reste être un peu dépassés quand la fonte contient du manganèse; malheureusement ce corps a l'inconvénient de rendre la charge pâteuse; au delà de 2 %, il produit trop des projections.

Voici les compositions de quelques fontes employées aux usines de la Société Cockerill à Seraing (Belgique) pour la fabrication de l'acier Bessemer. Je dois ces analyses à l'obligeance de M. Greiner, directeur des aciéries de la Société.

*Fontes hématites anglaises employées pour la fabrication d'aciers pour tôles, bandages, essieux.*

| | MARYPORT. | | CLÉATOR. | LOUSDALE. | MON BAY. | DERIVENT. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Si* | 2,60 | 2,75 | 2,30 | 3,25 | 2,70 | 2,80 |
| S | 0,04 | 0,075 | 0,065 | 0,03 | 0,08 | 0,06 |
| *Ph* | 0,055 | 0,045 | 0,04 | 0,04 | 0,045 | 0,05 |
| *Mn* | 0,35 | 0,20 | 0,15 | 0,20 | 0,35 | 1,40 |

Fontes des hauts fourneaux de l'usine de Seraing, coulée directement au convertisseur.

*Production de 50 à 55 tonnes par jour et par haut fourneau.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Si* | 2,05 | 1,92 | 2,20 |
| S | 0,07 | 0,08 | 0,08 |
| *Ph* | 0,09 | 0,07 | 0,085 |
| *Mn* | 2,10 | 2,04 | 2,50 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On emploie aussi à Seraing des fontes refondues aux cubilots, ou de deuxième fusion dont voici deux exemples :

| | Fonte pour bandages. | Fonte pour rails. |
|---|---|---|
| Si. . . . . | 1,90 | 1,25 |
| S. . . . . | 0,06 | 0,08 |
| Ph. . . . . | 0,05 | 0,09 |
| M . . . . . | 1,05 | 1,50 |

Remarquons que dans ces analyses on n'a pas porté la quantité de carbone qui varie peu autour de 3,3 %.

Voici deux exemples de composition de charges de fontes de 2me fusion traitées aux Aciéries du Rhin :

*Composition d'une charge de fonte destinée à produire de l'acier pour essieux.*

| | | Si | So |
|---|---|---|---|
| Fontes de Askam. . . . . | 1,000k | 3.67 % | 0,016 |
| — Lonsdale . . . . . | 2,500 | 2,20 | 0,005 |
| — Millom . . . . . | » | » | » |
| — Maryport . . . . . | 500 | 2.50 | 0,010 |
| — Moss Bay. . . . . | 500 | 3.50 | 0,081 |
| — Spiegel de Siegen . . | 510 | 1,35 | 0,015 |
| Vieux rails. . . . . | 500 | 0,1 | 0,080 |
| Moyenne | Si — 2,34 | | |
| — | So — 0,026 | | |

*Composition d'une charge de fonte destinée à produire de l'acier pour bandages et rails.*

| | | Si | So |
|---|---|---|---|
| Fontes de Lonsdale . . . . . | 2,000k | 2.30 % | 0,005 |
| — Askam . . . . . | 1,500 | 3.67 | 0,016 |
| — Millom . . . . . | 500 | 2.20 | 0.072 |
| — Maryport . . . . . | 400 | 2.50 | » |
| — Moss Bay . . . . . | 500 | 3,50 | 0,081 |
| — Spiegel de Siegen . . | 500 | 1.35 | 0,015 |
| — Rails . . . . . | 500 | 0.10 | 0.080 |
| Moyenne | Si 1,47 | | |
| — | So 0,025 | | |

Après l'opération, on ajoutait dans ces aciers 500 kilog. de spiegel de Wissen; les déchets étaient de 11 %.

En Amérique, on possède des fontes relativement très-pures qui conviennent parfaitement au traitement par le procédé Bessemer. Voici, par exemple, trois analyses de fontes provenant des minerais du lac Champlain :

*Fontes à Bessemer.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Carbone. . . . . | 3.600 | 3,470 | 3,200 % |
| Silicium. . . . . | 3,450 | 2,800 | 2,070 |
| Manganèse . . . . . | 0.060 | 0.080 | 0,100 |
| Soufre. . . . . | 0,026 | 0,085 | 0.094 |
| Phosphore. . . . . | 0,035 | 0.040 | 0,035 |

## L'acier Bessemer aux États-Unis.

Un des progrès les plus étonnants du développement industriel aux États-Unis est certainement celui accompli en quelques années par la métallurgie dans ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pays, et surtout le développement rapide de la fabrication de l'acier Bessemer. Voici, en effet, les chiffres qui représentent la production de l'acier Bessemer aux États-Unis dans ces dernières années :

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1867. . . . . | 2,550 | tonnes à | 595 francs. |
| 1873. . . . . | 129,000 | — | 530 — |
| 1874. . . . . | 144,944 | — | de 500 à 350 francs. |
| 1875. . . . . | 290,663 | — | 285 — |

En 1876, on comptait 11 usines Bessemer aux États-Unis, dix ans après l'apparition du procédé : juste la moitié de ce qui existait en Angleterre à la même époque. Ce qui ajoute encore à l'intérêt qu'offre ce développement rapide ce sont les perfectionnements dont il est accompagné. On est, en effet, fort étonné d'apprendre que ces nouvelles usines ont dépassé, dès les premiers moments de leur existence, tout ce que faisaient celles de l'ancien continent comme rapidité d'exécution et par suite comme diminution des frais généraux.

Une usine Bessemer coûte cher d'installation en bâtiments et en appareils, la conduite de la fabrication exige des ingénieurs et des chimistes capables que l'on doit bien payer ; le produit est donc grevé de frais généraux importants. Si l'on arrive avec les mêmes appareils et avec le même personnel à produire davantage, on répartira ces frais sur une plus grande quantité de produits, et on abaissera le prix de la tonne. Les ingénieurs américains sont arrivés à plus que doubler la production que l'on obtient dans les usines d'Europe. En effet, alors que sur le continent on fait par 24 heures avec une paire de convertisseurs, de 16 à 24 opérations, on arrive en moyenne en Amérique aux chiffres de 40 à 50 opérations. Les chiffres les plus étonnants ont été atteints par l'usine North-Chicago sous la direction de M. Forsyth. Pendant la semaine du 7 au 12 octobre 1876, on a produit avec une paire de convertisseurs de 5 tonnes, 1686 tonnes en 316 opérations, moyenne d'au moins 52 opérations par 24 heures. Au mois de septembre de la même année, on a pu obtenir en 23h 40′ le chiffre colossal de 73 opérations. Enfin l'année dernière on a obtenu dans la même usine 39 opérations en 11h 30′, c'était le maximum d'une semaine de 365 opérations de 10 postes en 5 jours.

Produit total, 180 opérations; moyenne par 24 heures, 73 opérations, soit 360 tonnes. La même usine a obtenu pour tout un mois, du 1er janvier au 1er février 1878, 1372 opérations et 8100 tonnes, soit en moyenne par 24 heures : 69 opérations, 405 tonnes.

*Procédé Bérard.* — Ce procédé a été complétement et parfaitement décrit dans les *Études sur l'Exposition de* 1867 (1), nous ne reviendrons pas ici sur les détails de l'opération.

### Fabrication de l'acier en employant comme matières premières le fer et la fonte.

1° Au creuset : Acier par réaction ;
2° Au four à réverbère : Procédé Martin-Siemens.

On doit le principe de cette méthode à Réaumur qui, dès 1722, indiqua que l'on peut obtenir de l'acier en dissolvant $^1/_4$ à $^1/_3$ de fer dans de la fonte liquide. Depuis cette époque, un grand nombre de brevets ont eu pour objet des procédés pratiques basés sur le même principe; nous allons décrire les deux principales méthodes qui sont encore employées.

(1) 8 vol. et atlas de 250 planches. Prix : brochés, 80 francs; reliés, 100 francs. Paris. E. Lacroix, éditeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### Acier par réaction.

La fusion est opérée dans des creusets fermés; le premier résultat de ce fait est que l'atmosphère dans laquelle s'opère la fusion est neutre, la petite quantité d'oxygène étant très-rapidement absorbée. On emploie des creusets de natures et de dimensions diverses, mais principalement en terre réfractaire ou en plombagine, les premiers ne servent en général que pour une opération, les seconds résistent mieux et peuvent servir 3 et 4 fois, mais ils ont l'inconvénient d'augmenter la teneur en carbone de l'acier qu'ils contiennent. On opère la fusion soit dans de petits fours à coke contenant de 2 à 4 creusets, soit dans des fours à gaz Siemens ou Ponsard qui sont beaucoup plus économiques, qui permettent de faire servir les creusets à un plus grand nombre d'opérations, et dans lesquels on place jusqu'à 24 creusets à la fois. Quand on se sert plusieurs fois des mêmes creusets, il faut avoir soin de diminuer la charge à chaque opération, de façon que la scorie qui attaque toujours plus ou moins le creuset ne puisse pas venir deux fois au même niveau. La charge que reçoit chaque creuset est de 18 à 30 kilog.

*Procédé Martin-Siemens.* — Ce procédé diffère du précédent en ce que la fusion s'opère sur la sole d'un four à réverbère au lieu de s'opérer dans des creusets. Beaucoup de brevets ont été pris pour la fabrication de l'acier sur sole, mais elle n'est devenue possible que grâce aux températures élevées fournies par le four à régénérateurs Siemens; c'est pourquoi on a ajouté au nom de l'inventeur français qui résolut le problème, le nom du célèbre ingénieur anglais. On peut maintenant obtenir le même résultat avec un autre four à gaz tel que le four Ponsard. Nous ne ferons aucune comparaison entre ces différents appareils très-intéressants qui ont déjà été décrits dans la métallurgie du fer.

Les fours présentent de grands avantages sur les creusets, d'abord comme économie de chaleur, en raison de la grande masse traitée à la fois; comme homogénéité et comme facilité d'opération, puisque l'on peut obtenir à volonté une atmosphère réductrice, neutre, ou oxydante et comme facilité de coulée.

On commence par faire fondre sur la sole une certaine quantité de fonte, soit 1000 kilog. environ, et on y ajoute petit à petit soit des riblons d'acier ou de fer préalablement chauffés au rouge blanc, soit des loupes de fer puddlé. On fait de temps en temps des prises d'essai au marteau et on ajoute des riblons ou de la fonte jusqu'à ce que l'on soit arrivé au point que l'on désire. On traite ordinairement 5 à 6 tonnes par charge et l'opération dure de 9 à 11 heures, mais à Terre-Noire on est arrivé à produire de 18 à 20 tonnes par four et par 24 heures. Cette fabrication a commencé en 1867, et en 1875, il y avait déjà plus de cent fours en France et en Angleterre. Depuis, ce procédé s'est répandu de plus en plus en Europe et en Amérique, où une seule usine près de New-York possède, d'après M. Jordan, 21 fours Martin-Siemens. Ce procédé est celui qui fournit annuellement la plus grande quantité d'acier après le procédé Bessemer, dont il permet du reste d'utiliser les déchets, si bien qu'il en est pour ainsi dire le complément naturel. Il exige des fontes un peu moins pures que le procédé Bessemer. Il a une marche plus lente, mais plus sûre, et en résumé les qualités et les prix de revient sont à peu près les mêmes dans les deux cas.

### Fabrication de l'acier en employant comme matières premières la fonte et le minerai.

*Procédé Siemens.* — Ce procédé consiste à faire réagir sur un bain de fonte de l'éponge de fer produite par la réduction d'un minerai de fer riche et pur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil se compose d'un four à réverbère dans la voûte duquel passent deux moufles verticales dans lesquelles on charge le minerai avec du charbon de bois. On fond la fonte sur la sole et le minerai est réduit par la chaleur du four aidée par un courant de gaz amené à la base des moufles. A mesure que le minerai est réduit, il se dissout dans le bain de fonte et l'on en ajoute jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la quantité voulue. On fait des prises d'essai et des corrections comme dans le procédé Martin, l'opération est conduite de la même manière et dure à peu près le même temps.

Ce procédé est appliqué en Angleterre, en Écosse, en Allemagne et aux États-Unis. On le nomme en anglais *ores proces*.

### Affinage de l'acier.

Les procédés précédemment décrits sont destinés à produire l'acier brut. Lorsque cet acier a été obtenu en grandes masses et fondu comme par les procédés Bessemer et Martin, et qu'il est destiné aux usages pour lesquels une qualité supérieure n'est pas nécessaire, on l'emploie tel quel en ne lui faisant subir que le travail nécessaire pour passer de la forme du lingot à celle de l'objet à fabriquer. C'est le cas des fabrications de rails, bandages, essieux, arbres de machines. Mais quand l'acier brut a été obtenu par petites masses ou sans fusion, et dans les cas où l'on veut obtenir une qualité supérieure et d'une dureté bien déterminée, il est nécessaire de faire subir à cet acier une opération destinée à le rendre plus homogène. C'est le cas de l'acier puddlé, de l'acier cémenté.

Cette opération que l'on nomme l'affinage se fait de deux manières : 1° par fusion au creuset; 2° par corroyage.

*Affinage par fusion au creuset.* — Ce procédé a été inventé par Benjamin Huntsman qui établit la première fonderie d'acier en 1740, près de Sheiffield.

Il consiste à fondre l'acier dans des creusets fermés et chauffés dans des fours. On ne charge dans ces creusets que 20 à 30 kilog. afin qu'un homme puisse les manœuvrer au moment de la coulée.

Certaines usines achètent leurs creusets à des fabricants spéciaux qui les cuisent dans des fours céramiques ordinaires; d'autres usines préfèrent fabriquer elles-mêmes leurs creusets; dans ce cas, elles se contentent de les faire sécher lentement et complétement, puis elles les cuisent dans un four à réverbère en même temps que se chauffe la charge qu'ils contiennent; lorsqu'ils sont arrivés au rouge, on les transporte dans le four de fusion. Cette fusion s'opère, comme dans le cas de l'acier par réaction, dans de petits fours à coke, ou mieux dans des fours à gaz. Après le temps nécessaire, on enlève tous les creusets les uns après les autres au moyen de pinces en fer, et on coule l'acier dans des lingotières en fonte. Il faut avoir soin en coulant d'attendre que l'acier ne bouillonne plus et bien verser au centre de la lingotière pour éviter qu'il se forme une surface pailleuse. Lorsque la lingotière est remplie, on recouvre immédiatement l'acier d'une plaque de tôle serrée avec du sable pour éviter le contact de l'air et contenir l'acier.

*Affinage par le corroyage.* — On forme des paquets de barres d'acier brut coupées toutes de même longueur. On chauffe ces paquets jusqu'au blanc soudant et on les soumet à l'action d'un marteau marchant très-vite qui soude toutes les barres entre elles. Lorsque l'on veut obtenir une grande homogénéité, on casse la barre ainsi obtenue pour en faire un nouveau paquet que l'on soude comme le premier; en opérant ainsi, on obtient de l'acier deux fois, trois fois corroyé. Il faut beaucoup de précautions pour ne pas brûler l'acier en le chauffant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## Acier phosphoreux.

On appelle ainsi un acier contenant des quantités notables de phosphore tout en possédant des qualités suffisantes pour que l'on puisse l'utiliser. M. Jordan a caractérisé en quelques mots cette fabrication en disant qu'elle ne consiste pas à mettre du phosphore à dessein dans les aciers, mais bien à tirer parti de matières où on est obligé de le laisser faute d'un procédé pratique pour l'éliminer.

C'est à la suite de travaux exécutés par M. Tessié du Mottay pour chercher à éliminer le phosphore des fontes, travaux repris par la Société de Terre-Noire, que l'on est arrivé dans ces usines à reconnaître que l'on peut introduire du phosphore, dans l'acier en quantité notable, mais à la condition d'éliminer le carbone, et que moins on laisse de carbone, et plus on peut introduire de phosphore sans toutefois dépasser trois millièmes de phosphore avec un millième et demi de carbone pour avoir un acier de bonne qualité. Cette condition indique qu'il faut remplacer dans cette fabrication les spiegel-eisen par des ferro-manganèse très-riches afin de réduire l'oxyde de fer sans ajouter le carbone qui serait nuisible à la qualité du produit. On a fabriqué des rails en acier phosphoreux à Terre-Noire et à l'usine de Poutiloff en Russie.

## Acier moulé.

La fabrication de l'acier moulé a pour but d'obtenir des pièces de formes difficiles, très-coûteuses par tout autre procédé que le moulage, mais présentant une résistance supérieure à la fonte.

Ce problème a été résolu pour la première fois en 1853 en Westphalie à Bochum par M. Mayer. Les deux plus grandes difficultés étaient d'éviter les soufflures dans la masse et l'adhérence, à la surface de la pièce, du sable de moulage vitrifié par la haute température de l'acier liquide, bien supérieure à celle de la fonte pour laquelle on ne rencontre pas cette difficulté.

Les soufflures peuvent provenir soit de l'humidité du moule, soit de l'air entraîné par l'acier au moment de la coulée. Pour les éviter, il faut sécher parfaitement les moules et même les tenir encore chauds au moment de la coulée. On se sert dans ce but d'étuves chauffées comme pour les moules à fonte. Il est également utile de ménager dans le moule beaucoup de trous d'air. Pour éviter que l'acier entraîne de l'air avec lui en pénétrant dans le moule, on peut placer au-dessus du moule une sorte d'entonnoir où l'on coule l'acier en ayant soin de toujours le maintenir plein; de cette façon, l'acier seul entre sans entraîner d'air. Quant à la vitrification du sable de moulage, il n'y a d'autre moyen de l'éviter qu'en employant pour sa composition que des matériaux très-réfractaires.

La coulée de cet acier exige naturellement les mêmes précautions que celle des autres aciers; c'est ainsi qu'il faut avoir bien soin que le jet arrive au milieu du moule, attendu que si l'acier touchait d'abord les parois il se refroidirait et formerait des parties pailleuses.

La température de coulée de l'acier étant bien supérieure à celle de la fonte, son retrait est plus considérable, c'est-à-dire que la pièce diminue plus de volume depuis le moment où elle commence à se solidifier jusqu'au moment où elle est complétement froide. Ce fait exige trois précautions différentes :

1° Il faut ménager au-dessus des pièces moulées de fortes masselotes pour éviter d'avoir des pièces creuses; 2° il faut démouler aussitôt après solidification sans attendre un refroidissement trop grand, pour éviter les ruptures qui seraient occasionnées par la résistance du moule au retrait; 3° Il faut recuire les pièces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et les laisser refroidir le plus lentement possible pour éviter toute tension intérieure.

Les études qui ont été faites sur le recuit et la trempe de l'acier, et en particulier le beau travail de M. Tchernoff, dont nous aurons occasion de parler à propos de l'état moléculaire de l'acier, ont permis de faire de grands progrès dans la qualité de l'acier moulé, et quoique dans le début on ait cherché simplement à remplacer la fonte, on arrive maintenant à faire des piéces moulées qui présentent toutes les qualités des pièces forgées. Le silicium a la propriété d'éviter les soufflures dans l'acier, c'est par sa présence que l'on a résolu le problème à Terre-Noire en employant des alliages de silicium et de manganèse dont nous aurons occasion de parler dans la visite à l'Exposition. Certaines usines, pour éviter les soufflures, compriment l'acier liquide, mais nous ne croyons pas que ce procédé soit applicable pratiquement à l'acier moulé, quoiqu'il donne des résultats pour des lingots de formes simples.

### Ferro-Manganèse.

L'emploi du manganèse dans la fabrication de l'acier dérive complétement des essais faits par le procédé Bessemer. Dans les premiers temps de la fabrication de l'acier par ce procédé, on conduisait toujours l'opération jusqu'à la décarburation complète, et on ajoutait ensuite au métal affiné, ne contenant plus de carbone, une fonte aussi pure que possible contenant beaucoup de carbone dont on savait la quantité exactement à l'avance, afin de connaître celle que l'on devait employer pour arriver à un acier ayant une teneur donnée en carbone Les fontes qui donnaient les meilleurs résultats étaient les fontes miroitantes d'Allemagne ou Spiegel-Eisen riches en manganèse, et comme d'autres fontes contenant suffisamment de carbone, ne donnaient pas les mêmes résultats, on fit des recherches qui amenèrent à cette découverte, que le manganèse est l'agent indispensable de ces fontes. Voici comment on explique son action. Si on pousse l'opération Bessemer jusqu'à l'élimination complète du carbone, il arrive qu'une partie du fer s'oxyde à la fin de l'opération et, restant dans la masse, rend le métal rouverin et impossible à travailler. Cet oxyde de fer est à l'état d'oxyde magnétique $Fe^3 O^4$, en ajoutant une fonte riche en manganèse, ce corps ayant plus d'affinité pour l'oxygène que le fer, transforme l'oxyde magnétique en protoxyde $Fe O$ qui se combine au silicium et passe ainsi dans les scories; il s'est formé du protoxyde de manganèse qui est également éliminé dans les scories.

On opérait ainsi afin d'arriver à une teneur déterminée en carbone, ce que l'on ne savait pas faire autrement. Cette réaction s'écrirait ainsi :

$$Fe^3 O^4 + Mn = 3 Fe O + Mn O$$

C'est ainsi que fut découverte l'action du manganèse dans la fabrication de l'acier, mais bientôt des analyses des aciers produits amenèrent à découvrir l'heureuse influence du manganèse sur l'acier fabriqué. En effet, d'après ce qui a été dit précédemment, après la réaction le manganèse qui a agi est amené à l'état d'oxyde qui passe dans les scories, mais comme en pratique afin d'être certain d'avoir éliminé tout l'oxyde de fer, on ajoute toujours un excès de manganèse il en résulte que cet excès reste à l'état métallique et passe dans l'acier: l'analyse chimique a démontré que ce manganèse a une heureuse influence sur les qualités de l'acier. Malheureusement l'addition du manganèse était limitée par la composition même du Spiegel-Eisen employé, puisque la forte teneur en carbone de ces fontes, empêchait de mettre une certaine proportion de manganèse sans faire entrer en même temps du carbone dans le métal, et la production des aciers doux n'était pas possible. Il s'agissait donc d'obtenir

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une fonte plus riche en manganèse. Le premier résultat fut obtenu par M. Henderson, dans les environs de Glascow, qui produisit des alliages contenant jusqu'à 25 % de manganèse. Le brevet fut racheté ensuite par Terre-Noire qui arriva, en perfectionnant le procédé, à fabriquer des alliages contenant jusqu'à 80 % de $Mn$ tout en diminuant les prix de vente. On a nommé ces alliages de fer, carbone et manganèse, ferro-manganèse.

### Essais des aciers.

Ces essais varient suivant l'emploi auquel l'acier est destiné. Il doit en effet posséder des qualités très-différentes suivant les divers usages auxquels il est destiné et les essais ont pour but de montrer jusqu'à quel degré il possède l'une ou l'autre de ces qualités.

Quant à sa composition, nous avons les différentes méthodes d'analyse chimique qui permettent de déterminer exactement les différents corps entrant dans la composition d'un acier donné. Les praticiens peuvent reconnaître assez exactement la nature d'un acier par l'examen de sa cassure. Mais ce procédé exige une grande habitude, une pratique constante, éclairée par d'autres moyens de contrôle. Dans certaines conditions spéciales, la cassure peut donner des indications d'une exactitude vraiment surprenante. Pour les outils, les armes, les ressorts, le premier essai est la trempe, complétée par des essais consistant à fabriquer une pièce et à constater son efficacité; ainsi, suivant les cas, on forgera avec l'acier à essayer, un burin ou un outil de tour avec lequel on travaillera une fonte dure ou un fer doux, ou bien une lame dont on essayera le tranchant, la flexibilité et l'élasticité. Pour les pièces d'acier toutes fabriquées comme les canons et le matériel de chemin de fer, on essaie un certain nombre de pièces à outrance, c'est-à-dire, jusqu'à destruction dans le sens même des résistances qu'elle devront développer.

Ainsi, on essaie les canons à une charge bien supérieure à celle qu'ils reçoivent ordinairement; pour les blindages, on tire un certain nombre de coups de canon d'une force déterminée sur un espace restreint. Le matériel de chemins de fer, est essayé au moyen de chocs produits par un mouton d'un poids déterminé, et tombant de hauteurs différentes sur le rail, l'essieu ou le bandage. Ces essais sont dans la plupart des cas les plus pratiques et les plus faciles à exécuter promptement, ils garantissent non-seulement la qualité de l'acier, mais le mode de fabrication; leur plus grand inconvénient est de coûter cher et de ne donner que des résultats grosso modo, suffisants pour la pratique ordinaire, mais insuffisants pour faire des études sur les modifications à apporter à la fabrication. Lorsque l'on essaie, par exemple, un rail au choc, on sait qu'il a rompu sous un effort déterminé, mais on ne sait pas si un effort moindre n'aurait pas produit le même résultat et quelle aurait été au juste la valeur de cet effort amenant la rupture. Ces essais au choc présentent de plus, l'inconvénient de donner des irrégularités par suite des frottements, de la résistance des points d'appuis, etc., qui font que des essais faits dans différentes usines ne sont pas comparables. L'extension qu'ont prises les applications de l'acier en amenant une grande variété dans les qualités produites a rendu nécessaire, un moyen de contrôle exact faisant la base des transactions. Ce moyen est l'essai à la traction. Il est à la fois plus simple et plus juste puisqu'il ramène les spécifications au millimètre carré. Il a de plus l'avantage de permettre de déterminer exactement la limite d'élasticité, qui est le point qu'il ne faut pas réellement atteindre dans le travail que l'on fait subir aux pièces, puisqu'elles ne doivent pas changer de forme. Pour faire cet essai on prépare dans la pièce d'acier à essayer une éprouvette ou barre de section et de longueur déterminées. On soumet cette barre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à des efforts augmentant progressivement, on étudie les déformations qui se produisent avant et après la rupture, et l'on note les efforts qui ont amené ces différentes déformations.

On a fait un grand nombre de machines destinées à faire ces expériences. Celles qui nous ont donné de meilleurs résultats sont celles de M. Thomasset, qui construit, du reste, d'autres appareils très-commodes pour faire les expériences de flexion, de torsion, d'écrasement et de poinçonnage.

Il n'entre pas dans cette étude, de donner la description de ces différentes machines.

Les résultats donnés par les essais à la traction, sont : la limite d'élasticité, point où commencent les déformations permanentes, la charge de rupture, l'allongement sous différentes charges et après rupture, et la striction ou rapport de la section de rupture à la section primitive. L'étude de ces différents résultats permet de reconnaître les principales qualités de l'acier essayé.

**Analyses chimiques.** — Après ce que nous avons vu de l'influence des corps étrangers sur la nature et les qualités de l'acier, on comprendra facilement l'importance qu'exerce l'analyse chimique sur sa fabrication. On conçoit en effet, que puisqu'il suffit de traces excessivement faibles de certains corps, pour changer complétement la valeur d'un acier, il faudra une analyse très-exacte, soit : 1° pour déterminer quelles sont les matières premières qui conviennent à la fabrication de tel ou tel acier; 2° pour déterminer quel est le traitement qui permet d'éliminer dans une matière première donnée tel ou tel élément nuisible; 3° pour déterminer dans un acier donné quel est l'élément qui lui enlève ou qui lui donne telle ou telle qualité. Ce n'est que depuis que les usines possèdent des laboratoires où l'on fait constamment les analyses nécessaires à la fabrication courante que l'on a pu arriver à être maître de cette fabrication, et les progrès faits récemment, montrent d'une façon certaine, qu'en suivant cette voie d'analyse, on arrivera à de nouveaux progrès et sans passer par des essais empiriques.

On sait que l'on a d'abord employé le manganèse dans la fabrication de l'acier pour certaines de ses propriétés, quand à la fabrication, en ignorant complétement le rôle que joue le manganèse qui reste dans l'acier produit, et cependant, il est presque impossible de comparer quelques analyses d'aciers connus sans voir ce rôle à première vue. Ainsi, l'analyse chimique doit être liée à la fabrication de l'acier et de deux manières : au point de vue scientifique, pour ainsi dire, pour éclairer l'industrie, pour lui dire quels sont les résultats à obtenir, et les méthodes qui peuvent y conduire; mais encore, et surtout au point de vue pratique pour que le chef de fabrication sache à chaque instant quelles sont exactement les matières qu'il traite et les produits qu'il obtient. Ceci est indispensable dans la fabrication d'un métal que la présence de quelques millièmes de certains corps étrangers suffisent à rendre complétement inutilisable.

**Généralités.** — A mesure que des procédés nouveaux de fabrication de l'acier ont permis d'en étendre l'application dans de larges mesures, on a pu aussi étudier ses propriétés et l'influence que jouent les corps étrangers dans sa composition. Il y a encore beaucoup à faire dans l'étude de l'influence des corps étrangers, même à des doses très-faibles sur les qualités de l'acier; l'influence du manganèse ayant été découverte par hasard, ce n'est que lorsque l'analyse chimique a fait de son côté de nouveaux progrès, que l'on a pu constater la vérité des faits indiqués par la pratique. Nous avons vu comment le phosphore qui est très-préjudiciable dans les aciers ordinaires contenant du carbone, peut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fournir, en combinaison avec le fer, un nouveau métal qui tire ses propriétés utiles de la présence même de ce phosphore, à condition seulement que le carbone que l'on considérait jusqu'alors comme essentiel à la constitution de l'acier soit éliminé. Nous avons vu que le silicium qui rend l'acier carburé cassant est utilisé dans le moulage de l'acier et la fabrication des ressorts. Ces progrès nous permettent d'en espérer d'autres à mesure que l'étude de l'influence des corps étrangers qui n'entrent que dans de faibles proportions dans la composition des aciers, sera plus avancée, et il y a là un beau sujet d'étude dans la recherche de l'influence des corps, métalloïdes ou métaux, avec les compositions du fer, par leur présence isolée ou simultanée. On peut attribuer à trois causes principales le retard relatif de cette question.

1° A la difficulté d'analyser exactement des compositions où des *traces* de corps étrangers viennent modifier les propriétés ; 2° à l'influence de l'état moléculaire amené par le travail de chauffe dans le métal, l'analyse chimique ne pouvant tenir compte de cet état; 3° à l'imperfection des essais physiques qui doivent venir éclairer les analyses chimiques.

On peut voir par les discussions auxquelles ont donné lieu le beau mémoire de M. Tchernoff, sur le martelage, que l'on est encore moins avancé et surtout moins d'accord sur les modifications apportées dans l'acier par le travail mécanique et la chaleur, que sur l'influence des corps, au point de vue chimique. Quant aux essais physiques qui tendent à se généraliser, grâce à des appareils commodes et exacts, nous croyons qu'ils viendront puissamment en aide aux analyses chimiques. Quoiqu'il en soit, on peut dire que la fabrication de l'acier est entré largement dans la voie du progrès, assurée en se basant sur des analyses et des expériences et en abandonnant les procédés empiriques.

**Influence des corps étrangers.** — Les corps jusqu'ici connus comme affectant les propriétés de l'acier sont :

C. M*n*. So. S*i*. P*h*. C*u*. T*u*. C*r*.

**Carbone.** — Le carbone est le corps dont les effets sont depuis le plus longtemps connus puisque c'est par les propriétés qu'il communique au fer que l'on distinguait les premiers aciers. En faible proportion et sans autre substance, le carbone donne en combinaison avec le fer un métal doux, ductile, malléable qui ne prend pas la trempe. De deux millièmes à 2 $^1/_2$, le métal devient déjà raide par la trempe, la résistance et l'allongement sont augmentés sans qu'il soit pour cela cassant (0,2 à 0,25 %). A mesure que la teneur en carbone augmente, la résistance à la traction devient plus forte, mais l'allongement diminue et la trempe a une influence de plus en plus marquée. Avec 10 à 15 millièmes de carbone, l'acier présente le maximum de dureté, allié au maximum de ténacité, au delà de 15 millièmes, la dureté augmente encore mais aux dépens de la tenacité. Dès que l'on arrive à 20 millièmes sans autre substance, on a un métal qui n'est plus malléale et doit être classé comme fonte.

**Manganèse.** — Il empêche le métal d'être rouverin, d'abord parce qu'il élimine l'oxyde de fer dans la fabrication, mais encore en neutralisant l'influence pernicieuse des autres corps. Il a la propriété de permettre d'obtenir un métal malléable à chaud, malgré une petite proportion de soufre; on admet qu'il neutralise 40 % de son propre poids en phosphore, le M*n* a la propriété de durcir l'acier, il augmente la charge de rupture.

**Soufre.** — Rend l'acier rouverin, il diminue la malléabilité à chaud, on n'a pas encore pu l'éliminer complétement par aucun procédé, mais on peut dimi-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nuer sa proportion au haut fourneau en introduisant du M*n* dans les lits de fusion, par une forte proportion de chaux et par des laitiers très-basiques.

**Silicium.** — Il durcit l'acier à la manière du carbone mais avec moins de puissance, il faut environ une quantité double de silicium pour communiquer à l'acier, la dureté qui serait donnée par une certaine proportion de carbone, mais le silicium donne en même temps de la fragilité. Il rend l'acier dur au laminoir, il augmente la difficulté de laminer les parties minces, telles que les patins des rails Vignolle; après le laminage on reconnaît un acier fortement silicié à une couche rouge brique qui le recouvre,et à sa surface pailleuse, le grain est soyeux ; si on le trempe il donne un grain gris sombre irrégulier. L'acier siliceux coule très-dense, aussi utilise-t-on cette propriété pour les pièces coulées. La présence du silicium paraît utile dans de certaines proportions dans l'acier à ressort.

**Phosphore.** — Il durcit l'acier, le rend très-fragile à froid, mais facilite le travail à chaud, les laminés contenant du P*h* sont trés-beaux d'apparence. Ces propriétés s'appliquent aux aciers ordinaires contenant du carbone, car nous avons déjà vu que l'on peut obtenir de bons aciers contenant de fortes proportions de P*h*, mais à la condition d'avoir éliminé le carbone. Dans les aciers ordinaires à base de carbone il ne faut pas dépasser une teneur de 3 millièmes de phosphore pour avoir un acier convenable.

**Cuivre.** — 5 à 10 millièmes de cuivre dans l'acier suffisent à le rendre rouverin

**Tungstène.** — Augmente la dureté et la tenacité de l'acier.

**Chrome.** — Augmente la soudabilité et la limite d'élasticité.

L'état moléculaire de l'acier joue un rôle aussi grand sur ses propriétés physique que sa composition chimique. Un même acier à différents états moléculaires peut avoir des propriétés très-différentes; l'exemple le plus remarquable est la différence qu'amène la trempe, deux morceaux d'une même barre d'acier, l'un trempé et l'autre non trempé qui donneront exactement la même analyse chimique donneront des résultats très-différents si on essaie ces deux barres au choc ou à la traction. Deux barres d'un même acier travaillées à des températures un peu différentes, ne donneront pas non plus les mêmes résultats lorqu'elles seront soumises aux mêmes épreuves physiques. Il faudra donc, lorsque l'on fera des essais pour étudier l'influence des corps étrangers sur l'acier, avoir soin de préparer les échantillons de façon qu'ils présentent exactement le même état moléculaire.

Cette question de l'état moléculaire de l'acier a été traité par M. Tchernoff sous-directeur de l'établissement d'Abouchoff, près Saint-Pétersbourg, dans un mémoire qu'il écrivit en 1868, de la façon la plus remarquable. Par un singulier hasard ce beau travail resta presque inconnu jusqu'en 1867, moment où il fut traduit en anglais par M. Anderson, et attira immédiatement l'attention de tous les métallurgistes.

D'après M. Techrnoff, l'acier fondu est un corps cristallisable qui obéit à toutes les lois de la cristallisation. C'est un liquide amorphe ou l'atome d'acier est suspendu dans un bain de carbone et qui cristallise par refroidissement, donc, si on l'agite pendant ce refroidissement, on aura aussi une matière amorphe. Il a démontré que l'on peut obtenir à volonté, une structure d'un caractère déterminé simplement par l'agitation, mais cette agitation simple, n'est pas toujours possible pratiquement. La méthode pratique consiste à forger

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'acier à une certaine température qui varie avec la qualité de l'acier, et qui est d'autant plus élevée que l'acier est plus doux. Si on a chauffé un lingot à la température à laquelle il devient amorphe et si on le laisse refroidir il cristallise, mais si on le martelle à cette température jusqu'à ce qu'il arrive au rouge cerise, il aura perdu la structure cristallisée et ne pourra plus la reprendre. Ainsi, il faut que l'acier n'ait pas le temps de se refroidir et de cristalliser tranquillement jusqu'à ce qu'il arrive au point où il ne puisse plus cristalliser. Le corroyage ne sert plus qu'à réunir les fissures et les pores produits par les bulles de gaz en même temps que le martelage s'oppose à la cristallisation.

En résumé, comme l'a si bien dit M. Euverte : L'acier tient toutes ses propriétés physiques de sa composition chimique et de son état moléculaire ; le travail mécanique de forgeage ou de laminage n'est pas nécessaire au développement de ses qualités. L'acier coulé sans soufflures, dans de bonnes conditions, et convenablement recuit ou trempé, atteint un état moléculaire absolument satisfaisant

**Emploi de l'acier.** — Depuis que l'on est arrivé à fabriquer de l'acier doux, son emploi s'est considérablement accru. On peut dire qu'aujourd'hui presque tous les rails, les essieux et les bandages de chemins de fer se font en acier. Les tôles d'acier sont employées pour la fabrication des chaudières, pour certaines pièces de ponts métalliques, pour la construction des navires. L'artillerie emploie l'acier en canons, soit d'une pièce, soit en tubes rapportés dans des corps en fonte, soit en frettes destinées à consolider les culasses ; les nouveaux affûts de campagne sont en acier. Les nouveaux fusils de guerre sont en acier forgé ou estampé pour les petites pièces. Les projectiles des canons sont également en acier ainsi que les blindages énormes qu'ils doivent traverser. On fait en acier forgé un grand nombre de pièces mécaniques; des arbres depuis le colosse de 20 tonnes destiné aux vaisseaux cuirassés, jusqu'aux transmissions de mouvement qui doivent être légères, les bielles, les manivelles, les tiges de piston. On fait déjà en acier coulé de petits cylindres de machines, des cylindres de presses hydrauliques, des paliers, des poulies, des roues, des engrenages.

Ces nouvelles applications, venant s'ajouter aux anciennes, permettent de croire que, dans peu d'années, la fonte et le fer seront complètement remplacés par l'acier.

Nous donnons ci-après la fabrication des rails et des bandages en acier parce qu'elle diffère des procédés de fabrication des mêmes pièces en fer.

**Fabrication des rails. Ébauchage.** — L'ébauchage des lingots pour rails se fait de deux manières, soit au marteau, soit au laminoir. Les premières installations en Europe ont été montées avec des marteaux-pilons, en Amérique au contraire on ne se sert que de blooms ou trains ébaucheurs. Le laminage direct des lingots coûte un peu moins cher que le martelage et il permet de couler de plus gros lingots qu'il serait difficile de manœuvrer sans le marteau-pilon, Le martelage, s'il coûte un peu plus cher, fait mieux ressortir les petits défauts des lingots, de sorte que l'on peut les enlever immédiatement à la gouge et avoir des rails bien sains. Le laminage direct permet de couler de gros lingots ce qui est précieux pour la fonderie en faisant gagner du temps, puisque l'on a alors moins de lingotières à placer et à déplacer; il permet de plus de laminer des rails à plusieurs longueurs, ce qui fait gagner sur les déchets puisque sur une barre de la longueur de 2 ou 3 rails que l'on coupe après laminage on n'a que deux chutes au lieu de 4 ou 6 que l'on aurait eu si l'on avait laminé chaque rail séparément. En résumé, le laminage direct des lingots représente beaucoup d'avantages généraux sur l'ébauchage par martelage, mais il exige un acier de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bonne qualité et un repassage minutieux des ébauchés où les plus petits défauts doivent être soigneusement enlevés au burin.

*Ébauchage au marteau-pilon.* — Les lingots sont coulés, pour un rail simple, avec 20 à 22 % en plus du poids définitif du rail; on leur donne une forme carrée avec les angles arrondis ou une forme octogonale suivant les lingotières dont on dispose, cela n'a pas d'importance ici. Dans une bonne fabrication, on doit toujours amener les lingots de la fonderie au four à réchauffer lorsqu'ils sont encore au rouge sombre pour laisser au centre le temps de se solidifier et cependant ne pas trop perdre de chaleur. Les fours à réchauffer doivent être très-grands afin de mieux utiliser la chaleur; on charge les lingots par une porte du côté de la sortie des gaz là où le four est le moins chaud, et on les fait avancer en les poussant avec des ringards vers l'autel là où la chaleur est la plus forte, et c'est au moment où ils reçoivent le maximum de chaleur qu'on les prend pour les porter au marteau. Les lingots sont étirés sous forme carrée avec 15 à 17 centimètres de côté et l'on enlève sous le marteau même à la tranche et à la gouge, les petites criques qui se sont déclarées parce que ces défauts iraient toujours en augmentant au laminoir et rendraient les rails inacceptables.

*Ébauchage au laminoir ou Blooming.* — On se sert d'un laminoir à 3 cylindres portant 4 ou 5 cannelures sur chaque cylindre; ces cannelures ont la forme carrée, dans quelques usines on donne une forme un peu bombée au fond afin qu'il ne se produise pas de bavures aux joints des cylindres. Dans ce cas, il faut donner aux lingots une forme carrée qui diffère peu de la première cannelure dont on dispose. Comme on lamine ici de gros blocs, les tables releveuses doivent être bien établies et munies de rouleaux pour faciliter la manœuvre. On fait faire un quart de tours au bloc après chaque cannelure; aussi en Amérique, où on lamine ainsi des blocs de 3 tonnes, se sert-on d'un mécanisme automatique pour manœuvrer le lingot, et alors un homme et un aide suffisent au laminage. En Europe, on ébauche des blocs pour trois rails au plus et on peut alors les laminer directement; en Amérique, on coupe les blooms obtenus en morceaux avant de les envoyer au laminoir à rails.

Aussitôt après le laminage, les blocs sont portés à un petit marteau-pilon où l'on enlève les défauts et les mauvais bouts, et les blocs qui ne sont pas très-sains doivent être laissés de côté pour être nettoyés à froid au burin.

*Finissage.* — Les ébauchés étant convenablement réchauffés, on les lamine à deux ou trois cylindres au moyen de cannelures partant de la forme carrée pour arriver au profil exact. Le nombre de ces cannelures est ordinairement de 11 à 13. Un grand perfectionnement dans le laminage des rails a été apporté par les laminoirs reversibles. Ils ne portent que deux cylindres sans volant; lorsque la barre est passée d'un côté du laminoir, on renverse la marche et on la fait passer de l'autre côté du laminoir par la cannelure suivante. Le rail reste ainsi toujours dans le même plan horizontal, le travail se fait mieux et plus vite, on évite beaucoup d'accidents et on peut laminer de très-grandes longueurs, mais la suppression du volant augmente un peu la consommation de vapeur.

*Bandages.* — On nomme bandage la bague qui entoure les roues des véhicules et des locomotives, et qui est destinée à supporter l'usure produite par le roulement. L'emploie de l'acier pour ces bandages a été un grand progrès au point de vue de la durée sur les bandages en fer, mais la fabrication doit être très-soignée pour éviter les accidents.

*Ébauchage.* — Les lingots destinés à faire des bandages doivent être parfaitement nettoyés à la tranche ou au burin, surtout dans les bouts où il reste

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toujours du sable ou des bavures qui n'ont pas d'inconvénients pour les rails ou les essieux, puisqu'alors chaque bout est coupé pour obtenir une longueur déterminée; ce qui n'a pas lieu pour les bandages, comme on va le voir. Il est désirable de ne pas laisser refroidir les lingots venant de la fonderie pour ne pas perdre de chaleur, mais il faut cependant laisser la partie centrale se solidifier si on ne veut pas nuire à la qualité de l'acier par un martelage prématuré. On arrive à un bon résultat en portant les lingots encore rouges dans le four à réchauffer et en ne les faisant pas avancer trop vite de la partie la moins chaude par laquelle ils entrent vers la partie la plus chaude d'où on les prend pour les marteler. On peut amener en moins d'une demi-heure un lingot sortant de la fonderie à la température nécessaire au martelage, mais il faut laisser ce lingot au moins une heure dans le four pour lui donner l'uniformité de chaleur et laisser la partie centrale se cristalliser.

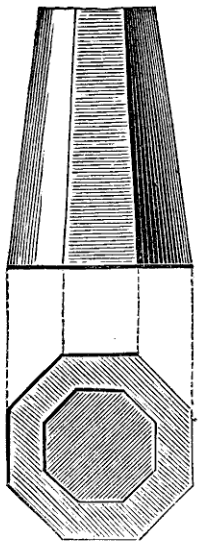


Fig. 1. — Lingot octogonal.

Il arrive souvent dans les usines, que l'on est obligé de laisser refroidir les lingots parce que la fabrication des bandages n'est qu'une branche de la fabrication totale, ainsi on peut faire avec un laminoir à bandages et un four 80 à 100 bandages, ce qui est l'ouvrage de 4 à 5 coulées sur 16 à 20 que fait un convertisseur en 24 heures. Les lingots suivent même dans le four la marche rationnelle, c'est-à-dire qu'ils sont chargés dans le four à réchauffer du côté de la sortie des gaz et par une porte extérieure à l'atelier; on les fait avancer successivement vers l'arrivée des gaz où la température est plus élevée, et ils sortent près de l'autel par une petite porte placée près du marteau-pilon au moment où ils reçoivent le maximum de chaleur du four. Les lingots sont transportés sur de petits wagonets en tôle, les ateliers sont reliés entre eux par de petites voies ferrées formées le plus souvent de cornières en fer; les ateliers sont dallés de plaques de fonte ou de tôle, de sorte que l'on peut amener les lingots aux fours ou aux marteaux. Pour enfourner, on se sert d'une longue fourche suspendue à un petit chariot roulant à 3 à 4 mètres au-dessus du sol, sur deux poutres horizontales. Le manche de la fourche est assez long pour que deux hommes puissent faire ce chargement facilement.

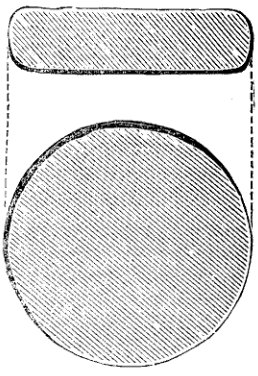


Fig. 2. — Lingot aplati et arrondi

On coule souvent les lingots pour bandages sous la forme octogonale comme pour les rails; dans d'autres usines, pour éviter les bavures, on se sert de moules spéciaux qui donnent aux lingots une forme ronde aplatie. Dans tous les cas, lorsque le lingot est arrivé à la température convenable, on l'aplatit sous un marteau de 15 tonnes environ. et on l'arrondit, s'il y a lieu, de sorte qu'après la première chaude on a une galette ronde d'une épaisseur qui varie avec la hauteur primitive du lingot et qui a pour limite le travail que l'on peut faire subir à l'acier en une chaude. On porte cette galette au four à réchauffer, et, lorsqu'elle a atteint la chaleur convenable, on la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ramène au marteau-pilon pour l'aplatir jusqu'à l'épaisseur du bandage que l'on veut obtenir, puis on la perce. Le perçage se fait de deux façons : dans quelques usines, on perce la rondelle au moyen d'un marteau-pilon terminé par

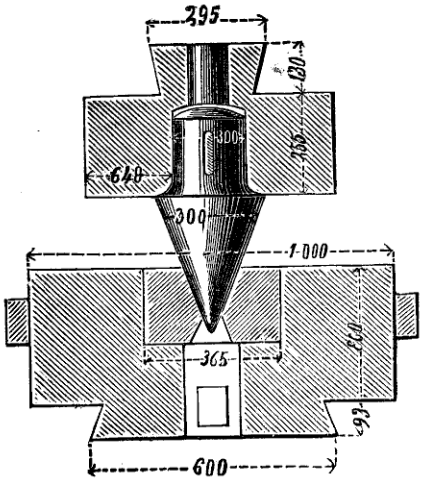



Fig. 3. — Marteau-pilon conique.

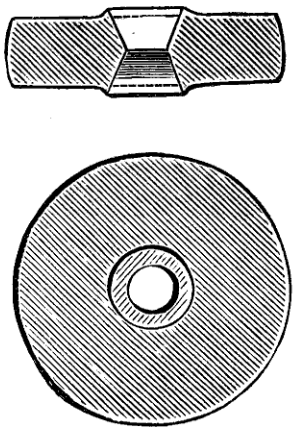


Fig. 4. — Rondelle percée.

un cône représenté dans la figure 3, on retourne la rondelle trois ou quatre fois, cette opération doit être bien conduite pour que le trou soit bien centré et éviter des déchirures.

Dans d'autres usines, on perce la rondelle au moyen de bouchons en acier

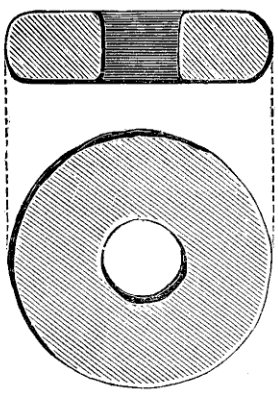


Fig. 5. — Rondelle débouchée.

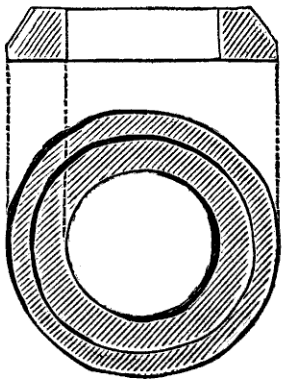


Fig. 7. — Rondelle martelée.

de 15 à 20$^{c}$ de diamètre que l'on enfonce dans la rondelle en frappant au marteau-pilon ; la matière est refoulée, et l'on n'a comme débouchure qu'une épaisseur de 1 à 2 centimètres sur le diamètre du bouchon ; cette méthode donne donc un déchet, mais elle a l'avantage de ne pas tant fatiguer la matière que la précédente, elle permet de plus d'arriver à faire des bandages bien au poids demandé. En effet, les lingots ne peuvent pas être coulés très-exactement, il y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a toujours de petites différences; mais en pesant la rondelle, au moment de la percer, on voit de combien elle dépasse le poids voulu, et on se sert d'un bouchon d'un diamètre plus ou moins grand pour faire une débouchure plus ou moins pesante qui compensera les irrégularités des lingots. L'anneau ainsi obtenu est porté immédiatement sous un marteau-pilon dont l'enclume est remplacée par une bigorne inclinée sur laquelle on place l'anneau, de sorte qu'en frappant, non-seulement on étire l'anneau, mais on lui donne une forme conique sur un bord qui se rapproche déjà un peu de la section du bandage. On étire ainsi le bandage jusqu'à la moitié du diamètre fini en le faisant tourner au moyen d'un levier, puis on le ramène au marteau-pilon pour l'amener exactement à l'épaisseur du bandage à obtenir. On laisse alors refroidir l'anneau ainsi obtenu

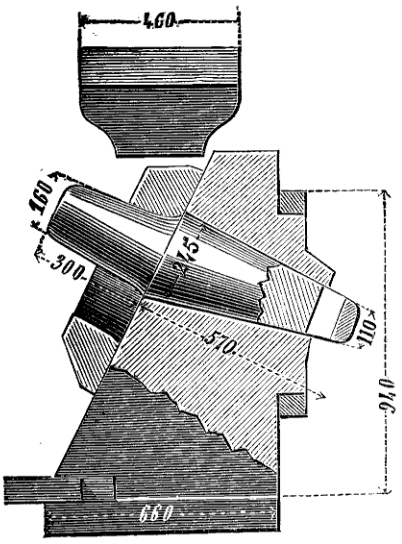



Fig. 6. — Marteau-pilon bigorne.

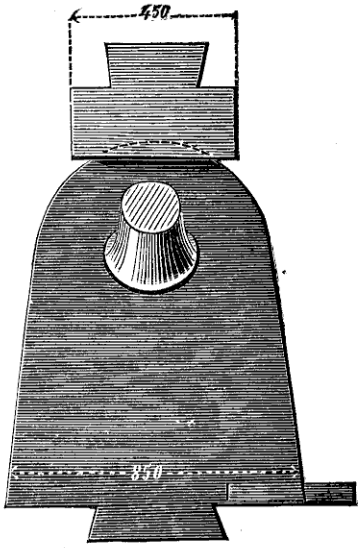



Fig. 7. — Marteau-pilon bigorne.

et on enlève tous les petits défauts qui se sont révélés sous le marteau à la tranche ou au burin fig. 7.

L'ébauchage est donc fait en deux chaudes.

*Laminage.* — Les rondelles sont portées au four à réchauffer, et, lorsqu'elles y ont pris la température convenable, on les amène au laminoir. Il existe différentes sortes de laminoirs : les laminoirs à cylindres horizontaux et les laminoirs à cylindres verticaux. Les laminoirs à cylindres horizontaux sont les plus simples comme construction, mais ils ne donnent pas de bandages suffisamment ronds, il faut mandriner ensuite les bandages, ce qui doit nuire à la qualité de l'acier. Avec certains laminoirs à cylindres verticaux, on peut obtenir des bandages parfaitement ronds.

### Installation des nouvelles aciéries Bessemer de la Société Cockerill, à Seraing, Belgique, pl. I.

Les nouvelles aciéries de Seraing comprennent l'un des départements importants des vastes établissements de la Société Cockerill. Elles forment aujourd'hui l'un des ensembles les plus complets de transformation du minerai en acier fini ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'économie des opérations et la grande production s'y trouvent également réunies, et l'on trouverait peu d'établissements qui, en ce moment, aient su appliquer l'une et développer l'autre comme les aciéries de la société Cockerill. Les travaux de construction de ces nouvelles aciéries ont eté exécutés d'après les plans des ingénieurs de la Société. La première pierre a été posée en mars 1873, et, le 1er février 1874, avait déjà lieu la première opération dans les convertisseurs Bessemer. Lorsque l'usine sera complétée, elle comprendra 4 hauts fourneaux reliés par des ponts au milieu desquels débouchent les monte-charges. Chaque haut fourneau est muni de 4 appareils Withwell, disposés en carré en arrière et formant ainsi deux lignes de 8 appareils. Les dimensions principales du profil intérieur du haut-fourneau sont : Diamètre, 1m,600 au creuset; 5 mètres au ventre; 3m,500 au gueulard; hauteur totale, 18m,500; pente des étalages, 67 1/2 %; capacité 225 mètres cubes.

Trois machines soufflantes du type Seraing fournissent l'air nécessaire, à une pression pouvant atteindre 30 centimètres de mercure. Les cylindres soufflants ont 3m de diamètre avec 2m,44 de course de piston, et ils sont activés par des cylindres à vapeur du système Wolff à condensation. Le nombre de tours que peut faire la machine dans sa marche normale est de 13 par minute, ce qui donne une quantité de vent de 400 mètres cubes correspondant à la combustion de 120,000 hilog. de coke en 24 heures. Ces machines ont une réputation européenne.

A gauche et à droite du bâtiment des machines soufflantes se trouvent des halles de mélange et au bout de ces derniers bâtiments sont établies des pompes pour le service hydraulique de toute l'usine. Les halles de mélange contiennent un élévateur hydraulique permettant d'élever et de déverser les minerais dans des loges bien séparées, afin d'obtenir un mélange intime de ces matières premières.

En avant, du côté du nord, existe un groupe de douze chaudières en acier Bessemer de 1m ,600 de diamètre et de 15 mètres de longueur, munies d'un tube réchauffeur de 1m de diamètre et de 15 mètres de longueur. Ces chaudières sont chauffées par les gaz perdus des hauts fourneaux. Du côté du sud, les hauts fourneaux sont accolés à la grande halle de la fonderie Bessemer, qui est divisée par des colonnades en fonte en trois travées.

La première est la halle de coulée en gueuses des hauts fourneaux et contient les poches de coulée et les élévateurs hydrauliques qui amènent la fonte chaude du haut fourneau aux convertisseurs. La deuxième est la halle aux cubilots, où s'opère la refonte selon la méthode ordinaire. La troisième est la halle des convertisseurs. Six cornues (deux par bassin) reçoivent tour à tour les fontes des hauts fourneaux ou des six cubilots perfectionnés à avant-creusets et à air chaud.

Parallèlement à ces halles et en continuant du côté du sud, se trouvent les bâtiments des machines soufflantes, pompes et accumulateurs flanqués à gauche et à droite d'un groupe de six chaudières entièrement semblables à celles des hauts fourneaux. Le type de machine soufflante Bessemer se rapporte à celui qui est généralement adopté à Seraing pour les machines soufflantes. Elle a été étudiée par les ingénieurs de la Société. C'est une machine verticale du système Compound, qui réalise les plus grandes économies possibles de combustible.

On trouve enfin la grande halle des laminoirs, qui, longue de 82 mètres, est formée de deux travées ds 18 mètres, reliées par une colonnade de 10 mètres de hauteur. Dans la première travée sont installés six grands fours à gaz, ayant une sole de 4m,50 × 3 mètres environ. Ils suffisent pour passer les lingots aux trains à rails qui se trouvent dans la deuxième halle. Le premier train ébaucheur ou blooming, avec deux paires de cylindres de 34 pouces ou 0m,860 de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diamètre, est activé par une machine reversible à engrenages faisant 45 tours par minute.

Une machine spéciale sert à la condensation. Les cylindres à vapeur ont 32 pouces ou 0m, 810 de diamètre et 4 pieds ou 1m,220 de course; les diamètres des roues d'engrenage sont dans les rapports de 1 à 2 1/2. Le second train finisseur, avec deux cages à cylindres de 24 pouces ou 0m,600 de diamètre est activé par une machine reversible à action directe faisant 80 à 90 tours par minute.

Deux cylindres à vapeur, de 40 pouces ou 1m, 01 de diamètre, attaquent directement un essieu coudé de 330 m/m de diamètre, qui est monté sur l'axe et à l'extrémité même du train. Cette machine est pourvue d'une condensation spéciale qui évite toute contre-pression de la vapeur quand la machine marche à grande vitesse.

Comme annexe à cette halle, une halle de parachènement, qui comprend toutes les machines les plus récentes appliquées à l'encochage, au fraisage, au forage des rails d'acier.

### Aciéries du Rhin, à Ruhrors (Allemagne). pl. II.

Cette usine, spécialement construite pour exploiter le procédé Bessemer, a été fondée en 1872. La nouvelle fonderie Bessemer sans fosses, qui se rapproche beaucoup des installations américaines, a été construite postérieurement. On voit que cet atelier n'est pas entouré de murs, la toiture est supportée par des colonnes en fonte réunies par des panneaux en bois que l'on peut enlever l'été; cette disposition est très-avantageuse pour le bien-être des ouvriers.

Nous donnons planche III le plan détaillé de cette installation qui est nouvelle et très-intéressante; c'est, croyons-nous, la seule fonderie Bessemer absolument sans fosse de coulée. La planche IV représente le détail des cornues de cette installation. La planche très-complète qui représente le plan général de l'usine nous dispense de longues explications. Remarquons seulement que cette usine prépare elle-même ses produits réfractaires, briques, tuyères, fonds de cornues, et que son installation double comme fonderies Bessemer lui donne de grands avantages pour parer aux accidents; les conduites étant disposées de façon que les pompes et les machines soufflantes d'un groupe puissent servir également à l'autre.

Elle est spécialement montée pour traiter les fontes en seconde fusion et emploie surtout les fontes anglaises. Les produits principaux sont : les rails, les bandages, les ressorts, les essieux de chemin de fer, les arbres de toutes sortes. La fabrication est très-soignée, aussi les produits de cette usine jouissent-ils d'une excellente réputation non-seulement en Allemagne mais encore en Italie et en Espagne où elle exporte de grandes quantités de matériel de chemin de fer.

### Aciérie Krupp.

Cette usine, fondée en 1810 par Frédéric Krupp auquel le propriétaire actuel a succédé en 1826, est l'aciérie la plus importante du monde entier.

Elle peut occuper jusqu'à 8,500 ouvriers. Son étendue totale est de 400 hectares dont environ 75 sont couverts par les constructions. Elle comprend dans ses appareils :

| | |
|---|---|
| Fours divers. . . . . | 1,648 |
| Chaudières. . . . . | 298 |
| Marteaux à vapeur de 100 à 50,000 kil. . . . . | 77 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| | |
|---|---|
| Laminoirs | 18 |
| Machines à vapeur de 2 à 1,000 chevaux de force et faisant un total de 11,000 chevaux | 294 |
| Machines-outils | 1,063 |

Par l'emploi de tous ces moyens de production, elle peut livrer par 24 heures :

| | |
|---|---|
| Rails (longueur totale, 19,125 mètres) | 2,700 |
| Essieux de locomotives et wagons | 150 |
| Roues diverses pour chemins de fer | 180 |
| Ressorts divers pour chemins de fer | 1,000 |
| Boulets divers | 1,500 |

Rien que pour l'artillerie, elle peut livrer par mois :

| | | |
|---|---|---|
| Canons de | campagne | 250 |
| | 15 centimètres | 30 |
| | 24 — | 15 |
| | 28 — | 8 |
| | 35,5 — | 1 |

Depuis 1847, cette usine a déjà livré 15000 canons complétement terminés et montés. Elle consomme par 24 heures :

| | |
|---|---|
| Charbon et coke | 1,800 tonnes. |
| Eau | 15,300 m. c. |
| Gaz d'éclairage par 21,215 becs | 24,700 — |

Les transports intérieurs sont effectués au moyen de :

| | |
|---|---|
| Voie à écartement normal | 39 kilom. |
| Locomotives-tender | 14 |
| Wagons | 537 |
| Petite voie | 18 kilom. |
| Locomotives | 10 |
| Wagons | 210 |
| Chevaux | 80 |
| Wagons | 214 |

Les communications sont faites à l'aide de 60 kilomètres de fils télégraphiques et de 44 bureaux. L'usine dispose d'une cible de 7500 mètres pour essayer les canons et en fait actuellement coustruire une de 17 kilomètres de longueur pour essayer les plus gros calibres. Le tableau suivant donne une idée de l'importance de l'emploi de l'acier dans la fabrication des canons et des résultats auxquels cette usine est parvenue.

*Série des canons en acier fabriqués par l'usine Krupp, à Essen (Allemagne).*

| | | DIAMÈTRE intérieur. | POIDS. | LONGUEUR. | CHARGE de poudre. | BOULETS. | | OBUS. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Poids. | Vitesse initiale. | Poids. | Vitesse initiale. |
| | | cent. | kilos. | mètres. | kilos. | kilos. | mètres. | kilos. | mètres. |
| Canons | de côtes | 46 | 124.000 | 11,500 | 250,00 | 1150 | 500 | 950,0 | 540 |
| | | 40 | 72.000 | 10,000 | 175.00 | 755 | 500 | 624,0 | 540 |
| | | 35,5 | 52.000 | 8,880 | 125,00 | 532 | 500 | 439,0 | 540 |
| | | 28 | 30.000 | 7,000 | 60,00 | 261 | 500 | 277,0 | 540 |
| | de marine | 26 | 19.000 | 5,720 | 48,00 | 210 | 500 | 173,0 | 540 |
| | de rempart et de siége | 15 | 3.000 | 3,500 | 6,50 | 39 | 432 | 31,5 | 475 |
| | | 12 | 1.420 | 2,925 | 3,25 | 20 | 430 | 16,5 | 470 |
| | de campagne | 7,5 | 300 | 2,000 | 1,00 | » | » | 4,2 | 465 |
| | de montagne | 7,5 | 103 | 0,975 | 0,40 | » | » | 4,2 | 280 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ajoutons que les nombres précédents ne se rapportent qu'aux aciéries sans compter les mines et les 14 haut fourneaux qui en dépendent. Les aciéries d'Essen possèdent des logements pour les employés et les ouvriers comptant 16,200 habitants. La boulangerie à vapeur produit journellement 195.000 kilogr. de pain.

### Visite à l'Exposition.

*Schneider et Cie. Usines du Creusot.* — Une annexe élégante réunissait sous son toit et autour d'elle les produits de cette grande usine, qui est une des gloires de la France. Devant l'entrée est placé le géant de l'Exposition, le marteau-pilon de 80 tonnes, dont la chute maxima est de 5 mètres et qui est mû par un cylindre à vapeur de 1m,900 de diamètre; le poids total des parties métalliques de cet outil est de 1,280,000 kilog. Des dessins exposés dans l'intérieur du bâtiment permettent d'étudier l'installation de ce puissant outil et de ses accessoires. Un tableau intéressant est celui qui indique la production du fer et de l'acier de cette grande usine depuis 1847. Un tracé graphique permet de suivre année par année la production exacte; nous donnons ici quelques chiffres qui montreront l'importance qu'à prise la production de l'acier dans ces dernières années. (Pl. XI *Métallurgie du fer*).

| EXERCICES. | PRODUCTION du fer. | PRODUCTION de l'acier. | PRODUCTION totale. |
|---|---|---|---|
| | tonnes. | tonnes. | tonnes. |
| 1847-48. . . . . | 16,000 | » | 16,000 |
| 1857-58. . . . . | 39,000 | » | 39,000 |
| 1867-68. . . . . | 98,000 | » | 98,000 |
| 1877-78. . . . . | 62,000 | 64,000 | 126,000 |

Un fac-simile d'un lingot de 120 tonnes permet d'apprécier la difficulté que présente la production de masses semblables. Ce lingot, coulé le 17 avril 1878, obtenu aux fours Siemens-Martin, a la forme d'une pyramide tronquée quadrangulaire, la base inférieure a 2 mètres de côté, la base supérieure 1m,800 et la hauteur 3m,750. A côté on voit la cassure d'un lingot d'acier coulé par un procédé spécial, permettant d'obtenir le métal avec une grande homogénéité et une cassure sans soufflures.

La qualité des aciers est attestée par des cassures et des vases façonnés sans soudures, qui sont des merveilles de main-d'œuvre. La fabrication est représentée par des bandages croissant en diamètre depuis 0m,50 jusqu'à 4 mètres, et accompagnés de cassures et de bandages pliés en deux et quatre pour montrer l'extrême malléabilité du métal; un arbre en acier fondu brut de forge du poids de 20.250k, ayant 18m,400 de longueur sur un diamètre de 0m,425; un arbre à trois manivelles de 15.000 kilog.; une chaudière complétement en acier pour locomotive-tender; cette chaudière est destinée à l'une des locomotives-tenders faisant le service des usines du Creusot. Le foyer, le corps cylindrique, les entretoises, les tubes et les rivets sont en acier. Des tubes en acier pour canons, dont l'un ne pèse pas moins de 38 tonnes et a 11 mètres de longueur.

Des frettes en acier fondu et des frettes en acier puddlé soudé.

*Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer. Anciens établissements Pétin et Gaudet, à Saint-Chamond (Loire).* — Cette Compagnie ne comprend pas moins de cinq usines différentes dans lesquelles toutes les diverses branches de l'industrie du fer sont représen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tées, depuis l'extraction du minerai jusqu'à la fabrication des aciers les plus fins.

C'est à Givors (Rhône) que fonctionnent les quatre appareils Bessemer en première fusion produisant spécialement les lingots pour rails d'acier dont la production annuelle est d'environ 18,000 tonnes en rails finis.

A Rive-de-Gier (Loire), on a forgé depuis trois ans une moyenne de 1,200 canons par an, de calibres variant de 8 c/m à 34 c/m et exigeant des lingots de 2,000 à 40,000 kilog.

L'usine d'Assally produit des aciers de toute nature aux creusets chauffés au gaz, au Bessemer deuxième fusion et enfin au four Martin-Pernot. C'est dans cette usine qu'a pris naissance l'application de l'acier fondu aux canons de fusils en 1860, et depuis, plus de deux millions de canons ont été livrés par cet établissement. Le moulage de l'acier est également mis en œuvre depuis plusieurs années à Assally et donne une réussite complète pour des produits très-variés.

A Saint-Chamond on fabrique surtout les bandages en acier puddlé et en acier fondu, les blindages pour cuirasses de navires et les frettes en acier puddlé pour l'artillerie.

Des spécimens de ces différentes fabrications sont exposés dans une annexe spéciale : des boulets sphériques, cylindriques et cylindro-coniques en acier fondu et des cassures; un lingot d'acier de 40 tonnes de forme octogone, ayant 1m,500 de diamètre à la base, coulé pour un canon de 34 c/m et une cassure de plus d'un mètre de diamètre sans soufflures et présentant de beaux arrachements; des canons en acier fondu dont quelques-uns sont cassés et montrent un métal doux parfaitement homogène, dont on a pu tirer des copeaux ayant 50 et 85 mètres de longueur; des essieux droits et coudés pour wagons, tramways, tenders et locomotives; des bandages pour roues de tramways et de chemins de fer en acier fondu et en acier naturel, ainsi que des cassures; des rails en acier Bessemer; des cornières, des barres à section en T et en U en acier fondu; une plaque de blindage en acier : 4m,206 de longueur, 1m,420 de largeur et 0m,557 d'épaisseur pesant 26.550 kilog.; des tôles en acier fondu, qualité marine, qualité chaudières, etc., avec des essais à chaud et à froid; des cuirasses et des casques en acier fondu; des ressorts de suspension et de traction pour chemins de fer, des ressorts en spirale, des ressorts à boudins, des ressort Belleville; des frettes pour canons en acier fondu et en acier puddlé; un modèle de four à acier à sole tournante du système Pernot.

*Compagnie des fonderies et forges de Terre-Noire, Lavoult et Bességes.* — Les produits de cette Compagnie sont réunis dans une annexe spéciale où ils sont parfaitement classés et offrent un sujet d'étude du plus grand intérêt.

D'abord une collection de minerais de l'Ardèche, du Gard, des Pyrénées-Orientales, d'Algérie et d'Espagne, parmi lesquels nous remarquons ceux d'Alméria et de Huelda (Espagne) contenant 50 à 53 % de manganèse qui ont permis d'obtenir ces alliages de fer-manganèse-silicium; de fer-manganèse-tungstène; de fer-manganèse-chrôme, qui servent à leur tour à la production des aciers coulés sans soufflures et des aciers de dureté et de ténacité exceptionnelles.

A côté de la collection des fontes pour moulage, pour affinage, nous remarquons des ferro-manganèse contenant de 25 jusqu'à 85,5 % de manganèse dont l'importance a déjà été signalée dans un chapitre spécial; des alliages contenant à côté du fer et du manganèse jusqu'à 10 % de silicium, ou bien 24 % de tungstène ou 2? % de chrôme qui entrent dans la fabrication de séries d'aciers contenant ces différents corps à dose variable permettant d'en étudier les différentes propriétés. Nous ne pouvons reproduire ici tous les résultats de ces expériences très-intéressantes, mais nous ne pouvons résister au plaisir de donner à nos lecteurs les conclusions auxquelles elles ont amené les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

savants ingénieurs qui les ont conduites et que nous extrayons du catalogue des objets exposés.

**Observations sur les trois séries d'expériences faites sur les aciers martelés et laminés.** — Il n'est pas sans intérêt de faire ressortir, aussi rapidement que possible, les quelques conclusions qui paraissent devoir se dégager des trois séries d'épreuves dont les résultats détaillés sont donnés dans des tableaux. Ces conclusions doivent être envisagées à deux points de vue bien distincts : d'une part en étudiant les résultats d'épreuves faites sur chaque série prise isolément, et ensuite en comparant, dans la limite du possible, les trois séries entre elles.

*Acier à doses variables de carbone.*

| COULÉE. | | CARBONE. | MANGANÈSE. | PHOSPHORE. | SILICIUM. | SOUFRE. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Nos 59 | teneur % . . . . . | 0,150 | 0,213 | 0,035 | traces | traces |
| 66 | — . . . . . | 0,490 | 0,200 | 0,070 | » | » |
| 70 | — . . . . . | 0,709 | 0,266 | 0,062 | » | » |
| 74 | — . . . . . | 0,875 | 0,250 | 0,055 | » | » |
| 82 | — . . . . . | 1,050 | 0,255 | 0,063 | » | » |

Si l'on examine les diverses épreuves faites sur les cinq coulées d'acier à doses variables de carbone, on pourra faire les observations suivantes :

1° Les épreuves par flexion font ressortir d'une manière très-évidente que le métal fondu, lorsqu'il ne contient que des doses très-minimes de carbone, donne sous un effort de flexion des flèches plus considérables que celles obtenues avec les meilleurs fers. Cette faculté de fléchir n'exclut cependant pas une certaine raideur, et si l'on compare, sous la charge de 30,000 kilog., les flèches permanentes sur les barreaux de fer et sur ceux d'acier, on constate pour le fer 40 à 48 millim., alors que le métal fondu donne seulement 9 m/m, 8. Le métal fondu, lorsque la teneur en carbone ne dépasse pas 0,150 %, est donc un véritable fer fondu homogène bien supérieur en qualité à tous les autres fers connus.

2° Les épreuves par flexion font ressortir, en outre, que les propriétés élastiques du métal se développent en proportion directe des doses de carbone qu'il contient. Il suffit d'examiner attentivement le tableau des épreuves par flexion pour constater l'élévation progressive de la limite d'élasticité du métal, dans des conditions telles que si, par exemple, on examine les flèches permanentes sous la charge de 40,000 kilog. on trouve :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Coulée . . . . . | Nos 59 | 10,4 | millimètres. |
| | 66 | 25,7 | — |
| | 70 | 3,4 | — |
| | 74 | 0,2 | — |
| | 82 | 0,1 | — |

3° Les épreuves au choc confirment absolument les résultats donnés par celles à la flexion, en ce qui concerne les facultés élastiques ; il suffit d'étudier le tableau des flèches sous le choc pour arriver à cette conclusion. Il faut ajouter que la difficulté de fléchir se traduit, pour les aciers à haute dose de carbone, en fragilité au choc.

4° Les épreuves par traction donnent des résultats très-concordants avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ceux des épreuves par flexion et par choc ; l'échelle des limites d'élasticité, des résistances à la rupture et des allongements fait ressortir de la manière la plus saillante l'action du carbone dans les aciers.

| COULÉE. | LIMITE d'élasticité. | CHARGE de rupture. | ALLONGEMENT. |
|---|---|---|---|
| Nos 59. . . . . | 22k,0 | 35k,7 | 34 % |
| 66. . . . . | 26 ,2 | 48 ,8 | 24 |
| 70. . . . . | 31 ,6 | 68 ,0 | 15 |
| 74. . . . . | 34 ,2 | 74 ,1 | 9,5 |
| 82. . . . . | 39 ,2 | 86 ,1 | 4,5 |

5° Les épreuves par compression viennent donner une nouvelle confirmation des faits établis par les épreuves précédentes. On remarquera, en effet, si l'on prend les deux points extrêmes de la série, que pour une même charge de 32,000 kilog., supportée par un petit cylindre de 10 millim. de hauteur et de 10 millim. de diamètre, l'épaisseur se réduit, pour la coulée n° 59, à 2 m/m, 87 et à 4 m/m, 57 seulement pour la coulée n° 82. Ce résultat des essais par compression doit être d'autant plus remarqué que les épreuves ont été faites dans la fonderie de la marine, à Nevers, et par des opérateurs autres que ceux qui, dans les usines, ont procédé aux autres séries d'expériences. Ces épreuves par compression, pour être complètes, devraient indiquer sous quelle charge commence la déformation du métal ; malheureusement la disposition des instruments d'épreuve n'a pas permis d'obtenir ce résultat.

6° Les effets de la trempe à l'huile et de la trempe à l'eau sont mis en lumière d'une façon très-évidente par les épreuves de traction, ainsi que par celles de compression. Si l'on examine les limites d'élasticité, charges de rupture, allongements, on constate que les modifications apportées par la trempe sont d'autant plus grandes que la dose de carbone est plus considérable. On constate encore que la trempe à l'eau amène des modifications infiniment plus sensibles que celles résultant de la trempe à l'huile. Il faut remarquer enfin que, sous l'influence de certaines doses de carbone, la trempe à l'eau n'est plus possible dans de certaines conditions. Pour réussir cette trempe, il aurait fallu abaisser la température à un niveau qui ne permettrait plus la comparaison entre les barrettes des différentes coulées.

7° Les effets de la trempe sur les épreuves par flexion et par choc ont été moins sensibles que sur les essais de traction et de compression. Il faut remarquer que les épreuves de flexion et de choc ont été faites sur des barreaux carrés de 100 millim. de côté, et l'on comprendra aisément que la trempe doit avoir une action beaucoup moins sensible sur un barreau de cette dimension que sur une barrette de 14 ou 20 millim. de diamètre.

**Aciers à doses variables de manganèse.** — Voici le résultat des analyses faites sur les cinq coulées de cette série :

| COULÉE. | MANGANÈSE. | CARBONE. | PHOSPHORE. | SILICIUM. | SOUFRE. |
|---|---|---|---|---|---|
| Nos 26 teneur % . . . . . | 0,521 | 0,450 | 0,067 | traces | traces |
| 33 — . . . . . | 1,060 | 0,467 | 0,072 | » | » |
| 30 — . . . . . | 1,305 | 0,515 | 0,061 | » | » |
| 21 — . . . . . | 2,008 | 0,560 | 0,058 | » | » |
| 17 — . . . . . | 2,458 | 0,599 | 0,072 | » | » |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il a été impossible de faire sur la coulée n° 17 toutes les épreuves faites sur les autres coulées, parce que le métal est extrêmement dur à couper à l'outil et qu'il a été impossible de préparer des barreaux d'essai.

8° Si l'on fait, pour les aciers à doses variables de manganèse, l'examen analytique qui vient d'être fait pour les aciers carburés, on trouvera que l'augmentation de la teneur en manganèse produit, dans les aciers, un effet analogue à celui produit par l'augmentation de la teneur en carbone : élévation de la limite d'élasticité ; augmentation de la charge de rupture ; diminution de l'allongement. Si l'on examine avec attention les tableaux d'épreuve par flexion, par choc, par traction et par compression, on constatera que tous les faits sont concordants et se manifestent absolument dans le même sens.

9° Si l'on cherche à établir un point de comparaison entre les deux séries, carburée et manganésée, on trouve que le point de contact est entre les deux coulées n° 66 et n° 26, qui ont à peu près la même composition chimique, et ne diffèrent que par la teneur en manganèse, ainsi que l'indiquent les analyses :

| | N° 66 | N° 26 |
|---|---|---|
| | — | — |
| Carbone | 0,490 | 0,450 |
| Manganèse | 0,200 | 0,521 |
| Phosphore | 0,070 | 0,067 |
| Silicium | traces | traces |
| Soufre | — | — |

Si donc on constate dans les épreuves faites sur ces deux coulées des différences sensibles, il faudra les attribuer au dosage plus élevé en manganèse dans la coulée n° 26.

10° Or, si l'on examine les résultats donnés par ces deux coulées au point de vue des diverses épreuves par flexion, par choc et par compression, on constate sur tous les points : élévation de la limite d'élasticité ; augmentation de la charge de rupture. Quant à la faculté d'allongement, elle semble rester la même malgré l'élévation du point de rupture. Les résultats des épreuves par traction comparés sur ces deux coulées n° 66 et n° 26 donnent en effet :

| | N° 66 | N° 26 |
|---|---|---|
| | — | — |
| Limite d'élasticité | 26k,2 | 27k,3 |
| | 38 ,8 | 54 ,0 |
| | 24 ,0 | 24 ,2 |

Les essais par compression donnent sous la charge de 32.000 kilogrammes :

| | N° 66 | N° 26 |
|---|---|---|
| | — | — |
| Hauteur avant la compression . . | 10m/m,00 | 10m/m |
| — après la compression . . | 3 ,60 | 3 ,62 |
| Rapport entre les deux hauteurs. | 2 ,76 | 2 ,77 |

Il y a donc identité complète dans la faculté d'aplatissement.

11° En ce qui concerne les effets produits par la trempe, on constate que l'augmentation dans la teneur en manganèse accroît dans une très-forte proportion la faculté de trempe des aciers ; on remarquera, en effet, que dans le cours des épreuves dont il est rendu compte, les barrettes ont été fendues à la trempe à l'huile, bien que l'opération ait été pratiquée au rouge cerise sombre. A cette même température, il a été impossible d'obtenir une seule barrette trempée à l'eau.

12° On constate pour la série manganésée, comme on a pu le faire pour la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

série précédente, que les effets de la trempe sur les barreaux carrés de 100 millimètres de côté, sont infiniment moins sensibles que sur les barrettes de 14 et de 20 millim. de diamètre. Un examen des épreuves par flexion et par choc sur les barreaux carrés de 100 millim. fait ressortir ce fait d'une manière très-nette.

**Aciers à doses variables de phosphore.** — Les analyses faites sur les aciers provenant de trois coulées faites en maintenant, autant possible, le manganèse et le carbone à des doses invariables, le phosphore seul variant dans des proportions assez larges, ont donné les résultats suivants :

| COULÉE. | PHOSPHORE. | MANGANÈSE. | CARBONE. | SILICIUM. | SOUFRE. |
|---|---|---|---|---|---|
| Nos 41 teneur % . . . . . | 0,247 | 0,746 | 0,310 | traces | traces |
| 35 — . . . . . | 0,273 | 0,800 | 0,274 | » | » |
| 45 — . . . . . | 0,398 | 0,693 | 0,310 | » | » |

Les aciers provenant de ces trois coulées ont été soumis aux épreuves précédemment indiquées.

13° Il semble résulter de la série des épreuves faites sur ces coulées que le phosphore introduit dans les aciers de bonne qualité n'altère pas sensiblement leurs propriétés physiques. L'expérience acquise dans les usines de la Compagnie de Terre-Noire a démontré que l'élimination du carbone est une nécessité absolue si l'on veut introduire du phosphore dans les aciers. Or, l'élimination du carbone ne peut être obtenue que par l'addition dans l'opération d'une certaine dose de ferro-manganèse riche, d'où il résulte que le manganèse doit tenir une certaine place dans les aciers phosphoreux. Il résulte de là que les aciers à doses variables de phosphore sont surtout comparables aux aciers manganésés. Le point de jonction des deux séries paraît être sensiblement sur les deux coulées n° 41 et n° 26, dont voici les analyses :

| | N° 26 | N° 41 |
|---|---|---|
| | — | — |
| Carbone. . . . . | 0,450 | 0,310 |
| Manganèse. . . . . | 0,521 | 0,746 |
| Phosphore. . . . . | 0,067 | 0,273 |
| Silicium. . . . . | traces | traces |
| Soufre. . . . . | — | — |

La teneur plus élevée en manganèse devant compenser à peu près ce qui manque en carbone.

14° La comparaison entre les résultats d'épreuves donnés par ces deux coulées, aux divers points de vue de la flexion, du choc, de la traction et de la compression, montre bien, en effet, qu'il y a une très-grande analogie entre ces deux coulées. On doit remarquer, toutefois, que la limite d'élasticité est plus élevée dans le métal phosphoreux ; que, par suite, ce métal fléchit moins aux épreuves de flexion et de choc, et que, notamment à ces dernières épreuves, la limite de rupture se trouve à une hauteur moindre.

15° La coulée n° 45, dont la teneur en phosphore est sensiblement plus élevée, donne une limite d'élasticité supérieure à celle des coulées nos 41 et 35 ; la charge de rupture est également plus élevée, sans que l'allongement diminue d'une manière sensible. Cette coulée, éprouvée au choc, arrive à la limite de rupture à un point sensiblement inférieur, vérifiant ainsi l'observation précé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dente. On peut donc admettre que la présence du phosphore dans les aciers élève la limite d'élasticité, augmente la raideur et diminue sensiblement la résistance au choc.

16° Les épreuves, faites après trempe à l'huile, indiquent que la présence du phosphore n'atténue pas sensiblement la faculté de trempe ; les résultats comparatifs des deux coulées n° 41 et n° 26 semblent concluants à cet égard. Les résultats donnés par la coulée n° 45 sembleraient indiquer qu'une augmentation dans la teneur en phosphore augmente les résultats de la trempe. — 17° Les essais par compression sur les aciers phosphoreux font ressortir l'augmentation de dureté et sont, sous ce rapport, bien concordants avec les essais par flexion et par traction. Les résultats des essais de compression, après trempe à l'huile, doivent être signalés comme très-remarquables. Il y a là l'indication d'un fait fort important à étudier.

**Aciers coulés sans soufflures.** — Voici les analyses de quatre coulées dont la composition chimique diffère principalement au point de vue de la teneur en carbone. Il a été fait une cinquième coulée avec addition de chrome, dans le but de faire un premier pas vers l'étude des aciers chromés qui paraissent avoir des propriétés particulières.

| COULÉE. | CARBONE. | SILICIUM. | MANGANÈSE. | CHROME. | PHOSPHORE. | SOUFRE. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| N$^{os}$ 152 teneur °/$_0$. . | 0,875 | 0,322 | 0,772 | » | 0,085 | traces |
| 148 — . . | 0,750 | 0,163 | 0,672 | » | 0,097 | » |
| 144 — . . | 0,459 | 0,221 | 0,670 | » | 0,078 | » |
| 140 — . . | 0,287 | 0,233 | 0,693 | » | 0,076 | » |
| 278 — . . | 0,450 | 0,280 | 0,750 | 0,750 | » | » |

17° L'examen des résultats d'épreuves montre que les aciers coulés sans soufflures possèdent toutes les propriétés signalées plus haut sur les aciers laminés et martelés. On remarquera, en effet, et tout d'abord, que les résistances et allongements varient avec la teneur en carbone et en manganèse, exactement dans les proportions antérieurement constatées. Si l'on compare les deux coulées n° 66 de la série carburée et n° 144 de la série sans soufflures, on constate :

| | N° 66 | N° 144 |
|---|---|---|
| Limite d'élasticité . . . . . | 26$^k$,00 | 33$^k$,6 |
| Rupture. { Charge sur la section primitive. . | 48 ,80 | 55 ,5 |
| Rupture. { Charge sur la section contractée. . | 73 ,40 | 75 ,8 |
| Allongement pour cent. . . . . | 24 ,00 | 19 ,2 |

Si l'on tient compte de ce fait que la coulée n° 66, tout en ayant une teneur en carbone à peu près identique à celle de la coulée n° 144, contient sensiblement moins de manganèse, puisque la différence est 0,200 à 0,670; si l'on se reporte aux observations entièrement faites sur l'influence du manganèse dans les aciers, on trouvera très-naturel que la coulée n° 144 présente une limite d'élasticité plus élevée et un allongement un peu moindre que la coulée n° 66. Ces comparaisons pourraient être étendues, et l'on constaterait toujours le même fait de similitude dans les résultats.

18° On peut donc conclure qu'il est possible d'obtenir par la seule opération de la fusion des aciers possédant toutes les qualités des aciers martelés, et considérer comme vrai le principe suivant déjà formulé : L'acier tient toutes ses



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

propriétés physiques de sa composition chimique ; le travail mécanique de forgeage ou de laminage n'est pas nécessaire au développement de ses qualités. L'acier coulé sans soufflures, dans de bonnes conditions, et convenablement trempé ou recuit, atteint un état moléculaire absolument satisfaisant.

*Hauts fourneaux de Saint-Louis.* — Les hauts fourneaux de Saint-Louis sont situés dans la banlieue de Marseille, à quatre kilomètres environ des forts et à proximité de la gare de Saint-Louis, sur le chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée. Leur construction a commencé en 1855, et le premier fourneau a été mis en feu en 1857. L'usine comprend trois hauts fourneaux à grande production, avec les installations accessoires nécessaires, savoir : soufflerie (4 machines, ensemble 600 chevaux), appareils à air chaud (systèmes Whitwell, etc.), halles de coulée, halle de fonderie de seconde fusion, cubilots, étuve, etc.

Elle a été la première à consommer en France, la variété de ces excellents minerais venant d'Espagne, d'Algérie, d'Italie, de l'île d'Elbe, etc., qui lui ont permis de livrer au commerce des fontes au coke propres à remplacer les fontes au charbon de bois, pour la fabrication des aciers puddlés. Ses fontes sont également appréciées pour la fabrication des aciers Bessemer et Martin.

Dès 1862, Saint-Louis fabriquait des fontes spéculaires au coke et livrait aux fabricants d'acier de la Loire et de l'Isère des fontes dites à facettes, qui contenaient de 3 à 6 % de manganèse. Un brevet était pris en décembre 1862 pour la fabrication au haut fourneau des carbures de fer et de manganèse.

Deux ans plus tard, la première en France, l'usine de Saint-Louis livrait au commerce des tonnages importants de fontes manganésées miroitantes, dont l'Allemagne avait eu jusque-là le privilége et qui étaient vendues par les usines des bords du Rhin à toutes les aciéries Bessemer d'Angleterre et de France.

Dans ces dernières années, en présence de l'essor pris par la fabrication des aciers Bessemer et Martin, qui nécessite ces produits, Saint-Louis a considérablement accru la production de ses fontes manganésées qui se distinguent de la plupart des fontes de ce genre fabriquées à l'étranger, par leur pureté, et notamment par l'absence presque complète de phosphore. Plus récemment, les nouveaux procédés de fabrication de l'acier ayant conduit les aciéries à réclamer des produits de plus en plus riches en manganèse, les hauts fourneaux de Saint-Louis se sont mis en mesure de leur donner satisfaction, et sont arrivés par étapes successives à produire couramment au haut fourneau des ferro-manganèses ou fontes mixtes de fer et de manganèse contenant jusqu'à 80 % de manganèse.

En 1877, cette teneur, qui avait été regardée jusque-là comme le maximum de ce qu'il était possible d'obtenir industriellement, a été dépassée, et plusieurs centaines de tonnes ont été fabriquées de 80 à 85 % de manganèse. Tout dernièrement enfin, (avril 1878), la teneur de 87,4 a été atteinte. Ce sont ces produits, dont les plus riches ne contiennent plus que 6 à 7 % de fer, qui étaient exposés sous le nom de Fontes de manganèse. La plupart des aciéries françaises ont consommé ou consomment les produits manganésés de l'usine de Saint-Louis. En outre, sa position à proximité du port de Marseille et la valeur de ses produits spéciaux lui permettent d'exporter une notable portion de sa production ; aussi l'Angleterre, la Belgique, l'Autriche, la Russie, les États-Unis enfin, ont-ils recours aux spiegel-eisen et aux ferro-manganèses de Saint-Louis. Des agences spéciales ont été créées dans ces diverses pays.

L'usine de Saint-Louis possède deux laboratoires d'analyses chimiques, munis des appareils les plus perfectionnés, et toutes ses matières premières, tous ses produits sont journellement soumis aux études et aux investigations de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

science. Parmi les fontes exposées, nous avons remarqué une série complète de 40 échantillons des fontes manganésées : spiegel-eisen, fontes extra-manganésées, ferro-manganèses, fontes de manganèse, depuis 10 jusqu'à 87 % de manganèse.

Voici les analyses de quelques-uns de ces produits :

| MATIÈRES. | FONTES MANGANÉSÉES. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Manganèse. . . . . | 10,93 | 18,50 | 28,40 | 39,90 | 52,12 | 63,69 | 84,96 |
| Silicium. . . . . | 0,690 | 0,168 | 0,190 | 0,186 | 0,83 | 0,069 | 0,660 |
| Carbone. . . . . | 4,410 | 5,750 | 5,200 | 5,450 | 4,90 | 6 | 5,700 |
| Soufre. . . . . | 0,010 | 0,005 | » | 0,008 | traces | 0,019 | 0,035 |
| Phosphore. . . . . | 0.002 | 0,015 | 8,025 | 0,020 | 0,041 | 0,013 | 0,005 |
| Fer (par différence). | 83,958 | 75,562 | 66,185 | 54,436 | 42,109 | 30,209 | 8,640 |
| | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

*Société anonyme de Commentry-Fourchambault.* — Dans cette exposition si intéressante à tous les points de vue, nous remarquions spécialement : la fabrication des roues et trains de bennes en acier fondu ; celle des pelles en acier. N'oublions pas que c'est dans l'usine de Saint-Seurin-sur-l'Isle (Gironde), aujourd'hui propriété de cette Société, qu'a fonctionné le premier appareil de M. Bessemer qui ait été installé en France. C'est aussi dans une usine de cette Société, celle de Montluçon, qu'a été établi en 1863, le premier four destiné à fondre et fabriquer l'acier sur la sole d'un four à réverbère ; mais un accident, dû à l'excès de chaleur, fit abandonner les premiers essais.

Dans cette même usine de Montluçon, on est arrivé à produire directement au haut fourneau du ferro-manganèse jusqu'à 70 % de manganèse, depuis le mois d'octobre 1874. Les roues de vagonets en acier fondu présentent le plus grand intérêt quant à la bonne qualité du métal, attesté par des épreuves à outrance et des cassures superbes ; ces roues permettent de réaliser une économie de 30 % sur les roues en fonte que l'on emploie encore généralement. Les mêmes remarques s'appliquent aux autres objets en acier coulé : hélices pour la navigation à vapeur, roues de tramways, roues d'engrenages, pignons.

Cette exposition comprenait encore des aciers laminés en barres, en tôles et en rails ; des fils d'acier, des essieux en acier, des trains montés en acier pour vagonets de mine, des chaînes en acier sans soudure, des ressorts à lames, à spirales, des pelles en acier fondu et laminé, des pièces en acier pour croisement de voie. Cette Société possède 4 convertisseurs à Montluçon. Elle emploie dans ses 10 établissements différents, 7,237 ouvriers.

*Jacob Holtzer et Cie. Aciéries et forges d'Unieux près Firminy* (Loire). — Cette maison a été fondée en 1829, elle occupe 800 ouvriers ; elle possède 7 fours à fondre l'acier de 24 creusets chacun, chauffés au gaz et 12 fours à cémenter, dont 6 de 30 tonnes et 6 de 15 tonnes. Elle peut produire annuellement 3,000 tonnes d'acier fondu au creuset, spécialement des aciers fins pour outils de toutes espèces, des aciers au tungstène et au chrome, remarquables par leur résistance, leur ténacité et leur dureté après la trempe ; 3,600 tonnes d'acier puddlé produit avec les fontes au bois de Ria ; 600 tonnes d'acier corroyé et 400 tonnes de pièces en acier moulé jusqu'au poids de 2,500 kilogr.

Ces différentes branches de la fabrication étaient représentées à l'Exposition par des trépans de mines en acier forgé, des tubes de canon, des pelles, des haches,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des outils divers, des boîtes d'essieux en acier forgé, des matrices et coins pour les monnaies. Mais la partie la plus intéressante de cette exposition consistait dans une série de produits et d'essais sur les aciers contenant du chrome et du tungstène.

On voyait des échantillons de ferro-chrome, contenant jusqu'à 65 % de chrome et obtenus à l'aide des minerais grecs, des ferro-chrome saturés de carbone contenant de 15 à 30 % de chrome en présence de 1,3 à 2,5 de carbone, et des ferro-tungstène riches en tungstène, mais dont la teneur n'est pas précisée. A côté de ces nouveaux produits si intéressants, étaient placés les aciers au chrome et au tungstène qu'ils ont servi à produire et dont les cassures, après ou avant la trempe, présentent un grain fin et parfaitement homogène.

Une série d'essais à la traction, faits sur des barreaux de 200 millimètres de section et 100 millimètres de longueur, montre bien la propriété particulière au chrome de retarder la limite d'élasticité sans augmenter de beaucoup la dureté du métal. Voici les résultats de ces essais :

| LIMITE d'élasticité par millmètre carré de section primitive. | CHARGE de rupture par millimètre carré de section primitive. | ALLONGEMENT pour 100 après rupture. |
|---|---|---|
| 40k,1 | 58k,0 | 27,4 |
| 60 ,0 | 92 ,2 | 14,7 |
| 60 ,1 | 92 ,8 | 13,9 |
| 62 ,0 | 101 ,4 | 9,7 |
| 73 ,5 | 114 ,8 | 8,8 |
| 74 ,8 | 109 ,6 | 11,2 |
| 100 ,0 | 120 ,0 | 9,3 |
| 103 ,0 | 117 ,4 | 12,1 |
| 103 ,1 | 122 ,0 | 8,7 |
| 110 ,0 | 119 ,5 | 10,1 |
| 112 ,2 | 125 ,4 | 12,0 |
| 120 ,0 | 128 ,0 | 9,3 |
| 126 ,0 | 134 ,3 | 8,3 |

*Usines de Denain et Anzin.* — Nous trouvons ici une série d'essais sur les aciers produits par cette usine, qui font bien ressortir les avantages que présente ce métal sur le fer ordinaire.

| MATIÈRES. | | CHARGE de rupture exprimée en kilogrammes par millimètre carré de section primitive. | ALLONGEMENT pour 100 après rupture. |
|---|---|---|---|
| Acier | dur n° 5. . . . . | 74k | 17 |
| | | 68 | 20 |
| | demi-doux n° 6. . . . . | 65 | 21 |
| | | 57 | 24 |
| | doux n° 7. . . . . | 55 | 25 |
| | | 48 | 28 |
| | extra-doux n° 8. . . . . | 47 | 29 |
| | | 41 | 35 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les produits exposés nous remarquions, un lingot d'acier Bessemer ayant environ 50 centim., de côté et complétement exempt de soufflures; des pièces de machine et des tôles de chaudières en acier; enfin *des échantillons d'aciers parfaitement soudés.*

L'acier dur ou n° 5 est la qualité qui convient pour les rails tandis que l'acier demi-doux ou n° 6 serait préférable pour les bandages, et les aciers doux et extra-doux pour les essieux, les chaudières et les constructions.

**Forno-convertisseur Ponsard.** — Voici un nouvel appareil très-ingénieux dû au savant métallurgiste dont le récupérateur de chaleur est connu du monde entier. Il a pour but la fabrication économique de l'acier par un procédé qui tient à la fois des deux méthodes qui sont le plus répandues dans l'industrie.

Nous donnons la description de cet appareil avec les avantages qu'on lui attribue.

« Les deux systèmes, de fabrication de l'acier, employés aujourd'hui sont le système Bessemer et le système Siemens-Martin.

» Le premier des deux consiste à décarburer la fonte au moyen d'un violent courant d'air: c'est la méthode par insufflation; le second consiste à dissoudre dans un bain de fonte une très-forte proportion de fer: c'est la méthode par réaction. Tout le monde connaît les avantages respectifs de ces deux systèmes; je n'en parlerai pas, je ne parlerai que de leurs inconvénients qui, je crois, peuvent être évités.

» Les inconvénients du premier sont:

» 1° L'obligation d'avoir les fontes spéciales contenant leur combustible (carbone, silicium, manganèse); 2° l'impossibilité d'ajouter tous les riblons provenant de la transformation des lingots en barres, parce qu'on refroidirait la fonte et qu'on la dénaturerait; 3° l'impossibilité reconnue de traiter tous les espèces de fonte; 4° impossibilité de modifier la nature du bain, comme on le fait dans le procédé de Siemens-Martin.

» Les inconvénients du second sont:

» 1° La dépense de combustible; 2° la lenteur des opérations; 3° l'obligation d'employer une grande quantité de fer dont on ne dispose pas toujours, et qui généralement coûte plus cher que la fonte; 4° les difficultés d'entretien de four, quand, au fer, on substitue les minerais spéciaux.

» Chacun de ces systèmes a ses avantages et ses inconvénients, avantages et inconvénients qui se compensent; car, en somme, le prix de revient de fabrication est à peu près le même dans les deux cas.

» Le procédé nouveau, dont il est ici question, réunit les avantages des deux systèmes, et évite les inconvénients respectifs de chacun d'eux.

» Il repose essentiellement sur un système mixte de fabrication par insufflation et par réaction.

» L'appareil destiné à obtenir ce résultat porte le nom de *Forno-convertisseur Ponsard*; il se compose d'un four à gaz à haute température dont la sole circulaire, mobile et inclinée, est munie, d'un côté, d'une série de tuyères. Lorsque la sole est disposée de façon que les tuyères soient à la partie inférieure de la dite sole, l'insufflation se produit dans le bain métallique au moyen d'une machine soufflante, et la décarburation se fait comme par le procédé Bessemer.

» Lorsque l'on juge que cette décarburation est suffisante, on fait faire un demi-tour à la sole, et le côté inférieur où se trouvent les tuyères, devient le côté supérieur, ce qui permet de faire émerger les tuyères du bain et de soustraire le métal à l'influence du courant d'air que l'on arrête.

» On peut alors essayer le métal, car il n'y a pas à craindre que le métal se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

refroidisse, puisqu'il est dans une atmosphère dont la température est celle de la fusion de l'acier.

» Si l'essai que l'on a fait du métal démontre que l'acier est de bonne qualité, on fait la coulée; sinon on ajoute un peu de fonte ou un peu de fer suivant que le métal est trop dur ou trop doux, ou bien on fait faire un second demi-tour à la sole, et l'on achève l'affinage au moyen de l'insufflation.

» On voit par cette description sommaire que l'on peut, avec le nouvel appareil, décarburer d'abord comme on le fait dans le système Bessemer et achever l'opération comme dans le procédé Siemens-Martin. Toute personne qui s'occupe de métallurgie peut reconnaître que les avantages du nouveau procédé sont les suivants :

» Sur le procédé Bessemer :

» 1° Possibilité d'employer des fontes non siliceuses et des fontes très-peu carburées, parce qu'on peut, au préalable, avant l'insufflation, porter le bain à une température égale à celle de la fusion de l'acier, ce qui permet de se passer des éléments combustibles exigés dans les fontes pour le procédé Bessemer afin d'avoir une température finale suffisante; 2° possibilité de dissoudre dans le bain de fonte, avant l'insufflation, une quantité de riblons ou de déchets bien supérieure à celle provenant de la transformation des lingots en barres; la quantité de riblons peut atteindre les $^2/_3$ de la charge totale; 3° possibilité de faire le métal aussi doux que l'on veut puisque, au préalable, on peut chauffer le bain de façon à avoir après l'insufflation une température finale supérieure à celles obtenues jusqu'ici; 4° Économie de combustible, car une faible machine soufflante suffit, puisqu'il n'y a qu'une faible épaisseur de fonte à traverser, que le chauffage des convertisseurs est supprimée et qu'une partie de l'affinage est faite par l'addition des riblons; 5° grande économie dans les frais de premier établissement pour une égale production.

» Sur le procédé Siemens-Martin les avantages sont :

» 1° Économie considérable de combustible à cause de la rapidité des opérations, car on peut compter sans exagération que l'on fera trois fois plus d'opérations dans le même temps, attendu que dès les premières expériences on a pu constater qu'une opération au forno-convertisseur se fait en moins de trois heures, tandis que le Siemens-Martin fait au plus trois opérations par vingt-quatre heures; 2° économie de main-d'œuvre en raison de la plus grande production journalière; 3° possibilité d'opérer sur la fonte seule ou sur un mélange contenant peu de fer; 4° économie dans les frais de premier établissement puisque chaque appareil de même capacité produit au moins trois fois plus, et ne coûte pas davantage.

» Enfin, avantages sur les deux systèmes :

» 1° Possibilité d'envoyer à volonté d'une façon intermittente des réactifs solides en poudre ou gazeux, dans un bain métallique dont on peut ainsi modifier ou purifier la qualité; 2° possibilité d'obtenir des températures supérieures à celles obtenues jusqu'ici, car on sait que l'insufflation dans un convertisseur Bessemer développe une surélévation de température qui produit la fusion de l'acier et qui a pour point de départ, non la température de la fonte sortant du haut fourneau, mais la température qu'elle a acquise dans le four et qui peut être celle de la fusion de l'acier, ce qui a permis d'obtenir avec cet appareil du fer fondu. »

Ajoutons que cet appareil prend une nouvelle importance après l'invention de M. I. Lowthian Bell sur la séparation du phosphore de la fonte liquide à la plus basse température possible au moyen de scories ferreuses ou crasses de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forge, ou minerais de fer; car on obtient ainsi une fonte pure mais ne contenant plus assez de silicium pour être traitée par le procédé Bessemer.

Les expériences qui se poursuivent actuellement à Thy-le Château ont déjà permis d'obtenir des échantillons que l'on voyait à l'Exposition, et dont la composition moyenne est la suivante:

| | |
|---|---|
| Carbone | 0,19 |
| Manganèse | 0,32 |
| Phosphore | 0,06 |

Cet acier a été fabriqué au moyen de la fonte de Cumberland à 3 °/₀ de silicium et de fers puddlés et de vieux rails du pays contenant environ 1 à 2 millièmes de soufre et 4 $^1/_2$ à 8 millièmes de phosphore.

Un petit modèle très-bien exécuté au cinquième permettait de se rendre un compte exact de la construction de l'appareil.

*A. Dalifol à Paris.* — L'exposition de cette maison était surtout intéressante par ses pièces en acier moulé à côté de la fonte malléable qui n'est plus possible d'obtenir dans de bonnes conditions dès que l'épaisseur dépasse 30 millim. Cette maison peut obtenir des pièces en acier moulé jusqu à 3.000ᵏ, et elle opère par recuits en vase clos après la coulée.

Mais c'est surtout dans la reproduction d'œuvres d'art que se trouve le côté original de cette fabrication. La pièce principale est la reproduction en acier moulé de la cheminée, actuellement au Louvre, exécutée en pierre par Germain Pilon, pour le château de Villeroy (1590). Au centre est le buste de Henri II, de chaque côté sont des figures, des fleurs, des fruits, des feuillages dont la finesse est vraiment étonnante et dont les tons sont du plus heureux effet. Cet acier peut être aussi facilement ciselé que le bronze.

A côté sont des boîtes, une collection d'épées de différentes époques, dont les poignées sont en acier moulé.

Des engrenages, pignons, roues de vagonets, socles de charrues, hélices en acier fondu sans soufflures.

*Usine de Firminy, F. F. Verdié.* — Nous sommes en présence d'une maison qui a toujours été une des premières dans la voie du progrès, aussi la diversité et la perfection de ses produits se devinent elles d'avance.

Un lingot de 60 centim. de côté présentait une cassure superbe sans soufflures, des bandages et des essieux dont quelques-uns ont subi les essais les plus durs, des canons, des hélices, des pièces de machine; glissières, bielles, pignons, le tout en acier du meilleur aspect.

Cette usine possède 10 fours Martin; 2 fours Siemens pour creusets; 29 fours à puddler pour fer et acier; 4 fours à cémenter.

*Mines et usines d'Aubin (Aveyron). Compagnie du chemin de fer d'Orléans.* — Nous trouvions ici des essais à chaud faits sur des rails pour reconnaître la qualité du métal et des cassures diverses. L'essai à la traction qui est indiqué n'offre que des résultats médiocres: 56 kilog. pour la charge de rupture par millimètre carré de section primitive et 5 °/₀ d'allongement après rupture.

Cette usine possède 5 fours Martin.

*Compagnie des Fonderies, Forges et Aciéries de Saint-Étienne.* — Cette exposition contenait des bandages pour roues et des essieux de vagons, des tubes de canon et des boulets en acier fondu; mais elle se faisait surtout remarquer par des cassures de lingots d'acier d'une homogénéité parfaite, et dont les nom-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

breux et profonds arrachements attestent la douceur extrême du métal si difficile à obtenir avec un beau grain et sans soufflures.

*Pierre Em-Martin. Usines à Sireuil, Ruffec, Cambier (Charente), La Trove (Gironde).* — Nous trouvions ici de l'acier comprimé à l'état liquide pour éviter les soufflures; les pièces obtenues par ce procédé sont en effet parfaitement saines. Ce sont d'abord des lingots non martelés dont la cassure est irréprochable, des boîtes à graisses pour essieux de chemin de fer, un gros pignon de laminoir, des tuyaux parfaitement moulés et d'une épaisseur bien régulière, enfin des cuirasses qui ont parfaitement résisté aux épreuves du tir.

*Société John Cockerill à Seraing (Belgique).* — La fondation de cette usine date de 1817 et la Société actuelle existe depuis le 8 avril 1842. Les premières installations de la fabrication de l'acier Bessemer y furent faites en 1862, et depuis une série d'agrandissements l'ont toujours tenue au courant des progrès réalisés et en font un des premiers établissements de ce genre du monde entier.

Ces établissements ne comprennent pas moins de 12 divisions ayant chacune un directeur à leur tête.

Nous extrayons d'une *Notice sur l'Établissement Cockerill*, par M. P. Jacquemin, les renseignements suivants: « L'aciérie Bessemer, érigée en 1862, a fait suite à celle qui avait été installée, de 1850 à 1854, pour la fabrication au creuset de l'acier fondu au coke inventée à Seraing. Elle compte 8 convertisseurs de 7 tonnes; 19 fours dont les plus grands peuvent chauffer par 24 heures 75.000 kilog. d'acier; 10 laminoirs, 10 pilons de 3 à 30 tonnes, 56 moteurs développant une force de 3.590 chevaux, les appareils hydrauliques pour la manœuvre des convertisseurs et des grues de service. Elle produit annuellement 80.000.000 kilog. de rails, de bandages, de barres, de ressorts, de canons de fusils, de masses diverses pour tous les usages de la construction mécanique, et fournirait, au besoin, plus de 100.000.000 kilog. de ces produits par année.

» La fonte pour la fabrication de l'acier Bessemer est amenée directement du haut fourneau à l'état liquide ou traitée en seconde fusion au cubilot.

» Les bandages sont obtenus au laminoir à pression hydraulique (système breveté en faveur de l'usine), et la fabrication des rails marche à l'aide de reversings d'une grande puissance. Des rails de 60 mètres de longueur s'y fabriquent dans les mêmes conditions que le rail ordinaire de trois longueurs, et le laminoir peut produire rondement 2,000 tonnes de rails par semaine. La quantité la plus forte qui ait été obtenue, jusqu'à présent, par un seul train à rails, 2,054 tonnes en une semaine (février 1878), l'a été par l'un des deux laminoirs à rails de l'aciérie de Seraing. A côté de ces quantités colossales de rails, l'aciérie ne néglige pas les détails qui lui ont mérité une bonne réputation quant à la qualité. Les aciers pour tôles de blindages des navires, fabriqués en métal extra-doux, les aciers tendres pour l'armurerie de Liége, les aciers divers employés aux mille usages de la construction, de la quincaillerie, de la serrurerie, de la carrosserie, toutes ces qualités spéciales ont trouvé place dans la production de Seraing, avec leurs variétés multiples.

» Vers la fin de l'année 1877, le Lloyd anglais, qui avait été jusque-là sinon hostile, au moins prévenu, contre l'emploi de l'acier dans les constructions maritimes soumises à son inspection, se décida à entreprendre une série d'essais sur les produits doux livrés par les premières usines d'Angleterre.

» Les aciéries Cockerill réussirent à se faire admettre au concours, et le succès des expériences faites à Seraing fut pleinement confirmé par le rapport de l'inspecteur du Lloyd, rapport dont un extrait important, à l'Exposition de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 1878, avec les échantillons et essais, fait connaître ce que sont les aciers de Seraing, au point de vue de l'emploi dans les constructions navales. »

Le directeur général de la Société est M. E. Sadoine et le directeur de fabrique d'acier M. Greiner, à qui nous devons les renseignements qui suivent.

Les différents aciers de la Société Cockerill ont été groupés en 4 classes qui offrent une échelle simple et pratique :

1re CLASSE. — *Aciers extra-doux.* — Carbone : 0,05 à 0,20 %, coefficient de rupture : 40 à 50 kilog. par millimètre carré de section primitive ; allongement : 27 à 20 %, compté sur 200 millim. de longueur. Ces aciers se soudent et ne se trempent pas. Usages : Tôles de chaudières, tôles de navires, tôles de ponts, frettes de canons, clous et pointes, fils d'acier, pièces estampées. — Remplaçant les fers de Suède.

2me CLASSE. — *Aciers doux.* — Carbone : 0,20 à 0,35 % ; coefficient de rupture : 50 à 60 kilog. par millim. carré de section primitive ; allongement 20 à 15 %. Ces aciers se soudent peu et se trempent peu. Usages : essieux de vagons, de locomotives, bandages, rails, canons de fusils, pièces d'armes, gros canons, pièces mécaniques soumises à de grands efforts de flexion et de torsion.

3me CLASSE. — *Aciers durs.* — Carbone : 0,35 à 0,50 % ; coefficient de rupture : 60 à 70 kilog. par millimètre carré de section primitive, allongement : 15 à 10 %. Ces aciers ne se soudent pas, ils prennent la trempe. Usages : rails, bandages spéciaux, ressorts de voitures, de vagons et de locomotives, sabres et armes blanches, glissières de machines, pièces de machines soumises au frottement, broches de filatures, marteaux, fleurets de mines.

4me CLASSE. — *Aciers extra-durs.* — Carbone : 0,50 à 0,65 % ; coefficient de rupture : 70 à 80 kilog. par millimètre carré de section primitive ; allongement : 10 à 5 %. Ces aciers ne se soudent pas, ils prennent fortement la trempe. Usages : ressorts fins, limes, fraises, scies, outils tranchants divers.

*Aciéries d'Angleur. Lez-Liége (Belgique).* — Cette Société, fondée en 1871, fabrique l'acier par le procédé Bessemer et possède 4 convertisseurs de 6 tonnes. Son mode de travail est caractérisé par ces deux traits principaux :

1° Elle opère, non pas en employant directement la fonte du haut fourneau, mais par refonte. Elle écarte ainsi par avance toute matière dont la composition laisse à désirer, et elle assure la valeur de ses produits en formant des mélanges de fonte préalablement reconnues par l'analyse. L'analyse préalable permet aussi de livrer aux cubilots et aux réverbères des mélanges formés en vue de l'obtention de toutes les qualités, depuis l'acier extra-doux jusqu'aux aciers extra-durs.

2° Tous les lingots produits par la fonderie sont soumis à un puissant martelage. Les frais de ce complément de travail sont largement compensés par le résultat final de la fabrication, qui n'est affecté que par un chiffre insignifiant de rebuts.

La Société fabrique : Les pièces de fonderie : pignons, accouplements et sellettes de laminoir, roues dentées, etc. Les rails, bandages, essieux et laminés divers ; les pièces de forge.

Son exposition comprenait : 1° Aciers extra doux pour fils et clous, tôles de chaudières à emboutir et à forger et pour la fabrication des pièces estampées qui, grâce à ce métal, s'est notablement étendue. 2° Aciers doux à tous degrés, pour rails, bandages et essieux ; canons de fusils, organes de machines, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° Aciers durs à tous degrés, pour rails, bandages, essieux et ressorts; pour la taillanderie, hachettes, marteaux, faux, limes, scies, fleurets de mines.

*Société autrichienne I. R. P. des chemins de fer de l'État. — Usine de Reschitza.* — Parmi les nombreux établissements métallurgiques de cette Société, il faut citer l'usine de Reschitza qui possédait dès 1868 un atelier Bessemer, le premier, et aujourd'hui encore le seul construit en Hongrie. Les deux cornues de 10 tonnes et la grue de coulée sont mises en mouvement par la pression hydraulique; le démoulage des lingots se fait au moyen de deux grues à vapeur; le vent nécessaire à l'opération est fourni à une pression d'une atmosphère et demie par une machine soufflante à deux cylindres horizontaux, faisant 45 tours par minute et représentant une force de 650 chevaux. Cet atelier a fourni de 1868 jusqu'à la fin de 1875 un poids de 51,205 tonnes de lingots d'acier exclusivement fabriqués avec la fonte prise directement du haut fourneau. Comme il ne pouvait suffire à lui seul aux besoins toujours croissants de la forge, et qu'en même temps l'exiguité de la fosse de coulée et l'insuffisance des appareils de démoulage ne permettaient pas de réaliser dans les diverses manipulations toute l'économie désirable, on résolut à cette époque de construire un nouvel atelier aménagé d'une manière entièrement satisfaisante, et auquel seraient joints deux fours Martin pouvant couler leur acier dans la même poche que les convertisseurs, et servir en cas de besoin comme fours de fusion de la fonte à charger dans ces derniers. On a réalisé cette combinaison avantageuse en établissant les tourillons des cornues au niveau du sol de l'usine, tandis que les deux fours Martin le dépassent d'une partie de la hauteur de leurs chambres à air et à gaz. En même temps le bâtiment nouveau a reçu des dimensions notablement plus grandes que l'ancien, à savoir: 37 mètres de long sur 25 de large, tandis que l'ancien n'avait que 17 mètres sur 16. Le diamètre de la fosse de coulée a été porté de 9 à 12 mètres; enfin le démoulage se fait au moyen de deux puissantes grues hydrauliques capables de faire face à la production des deux cornues et des deux fours. Grâce à ces installations, l'aciérie de Reschitza serait aujourd'hui à même de produire par an 50,000 tonnes de lingots si les fontes nécessaires étaient à sa disposition; mais la production des hauts fourneaux est loin d'atteindre ce chiffre. On supplée à leur insuffisance en traitant aussi en seconde fusion, dans les cornues, des fontes de Dognaska et de Bogson, et on continuera à le faire jusqu'au jour où les agrandissements projetés pour les hauts fourneaux se trouveront réalisés. Pour l'année 1877, dans laquelle il n'y avait encore qu'un four Martin de construit, la production de l'acier Bessemer a été de 17,559 tonnes et celle de l'acier Martin de 3,452 tonnes.

L'excellente qualité des fontes traitées rend l'opération Bessemer facile. Elle dure de 30 à 35 minutes, et cette durée un peu longue s'explique par le fort poids de la charge; elle présente une allure moyennement chaude, et se termine par de légères fumées rousses et est très-rarement accompagnée de projections. Le point d'arrêt est déterminé par la couleur de la scorie à sa surface et dans sa cassure, symptôme très-sensible à Reschitza, et le métal est coulé sans addition finale, ce qui est le meilleur témoignage de la pureté des matières employées. Le déchet dans la cornue est compris entre 10 et 12%.

Les deux fours Martin sont construits sur le même modèle et se signalent par leurs grandes dimensions. La sole a une longueur de $4^m,12$ et une largeur de $2^m,30$. Le chargement se fait par trois portes; les gaz et l'air chaud arrivent de chaque côté par 7 carnaux alternants. Les régénérateurs, tous égaux, ont $2^m,60$ de long, $1^m,50$ de large et $3^m,50$ de hauteur. Les gazogènes sont adjacents aux fours et possèdent chacun des grilles de $1^m,75$ sur $1^m,50$ et inclinés à 60°. Dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ces conditions, le four fait par 12 heures deux charges de 8 à 9 tonnes, de telle sorte que sa production hebdomadaire est de 120 tonnes environ.

L'exposition de cette usine comprenait : des échantillons d'acier Bessemer et d'acier Martin, avec les scories correspondantes, des lingots ainsi qu'un grand nombre de pièces destinées à mettre en relief la qualité et la soudabilité des diverses sortes d'acier.

*Usine d'Anina.* — On a construit en 1875, dans cette usine qui appartient à la même Société, un four Pernot, auquel ont été appliqués les perfectionnements récents introduits par l'inventeur, et destiné à transformer en lingots d'acier les vieux rails en fer de bonne marque, existants dans les approvisionnements de l'usine, et provenant chaque année des réfections de voie faites sur les lignes de la Société.

On emploie pour cette fabrication la fonte au bois de Dognaska, fabriquée avec les minerais magnétiques les plus purs, et par suite d'excellente qualité; les vieux rails chargés dans le four proviennent des fournitures faites autrefois soit par les usines du Banat elles-mêmes, soit par celles de Styrie, de Carinthie et de la Haute-Hongrie, qui, comme on le sait, ne travaillent qu'avec de bonnes matières.

En bonne marche le four fait en 24 heures trois charges, dont quelques-unes atteignent le chiffre de 8 tonnes. En tenant compte des arrêts nécessités par les réparations, la production mensuelle varie de 420 à 450 tonnes. Le déchet au feu ne dépasse pas 6 % et la consommation de combustible au générateur est de 500 kilog. par tonne de produit.

On a exposé sous différentes formes, des échantillons de l'acier brut obtenu ainsi que des barres façonnées à divers degrés d'élaboration.

*Société métallurgique d'Innerberg (Autriche).* — Il faut remonter à deux siècles et demi pour retrouver les premières traces de la fondation de la Société. En 1625, dix-neuf fonderies et cinquante forges, situées en partie dans la Haute-Autriche et en partie en Styrie, furent réunies sous une seule et même direction. Leur réunion, favorisée par l'État et opérée sous son influence, donna naissance à l'*association métallurgique* dite d'*Innerberg*.

Plus tard, par suite de diverses circonstances, l'État devint lui-même au commencement de ce siècle le principal intéressé dans la dite association. Mais en 1868, une nouvelle Société par actions se forma et fit l'acquisition de toutes ces mines, usines, et fonderies. C'est cette dernière société qui a pris le nom de Société Imp. et Roy. priv. par actions d'Innerberg.

De 1868 à 1872 cette Société a sensiblement progressé. Elle a notamment développé l'exploitation par l'acquisition d'une houillère à Oslawon et de diverses usines à fer en Styrie, appartenant précédemment à M. le baron François Mayer de Meinhof.

Actuellement la Société d'Innerberg possède les propriétés et les établissements ci-après : 10 myriamètres carrés de forêts; les mines de fer de l'Erzberg, en Styrie; des exploitations de charbon de terre et de lignite ; 6 hauts fourneaux au charbon de bois; 2 hauts fourneaux au coke; l'usine d'acier puddlé et affiné de Reichroming ; les forges de Kleinreiflivg et de Weyer, dans la Haute-Autriche; les forges de Léoben, en Styrie.

La production annuelle de ces établissements est de plus de 1,000 tonnes d'acier affiné et de 1,700 tonnes d'acier puddlé, dont la majeure partie est employée à la fabrication de faux, d'outils et d'objets de coutellerie, etc.; le reste est exporté en Allemagne, en Suisse et en France.

L'analyse chimique de cet acier puddlé et affiné, tel qu'il sort directement du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

traitement d'affinage (acier naturel), donne pour 100 parties la composition suivante :

| | Acier puddlé. | Acier affiné. |
|---|---|---|
| Carbone | 0,758 | 0,899 |
| Silicium | 0,048 | 0,020 |
| Phosphore | 0,019 | 0,019 |
| Soufre | 0,002 | 0,005 |
| Manganèse | 0,180 | 0,043 |
| Cobalt et nickel | 0,003 | trace |
| Cuivre | 0,005 | 0,004 |
| Scorie et oxyde de fer | 1,217 | 6,633 |

Les usines de Donowitz, en Styrie, fabriquent annuellement plus de 1,000 tonnes d'acier affiné, puddlé et cémenté.

*Usine d'acier fondu à Kapfenberg, en Styrie.* — Comme les produits de cette usine consistent particulièrement en articles d'exportation pour la France, l'exploitation de cette usine, en vue de l'Exposition universelle de 1878, mérite d'être décrite en détails.

L'usine à acier fondu de Kapfenberg, ainsi que les usines à fer de Léoben, appartenaient à M. le baron Mayer de Melnhof, et ont été acquises en 1872 par la Société d'Innerberg. C'est en 1854 que l'usine à acier fondu de Kapfenberg a été créée par la construction d'un fourneau de charbon de bois et à soufflet avec 7 creusets. En 1858, l'établissement s'accrut de 3 autres fourneaux semblables. En 1860, on passa à l'exploitation aux fours à gaz, en construisant dans la dite année 10 fours *Siemens* renfermant huit creusets chacun, et dont on n'avait fait encore usage nulle part.

Ces fours subirent dans le courant des années suivantes différentes modifications; on porta notamment le nombre des creusets de 8 à 10, puis à 13 et enfin en 1868, à 20 creusets par four.

De 1874 à 1875, on construisit deux autres fours *Siemens*, en sorte que la fonderie de l'usine de Kapfenberg comprend actuellement 12 fours à gaz à 20 creusets chacun, produisant ensemble jusqu'à 6 tonnes d'acier fondu par coulée (240 creusets à 25 kilog. chacun).

La production de la dite usine augmente dans une proportion égale à celle du développement de ces installations. C'est ainsi que sa force de production a été :

| | | | |
|---|---|---|---|
| En 1855 | 87.000 | kilos | d'acier fondu. |
| 1865 | 416.700 | — | — |
| Et a atteint en 1875 | 3.478.000 | — | — |

Chiffre qui marque actuellement son point culminant de production. Les produits de l'usine, d'après leur nature, comprennent les catégories suivantes : acier à outils : la majeure partie en est exportée en Allemagne, en France, en Italie, en Russie et en Suisse; acier pour canons de fusil; acier à faux : une grande partie de cette qualité d'acier passe également à l'étranger; acier à noyau doux; acier à ressorts; acier forgé pour différents objets; acier moulé.

L'usine de Kapfenberg tire les matières de fusion dont elle a besoin des établissements mêmes de la Société, ce qui lui assure un produit plus régulier.

Une des matières de fusion les plus employées, après l'acier cémenté produit par le fer affiné au charbon de bois, c'est l'acier affiné qui est fourni par les affineries renommées d'Innerberg à la susdite usine, soit fabriqué tout spécialement pour elle, soit comme produit de déchets.

Les propriétés spéciales des catégories d'acier produites par l'usine de Kapfenberg et énumérées plus haut, sont :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Acier Wolfranique.** — L'acier Wolfranique, connu aussi sous le nom d'acier manganèse, marque 0, ou sous celui d'acier spécial. Cet acier jouit des qualités nécessaires pour faire de la fonte trempée à la volée; on l'emploie entres autres pour les pistons à presse servant à la fabrication des canons *Uchatius;* la matière de ces pistons doit être un produit d'une résistance et d'une tenacité extraordinaires. L'acier Wolfranique, susceptible d'être trempé et forgé dans les conditions de précautions habituelles, tourne sans difficultés particulières l'acier spécial dit *Mushet*, qui n'est pas trempé et qui ne peut être forgé qu'avec la plus grande précaution.

**Acier manganèse.** — Il y a déjà longtemps que l'usine à acier fondu de Kapfenberg fabrique cette qualité d'acier. Dans un certain sens on pourrait désigner sous le nom d'acier manganèse presque toutes les sortes d'acier produites par cette usine, attendu qu'elles en contiennent toutes une certaine quantité. Voulant distinguer les différentes espèces d'acier pour outils, l'usine de Kapfenberg donne à la plus fine sorte seulement le nom d'acier manganèse, connu aussi dans le commerce sous le nom d'acier diamanté.

L'usine fabrique cette sorte d'acier sous quatre ou cinq marques de dureté, savoir :

Acier manganèse, marque 1, très-dur. . }
— — — 2, moins dur. } Pour outils de tour, de rabots et
— — — 3, dur. . . . . } de rhabillage des meules, etc.

Acier manganèse, marques 4 et 5, dur et tenace, pour outils à fileter, à aléser, à fraiser, pour burins, tranches et emporte-pièces à froid; pour poinçons, lames de varlope et couteaux à papier.

Acier à outils, marque 1, très-dur.. . . . }
— — — 2, moins dur. . . } Pour outils de tour et de rabots.

Acier à outils, marque 3, difficilement soudable, pour outils à forer, pour grains, pointeaux, forets et autres outils à travailler la pierre dure, lames de cisailles non trempées, etc.

Cette qualité d'acier est très-employée dans le percement du tunnel du Saint-Gothard.

Acier à outils, marque 4, moyenne dureté, soudable : pour forets, emporte-pièces, tranches et cisailles à froid, marteaux à polir et outils de filetage, etc.

Acier à outils, marque 5, tenace et très-soudable : pour crapaudines, tourillons, estampes, forets pour la pierre tendre, cisailles à tôle, poinçons de coupoir, et tranches à chaud, mandrins, matrices, ainsi que pour aciérer des instruments fins.

Acier à outils, marque 6, doux et très-soudable : pour marteaux à river, molettes, etc., ainsi que pour aciérer de grandes surfaces.

Ces deux qualités d'acier, soit : l'acier manganèse et l'acier à outils, sont forgées et vendues en barres.

**Acier pour canons de fusil.** — La plus grande partie de cette qualité d'acier est employée par la manufacture d'armes de Steyr, qui a fourni aux gouvernements autrichien, prussien et bavarois, des fusils et des carabines pour la fabrication desquels elle a employé presque exclusivement l'acier fondu de Kapfenberg.

A l'arsenal I. R. de Vienne, on a pu tirer, avec des fusils du système Werndl, fabriqués à l'aide du susdit acier, jusqu'à 20,000 coups par pièce, sans que le mécanisme ou le canon ait accusé une détérioration quelconque.

Acier, marque 7, pour chambres d'armes à feu. Ces pièces sont trempées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Acier à faux.** — Cet acier a non-seulement, comme nous l'avons mentionné plus haut, un fort débit dans le pays même, mais on l'exporte aussi en assez grandes quantités. L'acier à faux est forgé ou laminé, et on le vend en barres ou en lingots d'un poids égal à celui d'une faux.

**Acier à noyau doux.** —L'acier à noyau doux est destiné à la fabrication des tarauds. Ces tarauds ont l'avantage d'être durs et secs à leurs parties tranchantes; par contre à l'intérieur ils sont doux et tenaces, se cassent donc moins facilement que ceux fabriqués en acier dur.

*Essais de résistance faits avec les différentes qualités d'acier fondu de l'usine de Kapfenberg, par l'Académie Imp. et Roy. des mines de Leoben.*

| QUALITÉ. | MARQUE DE DURETÉ. | LIMITE d'élasticité en kilos. | CHARGE de rupture par millim. carré. | ALLONGEMENT total % après rupture. | RAPPORT de la section rompue à la section primitive. | TENEUR en carbone. % | EMPLOI. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acier manganèse. | 0 | 43k,6 | 81k,7 | 6,4 | 0,917 | 1,123 à 2,300 | Extrêmement, dur pour travailler l'acier trempé, la fonte durcie, etc. | Se forgent bien à la chaleur rouge. |
| | 1 | 33 ,7 | 76 ,6 | 5,1 | 0,357 | 1,350 | Très-dur, spécialement approprié aux outils de tours et de machines à raboter, pour outils à rhabiller les meules. | |
| | 2 | 36 ,0 | 75 ,6 | 5,6 | 0,824 | 1,118 | | |
| | 3 | 31 ,4 | 73 ,0 | 11,4 | 0,800 | 1,010 | | |
| | 4 | 32 ,8 | 73 ,0 | 12,5 | 0,650 | 0,850 | Dur et tenace, pour outils de filetage, pour alésoirs, fraises, burins, pour tranches et emporte-pièces à froid, poinçons, lames de varlope, couteaux à papier, etc. | |
| Acier à outils. | 1 | 36 ,4 | 78 ,5 | 8,3 | 0,774 | 1,150 | Très-dur, pour outils à tourner et à raboter. | |
| | 2 | 33 ,8 | 70 ,4 | 11,6 | 0,623 | 1,000 | Moins dur que le précédent. | |
| | 3 | 30 ,0 | 70 ,0 | 4,5 | 0,670 | 0,850 | Dur, pour mèches de machines à percer, pour outils de machines à mortaiser, pour grains, pointeaux et outils à travailler la pierre dure, pour lames de cisailles, etc. | |
| | 4 | 26 ,3 | 65 ,7 | 6,5 | 0,649 | 0,750 | Pour mèches de machines à percer le fer, pour emporte-pièces, cisailles et tranches à froid pour marteaux à polir, pour outils de filetage, etc. | Se forgent et se soudent bien à la chaleur rouge. |
| | 5 | 33 ,3 | 74 ,1 | 9,0 | 0,523 | 0,638 | Spécialement propre aux crapaudines, aux tourillons, étampes et forets à pierre tendre, pour grandes cisailles à tôle, emporte-pièces et tranches à chaud, pour aciérer des instruments fins. | |
| | 6 | 37 ,0 | 72 ,3 | 7,4 | 0,744 | 0,581 | Pour rivoirs de chaudronnerie et pour aciérer de grandes surfaces. | |
| Acier fondu. | 7 | 24 ,8 | 48 ,8 | 19,6 | 0,592 | 0,414 | Pour canons de fusil et pour chambres d'armes à feu. | *Idem.* blanche. |
| | 8 | 18 ,5 | 52 ,7 | 20,4 | 0,614 | 0,585 | Pour faux. | |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les barres soumises à l'épreuve avaient une section transversale de 200 $^{m}/_{m}$ carrés et une longueur de 210 $^{m}/_{m}$. Elles ont été refroidies à l'air immédiatement après avoir été forgées au marteau-pilon.

L'exposition de cette société contenait des spécimens très-intéressants d'essai à la traction, d'outils de tours, de tarauds, de fraises, d'alésoirs, de coussinets de filière, de forets en hélice, de forets à canons, de tranches, de matrices, d'instruments de chirurgie, de canons de fusils et de roues de chariot de mine en acier moulé.

*Seebohm et Dieckstahl, Dannemora Steel Works, à Sheffield. Spécialité d'acier au creuset pour outils.*—Il était impossible de ne pas regarder avec plaisir cette vitrine si intelligemment et même si artistiquement disposée. Les échantillons d'acier étaient classés méthodiquement suivant leur dureté; toutes les cassures dénotaient un acier supérieur, et l'on est arrivé à des reflets agréables à l'œil par la combinaison des couleurs que prend l'acier par le recuit.

Voici la classification de ces aciers avec les usages principaux auxquels ils peuvent être employés :

| NUMÉROS. | TENEUR en carbone. | USAGES. |
|---|---|---|
| 0 | » | Pour outils de tour et planes sur matière dure. |
| 1 | 1,5 % | Degré de dureté pour rasoirs, convenable pour outils de tour, planes, forets, etc. Cet acier ne doit être travaillé que par un ouvrier très-expérimenté. Tant soit peu surchauffé, l'acier est gâté. |
| 2 | 1,25 | Degré de dureté pour outils de tour, outils à mortaiser, planes, forets, petites fraises, petits tarauds, etc. Cet acier n'est pas soudable. |
| 3 | 1,125 | Convenable pour marteaux de machines, fraises, lames de cisailles, alésoirs, grands forets et outils de tour, tarauds, poinçons, coussinets, etc. Cet acier se soude très-difficilement. |
| 4 | 1,00 | Convenable pour burins, tranches à chaud, grands tarauds, fleurets de mine pour granit. Cet acier peut se souder. |
| 5 | 0,875 | Convenable pour tranches à froid, estampes, outils de forgeron. Cet acier se soude sans difficulté. |
| 6 | 0,75 | Convenable pour bouterolles, marteaux, matrices; acier soudable pour rabots, fleurets de mine, etc. |
| 7 | » | Fabriqué spécialement dur à l'extérieur et doux au centre pour tarauds, alésoirs, etc. Chauffé à une couleur rouge foncée cet acier se trempe facilement sans éclater. Pour tarauds coniques il faut l'étirer sous le marteau avant de le tourner. |

*Brown Batley et Dixon, à Sheffield*, ont exposé de beaux spécimens de matériel pour chemins de fer. Un rail en acier de 130 pieds, des ressorts, un bandage en acier complétement aplati et tordu dans cet état de deux tours et à froid; un bandage pour roues de locomotives ayant deux mètres de diamètre et laminé en une seule chaude, quoique ayant un talon de deux centimètres de saillie sur deux centimètres d'épaisseur; d'autres essieux, ressorts et bandages, le tout en acier Bessemer.

*John Brown et Cie, à Sheffield.*—Nous remarquions dans les objets exposés par cette maison, un blindage composé d'une plaque d'acier de 114 $^{m}/_{m}$ d'épaisseur soudée sur une plaque de fer de même épaisseur; ce blindage a été essayé avce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un canon de 178 $^{m}/_{m}$ de diamètre chargé de 13$^{k}$,6 de poudre et d'un boulet Pallissier qui n'a pénétré que de 110 $^{m}/_{m}$ au lieu de 203 $^{m}/_{m}$ obtenus sur un blindage tout en fer.

*Association des maîtres de forges du nord-est de l'Angleterre et du Cleveland.* — Cette association comprend un grand nombre d'usines dont plusieurs exposaient de beaux échantillons d'acier. Ce sont : les rails en Bessemer de MM. Bolckow, Vaughan et C$^{ie}$ ; les roues en acier fondu fabriquées, d'après le procédé Attwood, par la fabrique d'acier de Stanner's Closes; les aciers à outils et les aciers extra-doux de MM. John Spencer et fils, à côté de roues d'engrenage, de ressorts et de boulets des mêmes fabricants.

*Comptoir des forges de Suède (Iernkontoret).* — Cette exposition était surtout remarquable par les nombreux et intéressants essais faits sur des tôles en acier Bessemer pour déterminer leur résistance au choc à côté de la résistance à la traction. Il nous est impossible de donner ici tous ces résultats, mais nous pouvons en tirer deux conclusions :

1° Les minerais suédois donnent des fontes au moyen desquelles on fabrique un acier Bessemer qui garde, sur les produits similaires des autres pays, la même supériorité que le fer suédois possède sur ses rivaux ;

2° Les aciers doux obtenus par le procédé Bessemer se prêtent avec une grande supériorité à la confection des tôles supérieures si nécessaires aujourd'hui pour la construction des chaudières et des navires.

Il nous est impossible de citer ici tous les produits très-intéressants qui figuraient à l'Exposition, il faudrait pour cela tout un volume; si nous avons été obligé de passer sous silence les résultats obtenus par beaucoup d'usines importantes, ce seul fait prouve tout le développement qu'a pris l'acier dans la métallurgie actuelle.

DELAPORTE.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# ÉTAT ACTUEL

DE LA PRODUCTION DES

# MÉTAUX, AUTRES QUE LE FER

DANS LES DIFFÉRENTS PAYS

PAR

M. DUPUIS, INGÉNIEUR CIVIL

## PRÉLIMINAIRE.

C'est en présence de l'objet fabriqué, bien plutôt que devant la matière première dont il provient, que l'on est en général disposé à rendre justice aux efforts de l'intelligence humaine, et l'on pourrait ajouter que ce sentiment paraît se justifier d'une façon toute particulière pour l'industrie métallurgique.

Celle-ci met en effet sous les yeux, d'un côté, comme point de départ, le minerai, le combustible dont l'existence est un fait, échappant de la façon la plus complète à toute initiative; de l'autre côté, comme résultat, ces produits dont l'homme a su au contraire assouplir la forme et la matière aux applications si multiples des arts et de l'industrie et qui sont bien l'expression la plus indiscutable de sa volonté et de son génie.

Sans rien ôter au travail de transformation de l'importance qu'on lui donne à très juste titre, il ne faudrait cependant pas oublier ce qu'un modeste échantillon des produits d'une mine rappelle de sagacité, de persévérance et de travail avant d'être mis à portée du métallurgiste; à ce titre seul déjà, les matières premières mériteraient d'être dignement représentées dans une exposition universelle; mais, en même temps, il y a un intérêt indiscutable à trouver côte à côte les matières premières et le produit qui en dérive, c'est le seul moyen d'apprécier à sa juste valeur le travail dont ce dernier a été l'objet, car deux méthodes s'offrent au fabricant pour atteindre un résultat déterminé; la première consiste à employer des matières excellentes et à simplifier le travail d'élaboration; la seconde, tout au contraire, se donne pour règle d'utiliser des matières premières de qualité médiocre et de compenser cette infériorité par la perfection des procédés de traitement.

On conçoit donc que, dans le Palais du Champ de Mars, on se soit arrêté au groupement, sous une même dénomination (classe 43), des produits des mines et de la métallurgie et que les premiers aient reçu une aussi large hospitalité. Maintenant, tout en se pliant à cette idée générale de classement, chaque pays conserva nécessairement sa physionomie caractéristique. Celui-ci, par exemple, producteur avant tout de minerais ou de produits bruts, avait d'abord mis en relief l'importance de ses richesses minérales, témoin l'Angleterre, par ses colonies, dont chacun a pu remarquer les pyramides gigantesques représentant d'une façon si concise l'importance de la production métallique; cet autre au contraire, comme la France, dont l'activité est presque uniquement concentree



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur le travail de transformation du métal brut, fait à la fois ressortir son habileté artistique et industrielle par les deux trophées monumentaux des expositions Thiébault et Laveissière.

Guidée par ces tendances individuelles, une description s'attachant aux mines et à la métallurgie dans cette exposition, devra nécessairement se spécialiser un peu, en présence de chaque cas particulier, et pour en revenir aux exemples cités plus haut, ne parler que de mines ou à peu près quand il sera question de colonies anglaises, et que de métallurgie à propos de l'exposition française.

D'un autre côté, il eut été certainement d'un grand intérêt d'ajouter en passant quelques détails sur les méthodes de travail appliquées. Malheureusement, il faut l'avouer, ces données supplémentaires seront très-incomplètes, vu la discrétion décourageante de la plupart des exposants; tout au plus a-t-il été possible de se procurer quelques renseignements statistiques sur la production et sur les moyens de fabrication d'un certain nombre d'établissements industriels; ces renseignements ont été mis sans commentaires à côté de la description des produits exposés et des chiffres assez rares que l'on a pu recueillir sur la composition des matières premières et des produits fabriqués.

Telles sont, en résumé, les conditions dans lesquelles ont pu être rédigées les notes que l'on va lire :

## FRANCE.

Il est juste de rendre hommage aux grandes maisons qui s'occupent en France du travail des métaux, pour les efforts dont elles ont fait preuve à propos de l'Exposition universelle de 1878. Elles ont montré que si, pour l'exploitation minérale et pour la préparation des produits bruts, l'industrie française reste encore en grande partie tributaire des pays voisins, du moins pour le travail d'élaboration de ses produits bruts, elle atteint un des premiers rangs, et à ce point qu'elle répond presque exclusivement à la consommation nationale et peut même exporter certains objets fabriqués.

Parmi les grandes maisons, MM. Laveissière et fils s'étaient particulièrement fait remarquer. C'est par eux que commencera cette énumération.

J. J. Laveissière et fils. — Une place d'honneur leur avait été réservée : c'était au centre du pavillon d'angle français, dans la grande façade de l'École millitaire, et par conséquent dans le prolongement de cette immense galerie des machines dont l'exposition Laveissière et le groupe monumental de la maison Thiébault encadraient la longue et imposante perspective. Personne n'a oublié la disposition originale de ces longs tubes en cuivre et en laiton qui semblaient braqués dans toutes les directions pour une étude télescopique. Avant d'entrer dans la description des produits exposés, quelques mots sur les installations industrielles.

MM. Laveissière et fils possèdent plusieurs usines : à *Deville-lez-Rouen* (Seine-Inférieure); à *Saint-Denis* près Paris; à *Petit- Poigny* près Rambouillet (Seine-et-Oise; à *Verneuil* (Eure). Ces usines travaillent le cuivre, le zinc, l'étain et le plomb; on y prépare une partie de ces métaux, on les y lamine, étire et emboutit.

L'usine de *Deville lez-Rouen* s'occupe d'abord de la fabrication du cuivre brut, de l'affinage de ce cuivre brut produit à l'usine, et de celui que l'on achète directement au Chili; on complète ce travail par le traitement des résidus de cuivre et la production du laiton. L'usine renferme : 1 four Siemens pour affinage; 2 fours ordinaires pour affinage; 2 fours à réverbère pour le traitement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des minerais; 2 fours à manche pour la fonte des résidus; 6 fours à laiton. Les ateliers d'élaboration joints à l'usine se composent de 20 fours à réchauffer, de 3 laminoirs et 30 bancs à étirer les tubes. Au total, on produit annuellement environ 2.200,000 kilogr. d'objets fabriqués avec 500 ou 600 ouvriers et une force motrice d'environ 500 chevaux-vapeur.

L'usine de *Saint-Denis* fait également l'affinage du cuivre, mais a surtout comme attribution le laminage et l'étirage du cuivre, de l'étain et du plomb; on y fabrique des feuilles de cuivre rouge ou jaune, des fils de cuivre ou de laiton, des tuyaux soudés, des pièces forgées, etc. C'est là que l'on produit les tuyaux de plomb et d'étain ou de plomb doublé d'étain; en résumé, l'usine de Saint-Denis comprend 5 fours d'affinage, 15 fours à réchauffer, 11 paires de cylindres, 100 bobines pour les fils et deux bancs à étirer les tuyaux et les barres. Elle emploie pour ces divers travaux 350 ouvriers et 525 chevaux-vapeur; la production annuelle est d'environ 2,000,000 de kilogr. de tous produits.

L'usine de *Petit-Poigny* est d'importance beaucoup moindre. Elle occupe seulement 40 ouvriers et ne possède que 25 chevaux de force et un laminoir. On y fabrique environ par année 120,000 kilogr. d'étain battu pour glaces, empaquetage de chocolat, surbouchage des vins de Champagne, etc.

Le groupe de *Verneuil* comprend les usines de Petit-Launay, grand Launay et Courteilles. Son importance est également assez restreinte. On y fabrique surtout des fils de cuivre et de laiton. L'outillage se compose de 3 fours à fondre le laiton, 2 paires de laminoirs, 300 bobines d'étirage avec 3 fours à réchauffer, le tout mû par 90 chevaux de force et occupant 80 ouvriers. La production est d'environ 500,000 kilogr. de fil par an.

Etant donnés ces puissants moyens de production, MM. J. J. Laveissière et fils n'avaient rien négligé pour répondre dignement à leur haute situation industrielle.

Comme producteurs de *plomb*, ils avaient exposé entre autres objets : une table de plomb laminé de $3^{m},40$ de largeur, $10^{m},30$ de longueur et $2^{mm},4$ d'épaisseur; des tuyaux de plomb depuis 6 millim. de diamètre jusqu'à 200 millim. et parmi les premiers une couronne de 2650 mètres de longueur. Venaient ensuite les tuyaux mixtes *plomb* et *étain* (syst. Hamon), et une série de tuyaux d'*étain pur*. Pour les tuyaux mixtes, un tableau d'échantillons montrait un ensemble très-intéressant de coupes longitudinales et transversales.

Comme producteurs d'*étain*, MM. J. J. Laveissière avaient envoyé divers échantillons de métal brut, parmi lesquels des lingots d'étain raffinés, préparés pour la fabrication des feuilles servant à l'étamage des glaces; ils y avaient joint des spécimens de ces feuilles, ayant $3^{m},250$ de largeur sur $4^{m},50$ de longueur, pesant $5^{k},900$ soit 400 grammes le mètre carré.

Enfin, comme témoins de la fabrication du cuivre, on avait réuni plusieurs lingots affinés pour fonderie et des plateaux ronds ou carrés pour le laminage; parmi ces derniers, un plateau de cuivre rouge brut de fonderie remarquablement beau, ayant $1^{m},50$ de largeur sur $1^{m},50$ de longueur et pesant 2468 kilogr. Les échantillons de cuivre rouge laminé étaient nombreux : on peut citer les deux extrêmes, une planche de cuivre de $1^{m},100$ de largeur sur $16^{m},250$ de longueur avec $2^{m}/_{m},10$ d'épaisseur et une enveloppe de foyer de locomotive renforcée longitudinalement ayant $1^{m},500$ de largeur, avec 500 mill. de partie renforcée, sur $3^{m},600$ de longueur et 12 à 15 mill. d'épaisseur. Mais on doit signaler surtout la qualité remarquable de ces produits laminés, qualité que mettait en relief plusieurs pièces de chaudronnerie, par exemple, des coupoles de 3 mètres de diamètre sur $1^{m},50$ de profondeur, assemblées et planées chez Cail et C$^{ie}$, pesant 1000 kilogr. et même plus; des coudes, des serpentins, des enveloppes de foyer de locomo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tive à renflement progressif et à congé brusque, enfin des tuyaux en cuivre rouge sans soudure depuis $1^{m}/_{m}$ de diamètre jusqu'à 500 ; ces derniers atteignaient 10 mèt. de long avec un poids de $43^{k},7$ le mètre cour. c'est-à-dire d'environ $4\ ^{m}/_{m}$ d'épaisseur. On ne saurait oublier non plus les barres de profils divers étirés et des spécimens de fils de cuivre rouge extra-fin.

Ce qui vient d'être dit pour le cuivre rouge serait à répéter pour le laiton : blocs de laiton brut, feuilles de laiton, barres étirées, fils extra-fins et tubes en laiton sans soudures étaient représentés.

Pour terminer cette nomenclature déjà longue, il reste à parler des bronzes pour monnaie et pour canons. Il a été dit déjà quelques mots à une autre place du bronze coulé en coquille. C'est aux efforts persévérants de MM. Laveissière qu'est due cette fabrication dont les résultats sont de haute importance pour l'artillerie. Ces messieurs avaient envoyé plusieurs pièces de canon en bronze, brutes de fonte, ainsi préparées : une moitié de pièce tournée, alésée et coupée en deux dans le sens de la longueur permettait de constater l'effet produit sur le grain par ce mode de travail. D'autres échantillons de culasse et de masselotte montraient la régularité du grain et l'absence absolue de soufflures. Enfin on avait groupé sur un des côtés de l'exposition une série fort intéressante de tubes *en acier* sans soudure de 30 à 140 $^{m}/_{m}$ de diamètre. Ces tubes, formés avec des tôles d'acier extra-doux travaillées par emboutissage et étirage sont les premiers exemples de cette fabrication appelée peut-être à faire une sérieuse concurrence à celle des tubes en cuivre. Pour compléter l'exposé de leur fabrication, MM. J. J. Laveissière avaient réuni dans des vitrines une série d'essais montrant à la fois la qualité des produits et le soin avec lequel on en suivait la fabrication. Voici quelques-uns des résultats indiqués.

| ESSAIS DIVERS SUR ÉPROUVETTES. | RÉSISTANCE par millimètre carré en kilogr. | ALLONGEMENT pour cent. | LONGUEUR de l'éprouvette en millimètres. |
|---|---|---|---|
| Plaques d'enveloppes de foyer | 22 | 46 et 48 | 100 |
| Plaques de portes | 22 | 46 et 50 | 100 |
| Barres pour entretoises | 26 | 27 | 200 |
| — — | 24.5 | 35 | 200 |
| — — | 24 | 36 | 200 |
| — — | 26 | 29 | 150 |
| — — | 29 | 10 | 100 |
| — — | 23.5 | 48 | 100 |
| — — | 30 | 8 | 150 |
| — — | 29 | 13 | 150 |
| — — | 27 | 20 | 150 |
| — — | 26 | 25 | 200 |
| — — | 24 | 36 | 200 |
| Plaque tubulaire | 22 | 35 | 200 |
| — | 22 | 46 | 200 |
| Sur plaque écroui | 26 à 27 | 19, 22 à 25 | 200 |
| — | 29 | 12 | 200 |
| Barre de laiton | 45 | 28 | 200 |
| — | 45 | 33.5 | 100 |
| — | 35 | 42.5 | 200 |
| — | 47 | 35 | 100 |
| — | 35 | 45 | 100 |
| Tube en acier | 45 | 19 | 200 |
| — | 46 | 20 | 150 |
| — | 42 | 22 | 150 |

Le *pavillon Charlemagne*, situé à l'extrémité de la grande galerie française des machines et faisant face à l'exposition de MM. J. J. Laveissière, avait été

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réservé à quelques maisons de premier ordre. Au centre, la maison Thiébault, avec une monumentale exposition formée de tous les produits moulés, depuis les bronzes d'art d'une exécution si remarquable jusqu'aux objets en bronze les plus ordinaires de la consommation industrielle, et, pour dominer l'ensemble, la statue équestre de Charlemagne, témoin gigantesque de l'habileté de cette maison dans l'art du fondeur. Aux quatre angles de ce bâtiment on trouvait : Une importante aciérie, celle de Denain Anzin, dont il n'est pas possible de s'occuper à cette place, et trois représentants de la métallurgie des métaux autres que le fer; d'abord la Vieille-Montagne, dont il sera question plus en détail à propos de l'exposition belge, puis les usines de Vedènes, placées diagonalement par rapport à la Vieille-Montagne, et l'exposition de la maison Hubin.

*Usines à cuivre de Vedènes.* — La maison Manhès, de Lyon, devint acquéreur en 1861 de l'ancienne usine de Vedènes, près d'Avignon. L'établissement actuel fut créé après plusieurs tentatives infructueuses d'implanter dans le sud-est de la France l'industrie du cuivre et du laiton. Depuis lors, le matériel et les installations furent complétement modifiés et les usines comprennent aujourd'hui : Une fonderie avec deux grands fours Siemens pour le traitement des minerais et l'affinage des cuivres bruts; un four à manche; des fours à creusets chauffés au gaz par la fusion du laiton et du bronze; un atelier de martelage avec quatre marteaux à soulèvement mus par force hydraulique et servant à la fabrication des pièces de forge, fonds de chaudières, chaudières, etc.; un atelier de laminage comprenant cinq laminoirs pour cuivre et deux pour laiton, avec huit fours à réchauffer, tous exclusivement chauffés au gaz; un atelier de chaudronnerie pour les grosses pièces de cuivre, plaques de foyers pour locomotives, tuyaux soudés, etc.; un atelier d'étirage mû à la vapeur pour la fabrication des tuyaux sans soudure en cuivre et laiton. Enfin divers ateliers pour réparations. Cet ensemble est outillé pour une production annuelle de 1500 à 2000 tonnes de cuivre laminé ou martelé ; 500 tonns de laiton 500 tonnes de tuyaux sans soudure.

Une des particularités les plus intéressantes de l'installation de ces usines est l'emploi du chauffage à gaz; on pourrait peut-être même ajouter que c'est là que les difficultés rencontrées au début pour l'emploi des régénérateurs Siemens, dans la fonte et l'affinage des cuivres, ont été pour la première fois surmontées. La situation des usines à proximité des lignites de la Provence et des Basses-Alpes, et relativement loin des bassins houillers, avait fait de l'emploi des générateurs Siemens une question capitale; mais l'utilisation d'un combustible ayant quelquefois 40 % de cendres n'était pas chose aisée et ce n'est qu'après une assez longue période d'essais persévérants que le succès fut obtenu. Les résultats furent tels qu'en 1876 on décida l'emploi exclusif du chauffage Siemens. A côté de ce premier progrès, M. Manhès en signalait un second : l'emploi du manganèse dans la métallurgie du cuivre; le manganèse jouerait ici un rôle analogue à celui qu'il remplit dans la fabrication de l'acier. Cette application n'est peut-être pas spéciale à l'usine de Vedènes, mais elle paraît y avoir été l'objet de recherches toutes particulières. Pour introduire le manganèse dans le cuivre, on fabrique un alliage de cuivre et de manganèse auquel on a donné le nom de cupro-manganèse ; cet alliage renferme souvent 25 % de manganèse. Une des applications les plus intéressantes de la méthode est l'affinage du cuivre destiné au laminage des feuilles pour le doublage des navires. On a supposé en effet que la présence d'une certaine proportion d'oxydule de cuivre était une des causes de la détérioration rapide de ces feuilles dans l'eau de mer; l'emploi du cupro-manganèse en faciliterait la conservation, parce qu'il permet l'élimination de l'oxydule.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En résumé, application du four Siemens à la métallurgie du cuivre; utilisation des lignites pour la production du gaz et le chauffage des fours; emploi du manganèse; tels seraient les points principaux à signaler dans la fabrication des usines de Vedènes.

L'exposition de M. Manhès faisait habilement ressortir la variété de production que les usines peuvent atteindre; ainsi à côté d'une feuille de cuivre rouge de $12^{m},50$ de longueur sur $1^{m},30$ de largeur, de plaques pour foyers de locomotives d'épaisseurs variant de 12 à 25 $^{m}/_{m}$, on pouvait voir une feuille mince de $4^{m} \times 1^{m},30$ ne pesant que 9 kilogr., c'est-à-dire n'ayant que 18/100 de millimètre d'épaisseur. On doit encore signaler une feuille de laiton de $5^{m} \times 1,30$ sur 2 millimètres d'épaisseur; divers tubes sans soudure en cuivre et en laiton pour locomotives; de grands tubes de 12 mètres de longueur pour la marine; de grandes coupoles en laiton et en cuivre rouge; l'une d'entre elles avait été sciée en deux parties. La section montrait que, grâce à un procédé de fabrication spécial, on avait pu lui donner une épaisseur variable à la demande des besoins de l'industrie. Pour compléter son exposition, M. Manhès avait envoyé des échantillons de minerais de cuivre et de plomb argentifère des mines de la Pacaudière (Loire), avec un spécimen de lignite des Alpes contenant 17 % de cendres, 36 % de carbone fixe et 46 % de matières volatiles; il avait également indiqué les chiffres suivants pour faire ressortir les avantages que pouvait donner l'emploi du cupro-manganèse dans l'affinage dn cuivre.

*Tableau des allongements obtenus.*

| MATIÈRES. | SOUS LES CHARGES SUIVANTES PAR MILL. CARRÉ exprimées en kilogrammes. | | | | | | | | | | | ALLONGEMENT pour cent. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 35 | |
| Bronze ordinaire Cu=90 Sn=10 . . . . . | 0,5 | 1,4 | 3,5 | 7.3 | R | | | | | | | 4 |
| Bronze au manganèse Cu=90 Sn=10 Mn=0,5. | 0,5 | 1,5 | 4,5 | 13 | 20 | 27 | R | | | | | 15 |
| Bronze au manganèse Cu=90 Sn=10 Mn=1. . | 0,4 | 1,3 | 5 | 11 | 18 | 26 | 35 | R | | | | 20 |
| Bronze au mang. écroui. Cu=90 Sn=10 Mn=1. . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 13 R | 6,5 |

F. Hubin. — C'est en 1874 que M. F. Hubin prit la direction de la maison à laquelle il donne aujourd'hui son nom; il succédait à M. E. Hubin, ancien président du syndicat des métaux, entré dans cette affaire vers 1824. Jusque vers 1843, cette maison ne s'occupa que du commerce des métaux; à cette époque furent créées l'usine de Rouelles près le Havre pour le laminage, et celle de Paris pour la fabrication des tuyaux d'étain et de plomb; un peu plus tard, vers 1847, une troisième usine fut installée à Harfleur pour le travail du zinc et du cuivre. Cette dernière usine s'occupa d'abord de la préparation de ces métaux *bruts*, de minerais riches ou de cuivre en barres envoyés du Chili, en même temps que de leur transformation en tôles et tuyaux; on y adjoignit peu de temps après, le traitement des minerais d'étain et l'affinage des lingots reçus du Pérou et d'Australie.

Répondant à cette production très-variée, l'exposition de M. F. Hubin renfermait à la fois des produits bruts et des objets fabriqués.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Pour le plomb*, à côté de saumons bruts on voyait une série très-intéressante de tuyaux de tous diamètres avec ou sans étamage à l'intérieur et à l'extérieur, des fils et des feuilles de plomb, etc.

*Pour l'étain*, M. F. Hubin avait également exposé des tuyaux et des feuiles de très-belle fabrication avec des lingots originaires, ceux que l'on fabrique ou raffine dans l'usine d'Harfleur, et ceux-là même que l'on envoie du Pérou, des Détroits ou d'Australie.

*Pour le cuivre* on avait groupé quelques échantillons de minerais de cuivre, entre autres ceux de Corocoro et des cuivres en barres du Chili, en mettant côte à côte des lingots pris avant et après l'affinage. On y avait joint, comme produits travaillés, des tôles et en particulier celles servant au doublage des navires, des rivets en cuivre rouge et de beaux plateaux de cuivre rouge prêts à être laminés.

*Pour le zinc*, il suffira de citer quelques feuilles, des tuyaux, des couvre-joints et gouttières, du zinc à doublage et des lingots, bruts ou raffinés, de zinc de Silésie.

Parmi les autres représentants de l'industrie des métaux en France, que l'on avait groupés dans une longue galerie latérale à celle des machines, plusieurs, malgré l'exiguïté de l'espace qu'on leur avait réservé, étaient arrivés à présenter une exposition d'un très-grand intérêt, témoins MM. Œschger et Mesdach, M. de Létrange, la Société-Asturienne, la Société de Couëron, etc. Mais avant de donner quelques détails sur ces maisons de premier ordre, voici quelques mots sur des maisons de moindre importance, et dont l'exposition ne pouvait être passée sous silence.

M. Mouchel. — Ce fabricant dont les usines sont à Boishorel sur Aube (Orne) et à Tillières (Eure), avait envoyé des spécimens remarquables de tôles et surtout de fils en cuivre et laiton. Il a été fait assez grand bruit de la perruque en fil de fer exposée par la Société de Fumel; ici l'on retrouve la même pensée pour caractériser la ténuité et la souplesse des fils, mais on a été plus loin, et, à l'aide de fils d'une finesse étonnante, on avait créé une toile d'araignée admirablement simulée. Dans le même ordre d'idée, on peut signaler par exemple un fil de cuivre d'une longueur de plus de 39 kilomètres ayant 15/100 de millim., pesant 136 centigr. les 100 mètres, et un autre fil avait 49 kilomètres de développement avec un diamètre de 22/100 de millim. et pesant 327 centigr. les 100 mètres.

Cette maison Mouchel avait exposé plusieurs spécimens d'étirage; son habileté en pareille matière avait été mise en évidence d'une façon très-originale; le nom de M. Mouchel avait été formé avec la section de différents métaux étirés chacun suivant une des lettres du mot. Elle avait également exposé un tableau très-intéressant des recherches faites dans les usines pour reconnaître l'influence d'une même quantité de divers corps étrangers sur la conductibilité, la ténacité et la ductilité du cuivre; la quantité du corps introduit a été constamment de 25/100, et le fil étiré, sur lequel on opère, est également à un même diamètre de 0 $^{m}/_{m}$,01. Dans ces conditions, en prenant 100 pour représenter la conductibilité du cuivre pur et en exprimant la résistance en kilogrammes et calculant l'allongement sur 1 mètre, on a obtenu les chiffres résumés sur le tableau page 360.

M. E. Chauvel. — Les usines de ce fabricant sont près d'Évreux. Son exposition renfermait des tôles de cuivre d'un laminage remarquable sous les épaisseurs les plus réduites; témoins une feuille de 2,4/100 d'épaisseur et une autre de 1/10 de millimètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| CONDUCTIBILITÉ. | | TÉNACITÉ EN KILOGR. | | DUCTILITÉ. | |
|---|---|---|---|---|---|
| Métal mélangé. | Valeur de la conductibilité. | Métal mélangé. | Résistance. | Métal mélangé. | Allongement par mètre. |
| Argent vierge. . . | 100 | Cuivre étain. . . . | 24,7 | Argent vierge. . . | 0,41 |
| Cuivre vierge . . . | 100 | — antimoine . | 26,25 | Cuivre vierge . . . | 0,34 |
| — or . . . . . | 94,44 | — fer. . . . . | 18,76 | — cobalt . . . | 0,267 |
| — argent. . . | 84,10 | — argent. . . | 18,74 | — thallium. . | 0,264 |
| — thallium. . | 80,83 | — nickel . . . | 18,73 | — fer. . . . . | 0,262 |
| — soufre.. . . | 80,35 | — cobalt . . . | 18,35 | — or . . . . . | 0,255 |
| — nickel . . . | 70,92 | — arsenic. . . | 17,96 | — arsenic. . . | 0,241 |
| — étain. . . . | 70,34 | — or . . . . . | 17,75 | — soufre . . . | 0,224 |
| — fer. . . . . | 63,33 | — soufre . . . | 17,02 | — nickel . . . | 0,224 |
| — antimoine. | 62,45 | — thallium. . | 15,56 | — argent. . . | 0,1995 |
| — cobalt . . . | 55,76 | — vierge. . . | 15,25 | — antimoine . | 0,103 |
| — arsenic. . . | 46,06 | Argent vierge. . . | 11,38 | — étain. . . . | 0,084 |
| — plomb . . . | Intraitables. | | | | |
| — bismuth . . | | | | | |

M. Roswag. — Ce manufacturier, installé à Saint-Denis depuis 1871, avait exposé des spécimens de tréfilage sur divers métaux, laiton, cuivre, argyrine, etc., et surtout des tissus métalliques témoignant d'une grande habileté de fabrication; parmi ceux-ci on distinguait des garde-feu, des toiles pour machine à papier (chaînette triple, retord croisé), pour machine à carton (toile retord); toutes étaient préparées avec des fils de 5/100 à 28/100 de millim.; on remarquait encore un exemple curieux d'impression à l'huile sur toile métallique.

M. Lépan, grand manufacturier à Lille, a la spécialité du laminage, de l'étirage et du tréfilage du plomb, doublé ou non d'autres métaux. Il avait envoyé des tuyaux en plomb jusqu'aux plus fins diamètres 1,5 — 2 — 3 et 4 millim. avec épaisseur réduite à 1 millim.; des fils de plomb et d'étain de tous diamètres et des fils de fer avec enveloppe de plomb obtenus à la presse à tuyau; comme produits d'étirage, on trouvait divers types de moulure et, pour spécimen de laminage, des feuilles de plomb dont une avait 1/2 millim. d'épaisseur avec un doublage de 1/12 de millim. d'étain.

M. Lanest montrait de très-beaux échantillons de toiles de cuivre découpées, employées dans l'impression sur étoffes.

*Société française, créée pour le traitement des minerais de nickel, cobalt, cuivre*, etc., par les procédés brevetés de M. J. Garnier. — Cette société possède à Septèmes près Marseille l'usine où se traitent les fontes de nickel et de fer fabriquées en Nouvelle-Calédonie, dans la fonderie de Nouméa qui lui appartient en partie. L'exposition comprenait un ensemble de la métallurgie du nickel.

1° *Les matières premières*; les échantillons de minerai de nickel et de cobalt provenant de la Nouvelle-Calédonie (principalement de la mine du Bel-Air à Ouaïlou); les fontes de nickel, *première fusion*, contenant de 65 à 75 % de nickel métallique; elles sont produites à l'usine de Nouméa (baie de l'orphelinat, pointe Chaleix), appartenant à la Société Higginson et Cie;

2° *Les produits intermédiaires* provenant de l'usine de Septèmes : les fontes et mattes de nickel; du nickel pur (1) obtenu en grande masse sur sole de four à

(1) Quelques morceaux du métal pur avaient été martelés à froid pour qu'on en put constater toute la ductilité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gaz; un bloc de près de 300 kilogr. avait été expo-é; du nickel allié au cuivre (30 % de nickel et 30 % de cuivre); du nickel en anodes; du sulfate double de nickel et d'ammoniaque; du sulfate simple de nickel, et enfin du cuivre en lingots provenant en grande partie de minerais italiens.

3° *Les diverses applications du nickel* : le bronze de nickel moulé (bronzes d'art, robinetterie, objets de sellerie, de carrosserie, de quincaillerie; pièces diverses de machines, d'instruments de précision et le bronze de nickel laminé et étiré). Dans une note spéciale, cette société faisait très-justement remarquer que, par suite de l'abaissement du prix du nickel, l'on devait arriver un jour à remplacer en grande partie le *nickelage* par l'emploi du *bronze de nickel* qui se travaille comme le cuivre et offre dans toute sa masse la couleur et les qualités propres au nickel superficiel déposé par la galvanoplastie. La préparation du bronze de nickel est très-simple et s'obtient en employant l'outillage ordinaire du fondeur en cuivre, mais en observant la précaution suivante : une fois le cuivre rouge fondu dans un creuset, on ajoute le nickel soit pur, soit sous la forme de l'alliage, cuivre et nickel; on recouvre le tout d'une couche de charbon de bois pilé contenant un peu de borax ou de sel de tartre, enfin on introduit au moment de couler et à la manière ordinaire, l'étain, le plomb ou le zinc entrant dans les alliages. On recommande un bon coup de feu pour assurer la fluidité des alliages à 25 et 30 % de nickel. Comme types d'alliage, la société indique les compositions suivantes :

| MATIÈRES. | A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| Nickel pur . . . . . | 17 | 20 | 25 | 30 | 25 |
| Cuivre. . . . . | 43 | 40 | 40 | 40 | 50 |
| Zinc. . . . . | 39,5 | 39,5 | 34,5 | 29,5 | 24,5 |
| Etain . . . . . | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Plomb. . . . . | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

Elle ajoute comme renseignement : A a l'inconvénient de jaunir à la longue; B est déjà plus fixe; ces deux alliages conviennent pour les pièces de quincaillerie, carrosserie, etc.; C. D sont des alliages très-stables d'une belle teinte d'argent; E se ternit moins vite que l'argent et convient au moulage d'objets d'art; tous ces alliages se laissent travailler à l'outil et se soudent à l'aide d'une soudure spéciale à base de nickel.

A côté de l'intéressante exposition qui précède, on est tout naturellement amené à citer celle de M. Christofle au sujet des mêmes produits. Cette maison avait envoyé aussi de très-beaux échantillons de minerais calédoniens; elle y avait joint divers produits bruts et fabriqués ainsi que de très-beaux moulages artistiques; au total, exposition très-complète offrant un intérêt au moins égal à celle de la société française si ce n'eût été l'importance des méthodes nouvelles de M. J. Garnier et l'avenir qui s'y rattache.

Enfin, une troisième société, dite *Société française de la métallurgie, du nickel et du cobalt*, avait également envoyé des minerais calédoniens assez variés (silicate, magnésien de nickel et de cobalt, sulfures de cuivre et de molybdène, bismuth natif, or natif, etc.). Cette société avait en même temps exposé un bloc de métal de 260 kilogr., divers alliages de métal avec le cuivre, des sels de nickel et enfin quelques objets moulés.

Il y aurait encore bien des noms à citer, mais il faut arriver maintenant aux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diverses compagnies ne faisant que l'exploitation des gisements métalliques ou la préparation des métaux bruts.

*Société des mines et fonderies de Pontgibaud.* — L'exposition de cette société comprenait simplement les spécimens des minerais et des lingots de plomb de la production ordinaire. On y avait seulement ajouté un très-beau gâteau d'argent, obtenu à la coupellation, ayant une valeur d'environ 140,000 fr.

Les concessions appartenant à la compagnie sont celles de *Roure* avec les mines de Roure, Mioche et de la Brousse, puis celle de *Barbecot* avec les mines de Pranal et de Villelongue. Ces concessions ont produit dans l'exercice (77-78) environ 3200 tonnes de minerais propres à la fusion et réparties sensiblement à raison de 2300 tonnes pour la concession de la Roure et 900 tonnes pour la concession de Barbecot.

La fonderie de Pontgibaud traite annuellement de 4 à 5000 tonnes de minerais, soit 4300 tonnes en nombre rond pour l'exercice (77-78); une partie de cette consommation doit donc être demandée au dehors. Ce complément est fourni principalement par le Puy-de-Dôme ; une certaine quantité cependant provient d'Espagne et de Sardaigne. La teneur moyenne des minerais traités est de 45 % de plomb rendant en ce moment à peu près 300 grammes d'argent en moyenne par 100 kilogr. de plomb d'œuvre. Les minerais sont d'abord grillés dans de longs fours à réverbère, puis réduits dans des fours à manche munis d'une enveloppe d'eau. La désargentation du plomb s'est faite jusqu'à l'année dernière par le procédé de MM. Luce et Rozan. On trouverait, paraît-il, aujourd'hui avantage, par suite des frais d'entretien, à lui substituer celle de M. Hutchison, c'est-à-dire la désargentation par le zinc. Une fois les plombs enrichis, on les traite au four de Coupelle pour en retirer le gâteau d'argent.

*Mines et usines de Vialas.* — La société dont le nom exact est Société des mines de Villefort, Vialas et du Rouergue, avait simplemeut envoyé quelques échantillons de minerais, bruts ou enrichis, et des spécimens des produits métallurgiques; on y avait joint le plan figuratif du gisement établi avec une série de coupes peintes sur verre et rapprochées aux distances convenables pour représenter d'une façon exacte les principaux filons et les travaux dont ceux-ci avaient été l'objet.

Les minerais exposés sont réunis dans le tableau suivant.

| ORIGINE. | TENEUR en plomb pour cent. | TENEUR en argent aux 100, kilog. de plomb d'œuvre. |
|---|---|---|
| Minerai de Vialas . . . . . | 37 | 500 |
| — — . . . . . | 56 | 710 |
| — — . . . . . | 64 | 584 |
| Minerai de Villefort. . . . . | 75 | 172 |
| Minerai de Rouergue . . . . . | 75 | 160 |

Les produits intermédiaires sont à leur tour groupés dans le tableau ci-après.

La Cie de Vialas a un siècle d'existence. Elle comprend un assez grand nombre de centres d'extraction aux environs de Vialas et de Villefort; les filons exploités se trouvent dans les micaschistes. Il a été dit déjà que, dans les études sur ces gisements, M. Rivot a fait remarquer que les filons les plus puissants et les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mieux caractérisés sont stériles ou irrégulièrement minéralisés, et que les seules veines réellement métalliques dirigées E 33° N et plongeant au Nord sont extrêmement minces; en somme, les veines exploitées sont de faible puissance et ne contiennent que quelques centimètres de minerai, soit au mètre cube environ 50 kil. de galène pure et 200 grammes d'argent. Aussi le travail de la préparation mécanique a-t-il dans ces exploitations une grande importance. La teneur moyenne des minerais préparés n'est environ que de 36 à 37 % de plomb, quand ils sont argentifères. Le traitement métallurgique comprend simplement un grillage, une fonte dans un four à manche, et la coupellation du plomb d'œuvre après enrichissement par un procédé quelconque de désargentation.

| MATIÈRES. | TENEUR en plomb pour cent. | TENEUR en argent aux cent kil. de plomb. |
|---|---|---|
| Minerai massif. . . . . | 61 | 598 |
| Grenailles sèches de criblage . . . | 62 | 565 |
| Sable riche de cribles continus . . | 70 | 497 |
| Sables pyriteux des cribles continus. | 4 | 508 |
| Schlamms n° 1 tables à secousses., | 45 | 511 |
| — n° 2 — — . | 32 | 430 |
| Schlamms pyriteux. . . . . | 14 | 520 |
| Schlichs mélangés. . . . . | 49 | 505 |
| Minerai grillé . . . . . | 55 | 509 |
| Abstrichs. . . . . | 82 | 16 |
| Litharge massive . . . . . | 96 | 12 |
| — en poudre. . . . . | 96 | 10 |
| — rouge . . . . . | 96 | 15 |

Pour terminer cette nomenclature des principales expositions minières, on peut encore citer : La *Société des plombs argentifères de la Haute-Loire,* qui exploite les trois filons des Eaux Minérales, des Anciens et d'Aurouze dont certains minerais sont cités comme atteignant par la moyenne de 24 analyses une teneur de 870 grammes, d'argent par 100 kil. de plomb d'œuure. Les *mines de Chalanches* (Isère), autrefois très-renommées pour leur richesse en métaux précieux, et aujourd'hui médiocrement exploitées; elles avaient exposé divers échantillons de minerai, de cobalt et de nickel. Les *carrières d'Enteroches*, que M. Carnot ingénieur des mines a rendues célèbres en y découvrant du bismuth; l'exposition de cette société comprenait divers échantillons de minerais, par exemple de la pyrite de fer avec oxyde de cuivre et de bismuth, du sulfure et de l'oxyde de bismuth, du tungstak de chaux, etc., etc.

Voici maintenant cette description revenue aux maisons de premier ordre : MM. Œschger, Mesdach et Cie, De Létrange, Société Asturienne, Société de Couëron et Société des usines à zinc du Midi qui ont été déjà citées plus haut.

MM. Œschger, Mesdach et Cie. — Cette société possédait certainement une des expositions les plus remarquables par la variété et les dimensions des produits qu'on y avait réunis; malheureusement l'espace avait manqué, et quelques pièces avaient dû être réduites de longueur ou disposées d'une façon très-désavantageuse. Quoi qu'il en soit, on aurait beaucoup à citer dans cette exposition; par exemple une grande coupole en cuivre rouge pour chaudière à cuire dans le vide, mesurant 2,88 de diamètre et 1,28 de profondeur, poids 600 kilogr; des tubes en cuivre rouge et jaune et des tubulures sans soudure; parmi les premiers figurait un tube de 5 mèt. de long et 500 millim. de dia-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mètre intérieur et 307 millim. extérieurement, c'était le plus gros de tous les tubes du genre envoyés à l'exposition; des tubes à fumée, à épaisseur variable, enroulés sur le précédent; un tube de 3 mill. intérieurement et 6 mill. à l'extérieur ayant 90 m. de longueur et pesant 0k,188 le mètre courant; des tubes *Field* dont on avait fait quelques sections pour en montrer la régularité d'épaisseur; divers serpentins enroulés sur un diamètre de 84 mill. et formés avec des tubes en laiton de 83 mill. et 12 m. de longueur: enfin, avant de clore cette nomenclature qui pour être complète devrait comprendre à peu près toutes les pièces exposées, il faut encore rappeler ces tubes avec renflement brasé dont les coupes, faites à dessein, montraient l'excellente exécution; de très-belles feuilles de tôle de cuivre dont l'une avait plus de 12 mèt. de longueur, 2 mèt. de large et 2,5 mili. d'épaisseur, enfin divers spécimens de flancs pour pièces de monnaie dont la fabrication est une des spécialités de MM. Œschger et Mesdach.

A côté des produits fabriqués on avait ajouté quelques échantillons de minerai; entre autres des minerais de cuivre argentifère de la Prugne (Allier), qui ont contenu aux 100 kilogr. jusqu'à 15 kilogr. de cuivre et 150 grammes d'argent (1); divers minerais étrangers, ceux de Bolivie, cités pour leur richesse en argent, 19 kilogr. par 100 kilogr. de minerai; ceux de la Trinité et de Corocoro à 30 et 75 pour cent de cuivre; des pyrites de cuivre de Terre-Neuve contenant 10 pour cent de cuivre, enfin des minerais oxydés d'Espagne à 10 pour cent de cuivre environ.

Cette énumération à laquelle il faudrait ajouter les cuivres en lingots ou en barres reçus de l'Amérique du Sud ou d'Australie et les minerais de zinc pris en Espagne et en Sardaigne, donne une idée de la provenance des matières premières employées dans les usines de MM. Œschger et Mesdach. Ces usines sont situées à *Biache-Saint-Vaast*, près Arras (Pas-de-Calais), et aux environs d'Ougrée (en Belgique); les premières s'occupent uniquement de la production du cuivre et du plomb; l'usine belge au contraire s'en tient au traitement des minerais de zinc et à la fabrication du zinc brut; tout le travail d'élaboration du cuivre, du plomb et du zinc est ensuite concentré dans les usines de *Biache-Saint-Vaast*. Celles-ci occupent de 450 à 500 ouvriers, elles renferment pour le traitement des minerais de cuivre et de plomb, des fours de grillage et des fours à manche ainsi que des fours d'affinage contenant 10,000 kilogr. de métal et pour le travail des métaux, huit laminoirs de grandes dimensions, huit plus petits, des ateliers de chaudronnerie et d'étirage, un atelier monétaire pour la fabrication des monnaies de bronze, de cuivre rouge et de nickel, enfin un atelier spécial pour le traitement des minerais de cuivre ou de plomb argentifères, des cendres d'orfèvres, etc.

Les usines d'Ougrée renferment de leur côté 22 fours à zinc et peuvent produire plus de 3000 tonnes de zinc par an dont la plus grande partie est dirigée sur Biache-Saint-Vaast.

En résumé, MM. Œschger et Mesdach livrent annuellement environ 10,000 tonnes de cuivre laminé, plus de 700 tonnes de tubes en cuivre rouge et jaune et 12 à 1500 tonnes de zinc laminé; enfin cette maison a fabriqué depuis 10 ans plus de 6500 tonnes de monnaies de bronze en Espagne, et près de 2000 tonnes en Italie; elle a également livré en quantité considérable des flans pour mon-

(1) La mine de Prugne, aujourd'hui abandonnée, fut exploitée de 1874 à 1877 par une Société dans laquelle se trouvait en participation la maison Œschger-Mesdach et Cie. Cette mine a produit pendant cette période, environ 11000 tonnes de minerai qui furent traitées sur place et produisirent 310 tonnes de mattes à environ 38,00 % de cuivre; on en retira 365473 kilogr. de cuivre et 1969 kilogr. d'argent, ce qui correspond à une teneur d'environ 200 grammes d'argent par 100 kilogr. de matte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

naie, soit en bronze, soit en cuivre rouge, soit en nickel, demandés par les gouvernements Allemand, Belge, Brésilien, Roumain, Grec, Egyptien et Luxembourgeois.

*Compagnie royale Asturienne.* — La compagnie royale Asturienne est d'origine belge, et possède encore un siége social à Bruxelles, et son administration centrale à Liége; néanmoins, par l'importance de ses établissements en France, elle devait être naturellement amenée à réunir ses produits dans la section française. Son exposition groupée avec goût se faisait remarquer par l'abondance et la richesse des minerais de plomb et de zinc qu'on y avait accumulés. Parmi ces derniers se trouvaient au premier rang les calamines blanches d'*Udias* (Espagne) province de Santander; venaient ensuite divers autres minerais de plomb et de zinc et un assez grand nombre de produits fabriqués : feuilles de zinc de grandes dimensions de $2^m,63$ sur $0^m,60$ et 5 centièmes de millimètre d'épaisseur pesant $0^k,690$ ou de $3^m,05$ sur $1^m,025$ et 8 centièmes de millimètre d'épaisseur, pesant $2^k,04$; zinc étampé et découpé; quelques moulages artistiques et enfin des spécimens de toitures parmi lesquels il y a lieu de citer un système nouveau de couverture en zinc plombaginé d'un effet très-satisfaisant et dont le poids varie de 6 à $8^k,200$ le mètre carré en feuille n° 10.

La Compagnie royale asturienne a débuté en Espagne où elle s'occupait d'abord uniquement d'achats de minerais de zinc et de plomb; elle y est aujourd'hui propriétaire du charbonnage d'*Arnao* dans les Asturies, sur le territoire d'Avilès et des usines du même nom où l'on produit annuellement de 4 à 5000 tonnes de zinc brut et 2 à 3000 tonnes de zinc laminé; la différence est expédiée aux usines de la Compagnie, en France. Ces usines sont naturellement alimentées par la houillère d'Arnao donnant d'ailleurs un combustible d'assez médiocre qualité; elles tirent leurs minerais des exploitations de *Reocin*, d'*Udias* et de *Comillas* (province de Santander). La production de ces mines est principalement calaminaire. Reocin fournit encore de 30 à 35,000 tonnes, Udias 2 à 3000 tonnes et Comillas 5 à 6000 tonnes, au total près de 44,000 tonnes qui ne peuvent nécessairement être consommées toutes dans les usines d'Arnao; une bonne partie est expédiée en France. La compagnie possède encore en Espagne d'importantes mines de plomb, malheureusement non argentifères, dans la province de Jaen à Linares; ces mines, avec quelques achats faits dans le Midi, et l'exploitation de San Marciso (Guipuzcoa), pour 3 à 4000 tonnes, alimentent l'usine à plomb de Renteria dont la production n'est pas moins de 7000 tonnes de plomb.

Les minerais calaminaires d'Espagne non utilisés sur place sont envoyés grillés en France à l'usine d'Auby près Douai; cette usine est la plus importante de la Compagnie; elle fabrique environ 8 à 10,000 tonnes de zinc brut et 10,000 tonnes de zinc laminé; la différence entre ces deux chiffres vient du traitement du zinc brut également expédié d'Espagne. Quelques mots sur cette usine : Elle fut créée en 1869 et s'est depuis lors développée avec la plus grande rapidité. Déjà en 1876 elle contenait 20 fours d'environ 60 creusets chacun et 4 laminoirs; elle possède aujourd'hui l'équivalent de 30 fours et 8 laminoirs dont 1 ou 2 servent d'ébaucheurs et les autres de finisseurs. Chaque laminoir comprend une seule paire de cylindres et une machine motrice avec un volant de 35 à 40 tonnes commandé directement et marchant à raison de 35 tours par minute. Le zinc brut est d'abord raffiné dans un four à réverbère lingoté puis ébauché; la feuille encore épaisse ainsi obtenue est cisaillée, pesée, puis réchauffée à un four dormant, et enfin portée au finisseur où elle se termine en général sans réchauffage; on lamine d'abord deux feuilles ensemble, puis quatre, six et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même plus, au total une cinquantaine de passages pour le travail complet; vient enfin le cisaillage aux dimensions marchandes. L'usine renferme encore un important atelier pour la fabrication des cornues dont le consommation est d'environ cinquante par jour. Au total ces divers ateliers occupent un personnel d'environ 320 ouvriers.

**Fonderies et laminoirs de Couëron.** — Les usines de la société de Couëron n'ont pas encore atteint le développement projeté; aussi leur exposition ne comprenait-elle qu'une partie des divers produits qu'elles fabriqueront un jour; on y remarquait néanmoins quelques belles feuilles de cuivre et de plomb laminé et surtout un très-beau gâteau d'argent d'une valeur de 75,000 fr.

Les fonderies de cuivre ont été créées en 1860; elles sont situées sur la rive droite de la Loire entre Nantes et Saint-Nazaire; jusqu'en 1877 on y traita seulement des minerais de plomb pour le métal brut; la société nouvelle, Taylor, Normand, Parlier et Cie, se propose d'y ajouter la fabrication de la céruse, du minium, des tuyaux de plomb, du plomb laminé, du plomb de chasse, le traitement des minerais de cuivre, la fusion du cuivre, le laminage, le martelage, l'étirage, le tréfilage du cuivre et le laminage du zinc. Ces usines n'occupent encore que 350 ouvriers. *La fonderie de plomb* traite surtout des minerais d'Espagne et de Sardaigne contenant de 20 à 83 % de plomb; les minerais riches sont passés au four à réverbère par la méthode de grillage et réaction; les minerais pauvres ou siliceux sont d'abord grillés au réverbère, puis fondus dans des fours à manche. Tous ces minerais étant plus ou moins argentifères, le plomb qu'on en retire doit passer à la désargentation; celui des fours à manche, en général aigre et impur, subit au préalable un affinage spécial dans des fours à réverbère contenant jusqu'à 20 tonnes. Pour la désargentation, on commence par le pattinsonage et finit par le zingage après enrichissement; on arrive ainsi, d'une part à du plomb riche contenant de 20 à 30 kilogr. d'argent à la tonne que l'on coupelle et dont on retire de l'argent à 998 de titre; d'autre part à du plomb pauvre ne contenant guère que 7 à 8 grammes d'argent à la tonne. La production annuelle en plomb brut est actuellement d'environ 7000 tonnes, et celle de l'argent atteint 4000 à 4500 kilogrammes par an; deux machines de 25 chevaux suffisent au travail, l'une fait mouvoir les broyeurs et l'autre les ventilateurs. Les usines de Couëron transforment une partie du plomb qu'elles produisent; les divers produits sont les suivants :

1° Le *plomb de chasse* obtenu avec une tour de 70 mèt. de hauteur et de 7 mèt. de diamètre; une machine de 7 chevaux met en mouvement les diviseurs et les brunisseurs ainsi que l'ascenseur élevant les plombs en saumons au haut de la tour.

2° Les *tuyaux de plomb* et de *plomb laminé*; les premiers sont obtenus au moyen d'une presse hydraulique de 400,000 kilogrammes avec poinçons mobiles ce qui assure la régularité des épaisseurs. Cette machine produit 6 à 7000 kilogr. de tuyaux par 10 heures et demande un moteur de 6 chevaux. L'atelier comprendra bientôt une autre presse pour tuyaux de plomb étamés et tuyaux d'étain. Le laminage se fait avec des cylindres de 3,10 de table et 0,60 de diamètre. Le laminoir, actionné par une machine à condensation d'une force de 40 chevaux, produit de 6 à 700 kilogr. par 10 heures de travail, quand il s'agit de feuilles minces; le double avec des feuilles épaisses.

3° La *céruse* et le *minium* dont la production atteindra 3000 tonnes pour la céruse et 2000 tonnes pour le minium.

*La fonderie de cuivre* emploie plusieurs sortes de minerais riches, mais surtout des minerais de Corocoro, des cuivres en barres à la teneur de 96 % et des pyrites cuivreuses; le traitement se fait au four à réverbère, les crasses et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les résidus sont passés dans des fours à manche. Des fours spéciaux, dits fours potagers servent à la fabrication du laiton. A côté de la fonderie sont les ateliers de laminage et de martelage du cuivre; ceux-ci renferment en particulier 4 laminoirs à cuivre avec des cylindres de $1^m,40$ à $2^m,50$ de table et $0^m,55$ à $0^m,60$ de diamètre; 4 cisailles leur sont adjointes et le tout est actionné par une machine de 100 chevaux. La quantité de cuivre laminé et martelé est par jour d'environ 4 à 5000 kilogr. Le laminage du laiton et du zinc se fait avec une installation spéciale comprenant cinq laminoirs dont trois pour le travail du laiton et deux pour celui du zinc: les laminoirs et les cisailles sont mis en mouvement par une machine de 100 chevaux; la production quotidienne est à peu près de 5000 kilogr. de zinc laminé et 3000 kilogr. de laiton.

Enfin, pour terminer cet exposé, il faut citer un atelier spécial contenant 3 laminoirs à barres, 16 bobines horizontales, 24 bobines verticales, un banc à étirer; c'est là que se fait l'étirage et le tréfilage du cuivre; ces appareils demandent une force de 50 chevaux et produisent par jour de 2000 à 2500 kilog. de cuivre travaillé.

*Société des usines à zinc du Midi.* — Cette société avait exposé de fort beaux échantillons de galène et de blende provenant de ses exploitations et plus particulièrement des calamines des Avinières (Gard), de la blende de Clairac et quelques blocs de galène et blende mélangés provenant de la mine de la Cote près Durfort; avec ces minerais quelques produits bruts de lingots, et enfin des feuilles de zinc laminé, quelques-unes ondulées et d'autres repoussées pour servir à l'ornementation. Cette société est la plus importante du midi de la France; elle commence à obtenir des résultats intéressants; il ne sera donc pas inutile d'ajouter quelques mots à son sujet.

Les minerais employés proviennent de Sardaigne ou de France. — La société exploite en Sardaigne les groupes de Baueddu et de Planudentis où l'on trouve des minerais plus ou moins silicatés tenant 40 à 45 % de zinc; l'exploitation actuelle est au-dessous de 8000 tonnes, chiffre ordinaire de la production. En France, la société est concessionnaire des mines de Saint-Laurent (Gard) dont le minerai est constitué par une calamine calcaire à 30 % de zinc et d'une blende souvent plombeuse dont la teneur atteint 48 % de zinc et 12 à 15 % de plomb au total. Ces mines fournissent environ 6000 tonnes de calamine et 3000 tonnes de blende. La société exploite également les mines de Rousson qui renferment peu de calamine et les gisements de Clairac, la Cote et Saint-Félix de Palière qui appartiennent comme concessions à la maison Pastré, et dont le plus important est celui de Clairac donnant de la blende non plombeuse dont la teneur atteint jusqu'à 55 % de zinc. Le traitement de ces divers minerais se fait à l'usine du Bousquet d'orbe. Cette usine peut comprendre 32 fours; 12 seulement sont installés et 6 sont en feu. Ces fours sont chauffés par foyers à gaz séparés et à vent soufflé; ils comprennent deux groupes de 3 rangées de 16 mouffles, soit au total 96 mouffles. La charge complète peut atteindre 3000 kil. de minerai à 43 % que l'on mélange à $1200^k$ de charbon maigre du bassin houiller de Graissessac; la durée de l'opération est de 24 heures, la consommation de $3500^k$ de houille demi-grasse, et le rendement d'environ 1000 à $1050^k$ de zinc. Presque tout le zinc produit est laminé sur les épaisseurs variant de 4 à 30 dixièmes de millim. L'atelier de transformation comprend 2 trains de laminoirs ordinaires et un train ondulé. Chaque train est actionné par une machine de 60 chevaux avec volant de 40 tonnes; la vitesse est de 50 à 55 tours à la minute pour le dégrossissage et 30 à 35 tours pour le finissage. Le travail comprend un réchauffage et donne un déchet de 8 à 12 % que l'on refond dans un réverbère spécial.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L. Létrange et Cie. — MM. Létrange et Cie n'avaient pû, faute de place, donner à leur exposition toute l'importance qu'ils auraient désiré. Néanmoins on y trouvait des spécimens très-variés et très-intéressants des produits, plomb, zinc et cuivre qui sortent de leurs usines.

*Pour le plomb*, des tuyaux, des baguettes et des fils.

*Pour le zinc* d'abord des minerais sulfurés et carbonatés, du zinc brut de 1re et de 2e fusion, puis du zinc laminé et ouvré (cylindres de piles électriques, tuyaux, clous, etc.)

*Pour le cuivre*, à côté des lingots, quelques planches et barres laminées, des pièces en cuivre forgé et martelé (coupoles, foyers de locomotives, etc.), quelques emboutis et un assez grand nombre de barres pliées et tordues à froid, de tuyaux soudés et étirés, tordus en serpentins, etc., pour montrer la qualité des produits.

*Pour le bronze et le laiton*, des barres, des feuilles laminées, des tuyaux sans soudure, des cylindres d'impressions, quelques épreuves de qualité très-satisfaisantes sur tubes de locomotives cintrés, ouverts, retournés, etc.

La maison de MM. Létrange et Cie date de 1825. Elle exploite : 1° une usine à Saint-Denis, fondée en 1783; 2° la mine de zinc et de plomb de la Poipe près Vienne (Isère); 3° la mine de zinc carbonaté de Saint-André-Lachamp, près Joyeuse (Ardèche); 4° la fonderie de zinc de Saint-Christ; 5° les établissements de Romilly (Eure), fondés en 1782.

La production peut s'élever à 12,000 tonnes de plomb, zinc et cuivre manufacturés. Pour arriver à ce résultat, le matériel des usines comprend : 365 chevaux de force motrice; 20 laminoirs de 1m, 1m,25, 1m,70, 2m,30 et 3 mèt. de largeur; 20 petits laminoirs; 44 fours pour la fusion et l'affinage (fours à réverbère et à creusets) et 42 fours à réchauffer; en même temps, tous les outils nécessaires au travail de martelage, d'étirage et de tréfilage. On se rappelle qu'il a été question plus haut, à propos de l'exposition de M. Manhès, de l'emploi du manganèse dans la métallurgie du cuivre. M. Létrange s'est aussi occupé de la question dès 1869, et, paraît-il, dans le but d'enlever surtout l'arsenic; puis, ayant reconnu de son côté la nécessité de trouver un procédé qui évitât de mélanger au cuivre une certaine quantité de fer en lui ajoutant le manganèse, M. Létrange en vint également à créer des alliages de cuivre et de manganèse pour lesquels il prit un brevet en octobre 1874. Son exposition renfermait quelques spécimens de cupro-manganèse fondu et laminé, car le composé paraît être, dans la pensée de M. Létrange, non pas seulement un réactif utile dans la préparation du cuivre pur, mais bien aussi un métal nouveau susceptible d'applications spéciales vu sa dureté, sa ténacité et sa ductilité.

M. Létrange signale enfin l'influence que le cupro-manganèse peut avoir sur les propriétés physiques des alliages de cuivre; introduit dans le laiton, il en blanchit la couleur et lui donne de la dureté et de la ténacité sans diminuer sa ductilité; avec le cuivre seul, on obtient des alliages susceptibles d'un beau poli et caractérisés par une couleur légèrement rosée.

Pour terminer cette revue rapide des métaux français à l'exposition, il faudrait encore parler des produits envoyés par les colonies. Pour l'Algérie, le soin qu'on avait mis à réunir tous les renseignements susceptibles d'en faire apprécier les grandes richesses minérales permettra d'en donner un certain aperçu; mais pour les autres il n'y a guère à citer que la Nouvelle-Calédonie avec les collections minéralogiques exposées qui témoignaient des gisements importants qu'elle renferme; parmi ces collections il convient de rappeler comme une des plus intéressantes celle que M. J. Garnier avait rapportée de ses voyages dans cette contrée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ALGÉRIE (1).

Sur la proposition du Gouverneur général, l'exposition des produits de l'Algérie avait été installée dans un palais spécial, de style mauresque dont la disposition et l'ornementation avaient été empruntées aux belles mosquées de Tlemcen du XIIIe et du XIVe siècles. — Au point de vue des mines, l'exposition algérienne avait un intérêt tout particulier; on sait en effet que les richesses minérales constituent une des resources les plus importantes de la colonie.

En 1876, la quantité de minerais exportés a été:

| | |
|---|---|
| Pour le fer. . . . . | 4568,124 q.m. |
| Pour le cuivre. . . . . | 63,724 |
| Pour le plomb. . . . . | 16,146 |

Et l'on remarquera sur le tableau suivant que, depuis l'année 1869, le tonnage des minerais exportés s'est presque toujours accentué chaque année d'une façon assez régulière.

| ANNÉES. | FER. | CUIVRE. | PLOMB. | TOTAL. |
|---|---|---|---|---|
| | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. |
| 1869 | 2,152.045 | 48 | 28.270 | 2,180,363 |
| 1870 | 1,694,290 | 650 | 34,965 | 1,729,905 |
| 1871 | 1,723,326 | 11 | 26,108 | 1,749,445 |
| 1872 | 3,911.895 | 1,108 | 35,135 | 3,948,138 |
| 1873 | 4,206,955 | 719 | 54.462 | 4,262,136 |
| 1874 | 4,602,728 | 4,928 | 30,497 | 4,638,153 |
| 1875 | 5,226,300 | 30,196 | 23,549 | 5,280,045 |
| 1876 | 4,568,124 | 63,724 | 16,146 | 4,647,994 |
| | 28,085.663 | 101,384 | 249,132 | 28,436,179 |

Depuis les temps les plus reculés, l'Algérie a toujours été, quoi qu'à divers degrés, un pays producteur de minerais métalliques; on en trouve des témoins dans les anciens travaux de la mine de plomb de Gar-Rouban, sur la frontière du Maroc, ainsi que dans les mines de cuivre voisines du gîte d'Abla; et l'on constate encore aujourd'hui que l'art d'exploiter et de fondre le plomb, le cuivre et le fer s'est transmis jusqu'à nous dans les traditions indigènes.

**Dans la province d'Oran.** — On a des mines de cuivre de plomb et de zinc.

Les *gîtes de cuivre* sont encore peu exploités; les principaux sont ceux de Sidna-Oucha, d'Abla et du Djebel Mzaïta.

Le *plomb argentifère*, isolé ou mélangé au cuivre pyriteux, est plus connu; on peut citer les gîtes de Gar-Rouban, Sidi-Aramon, El-Ary, Tleta, Coudiat-Ressas, Kselma, Tasout et Karouba. — L'exploitation de Gar-Rouban date de 1856; on s'occupe de la développer et l'on a déjà reconnu une quantité assez importante de minerais pour assurer plusieurs années de travail. — Sidi-Aramon, qui est situé auprès de Gar-Rouban, contient le prolongement des mêmes filons; aussi, bien que très-incomplétement reconnue, cette concession semble-t-elle présenter de grandes chances de réussite. — Les autres mines sont encore en exploration.

Le *plomb et le zinc* sont souvent associés; néanmoins les gisements ainsi constitués fournissent un minerai zincifère recherché; témoins ceux de Maziz et plus particulièrement de Filhaoucen qui renferment une quantité notable de calamine.

(1) Voir t. IX, p. 146 et 453.



BIBLIOTHÈQUE DES ARTS ET MÉTIERS

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Dans la province d'Alger.** — On compte 7 mines *de cuivre* concédées : Oued-Allelah, Oued-Taffilès, cap Ténés, Beni-Aquil, Mouzaïa, Oued-Merdja, et Oued-Kébir, presque tous les minerais sont du cuivre gris; la mine de Mouzaïa est la plus importante par la succession des travaux dont elle a été l'objet; son exploitation fut même un moment très-développée, mais ensuite la compagnie dut liquider; confiant dans l'avenir du gisement, le propriétaire actuel fait de sérieux efforts pour reconstituer une exploitation régulière. — D'autres gîtes assez nombreux, sont encore en exploration pour en amener la concession; on peut donc affirmer la richesse de la province au point de vue des minerais de cuivre.

Le *plomb* est moins abondant, on ne peut encore que citer des recherches faites au Zaccar, dans la forêt de Taourira et à l'Oued-Arbatach.

*Le zinc associé* au plomb a été rencontré, comme calamine, à Ouarencenis et, comme blende mélangée à de la galène, à l'entrée de la Kabylie; sur ce dernier point, plusieurs concessions ont été demandées et les premières recherches font bien augurer de l'avenir.

**Dans la province de Constantine.** — Il existe actuellement sept mines métalliques : Kefoum-Teboul pour le plomb et le cuivre argentifère, El-Hamimat pour l'antimoine, Ras-el-Ma pour le mercure, Aïn-Barbar pour le cuivre, celles de Hammam-Maïls, de Arko pour le zinc, de Cavallo pour le plomb et le cuivre argentifère; sur ces sept concessions, une seule, celle de Ras-el-Ma était abandonnée en 1876; la plus importante est celle de Kefoum-Teboul où l'on n'a pas immobilisé moins de 2,000,000 de francs, soit dans l'installation des puits et des travaux, soit dans celle de l'atelier de préparation mécanique. — Aïn-Barbar et Cavallo sont également des mines importantes, auxquelles on a adjoint des ateliers de préparation mécanique. — D'autres gîtes, tels que ceux de Mesloula (plomb) et Bou-Zitoun (zinc) n'attendent que la création de moyens de transport pour être exploités; à Bou-Zitoun en particulier, les travaux préparatoires sont déjà commencés par la Cie de la Vieille-Montagne. On pourrait citer encore dans les mêmes conditions le gîte de Bir-ben-Salah, près Collo, où l'on trouve de la galène à 4 kil. d'argent avec du cinabre à 30 ou 40 % de mercure, et celui de Tadergount, près de Bougie, donnant des cuivres gris à 30 et 35 % de cuivre et 3 à 6 kil. d'argent par tonne de minerai.

Le tableau ci-après résume les renseignements principaux sur les richesses minérales de l'Algérie, en dehors du fer et du manganèse, en 1876.

| SITUATION DE LA MINE. | | NATURE DE LA MINE | OUVRIERS. | PRODUITS en tonnes. |
|---|---|---|---|---|
| PROVINCE D'ORAN. | | | | |
| Mines concédées. | Gar-Rouban | Plomb | 64 | 103 |
| | Oued-Maziz | Zinc et plomb | 30 | 212 |
| Non concédées. | Djebel-Filhaoucen | Zinc et plomb | 15 | 1,300 |
| PROVINCE D'ALGER. | | | | |
| Concédées. | Mouzaïa | Fer et cuivre | » | 34 |
| Non concédées. | Sakhamondi | Zinc et plomb | 21 | 700 |
| | Guerouma | Zinc et plomb | 19 | 900 |
| PROVINCE DE CONSTANTINE. | | | | |
| Concédées. | Kefoum-Teboul | Plomb | 387 | 12,162 |
| | Aïn-Barbar | Cuivre | 220 | 1,825 |
| | Cap Cavallo | Plomb, cuivre | 18 | 210 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour faire apprécier l'importance totale de l'industrie minière, y compris la production du fer et du manganèse, ainsi que le mouvement progressif acquis depuis 1862, le gouvernement de la colonie avait publié le tableau suivant :

| | 1862 | 1872 | 1876 |
|---|---|---|---|
| Quantités extraites. . . . . | 202,968q·m. | 3,749,506q·m. | 5,857,325q·m. |
| Valeur de ces quantités. . . | 463,483f | 4,586,980f | 6,579,861f |
| Nombre d'ouvriers employés | 233 | 1,688 | 3,618 |

A propos d'une exposition, l'Algérie pouvait difficilement faire autre chose que d'envoyer des échantillons de ses minerais. C'est ce qu'elle avait fait et le service des mines y avait joint plusieur cartes d'un grand intérêt, que l'on doit signaler en passant parmi les objets exposés dans la classe 43; parmi les mines métalliques qui avaient exposé, on peut citer surtout celles du Cap Cavallo et de Maziz pour leurs échantillons, de galène et de sulfures de cuivre (mines du Cap Cavallo) et de calamines (mine de Maziz).

## ANGLETERRE (1).

Les rapports officiels du Jury international sur l'Exposition de 1867, constataient déjà l'abstention regrettable des Anglais pour les produits des mines et de la métallurgie qui se rapportent aux métaux autres que le fer ; on est obligé de relever encore en 1878 le peu d'empressement que l'on a mis chez nos voisins d'Outre-Manche à faire connaître les gisements métalliques ou le travail des usines; on a pu voir que les spécimens envoyés étaient peu nombreux, sans grand intérêt et que les renseignements statistiques faisaient défaut; heureusement, les Colonies anglaises avaient agi d'une façon toute différente et compris l'importance qui s'attachait à la mise en relief de leurs richesses minérales. Elles avaient envoyé des collections très-complètes, fournissant des données nombreuses sur la minéralogie et la géologie du pays, et surtout elles y avaient joint un certain nombre d'indications statistiques intéressantes. Ces divers renseignements ont été tout naturellement réunis aux quelques notes recueillies sur l'Exposition de la Métropole.

Vivian H. H. et C^ie^, *de Birmingham*. — Cette Société avait envoyé un ensemble assez complet sur la métallurgie du nickel et du cobalt: des échantillons de minerai, dont un bloc de 292 kilos de pyrite nickelifère de *Berg* (Norwège); des régules de nickel contenant jusqu'à 30 % de nickel et 20 % de cuivre; du nickel métallique en morceaux; des oxydes; des grenailles à 50 % de nickel et 50 % de cuivre; des sulfates doubles de nickel et de cobalt, etc. Elle y avait joint quelques produits fabriqués : des tubes, diverses pièces embouties, des échantillons de couverts en alliages divers, etc. Cette maison possède, en Norwège, les mines de nickel de l'île de Sengen et les établissements métallurgiques de Berg et de Sengen; en Angleterre, les usines de Hafod Isha à Swansea.

(1) Voir t. IX, p. 81 et 97.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Wiggin Henry et Cie *de Birmingham*, producteurs également de nickel et de cobalt, avaient, eux aussi, exposé les données caractéristiques de leur industrie : Minerais de diverses provenances, pyrite nikelifère de Norwège, hydrosilicate de la Nouvelle-Calédonie; cubes de nickel oxydé et métallique, alliages de cuivre et de nickel, fils et divers produits en maillechort.

*Une Société* spécialement créée pour l'emploi du bronze au manganèse. « *Parsons' patent* » avait réuni quelques échantillons des pièces nombreuses que l'on peut faire avec ce métal: coussinets, barres laminées ou étirées pour rivets, boulons, etc., plaques de navire, tubes étirés, spécimens de forgeage à chaud, etc. Les renseignements suivants étaient donnés sur les propriétés physiques du métal.

| LONGUEUR. | LIMITE D'ÉLASTICITÉ. | | RUPTURE. | | ALLONGEMENT % |
|---|---|---|---|---|---|
| | T par pouce anglais. | Kil. par millim. carré. | T par pouce anglais. | Kil. par millim. carré. | |
| En long . . . . . | 14,5 | 22,81 | 30,78 | 48,43 | 34,1 |
| En travers. . . . . | 16,7 | 26,28 | 30,10 | 47,37 | 28,8 |

Comme on le voit, les Anglais se préoccupent aussi de l'addition du manganèse dans le cuivre et ses alliages, ce qui a été signalé à deux reprises à propos des usines françaises.

*Une Société* « *Limited* » s'est également créée pour l'emploi du « phosphore bronze » dont on retrouvera en Belgique d'autres applications. La Société anglaise avait mis sous les yeux du public un assez grand nombre d'objets en faisant ressortir que ce métal se prête particulièrement bien à la fabrication d'engrenages, de coussinets, de pièces de machines ou d'armes; pour ces dernières on ajoutait que les pièces coulées en bronze phosphoreux peuvent être moulées d'une façon si exacte qu'on les utilise à peu près sans retouche. Le métal conviendrait aussi à la fabrication de tuyères, de bagues de piston, tubes, etc. Afin de mieux faire ressortir la valeur des pièces en bronze phosphoreux, la Société en avait exposé un certain nombre, retirées de service après quelques mois d'usage; témoins : un pignon employé à la manœuvre d'une grue levant 6 à 700 tonnes par semaine et exposé après 16 mois de travail, ce pignon pouvait encore servir, et il paraît que dans des circonstances semblables les pignons en fer que l'on avait l'habitude d'employer ne duraient guère que 3 à 4 mois; un coussinet de laminoir à rails avait de même été envoyé après 8 mois de service, nuit et jour; on faisait remarquer qu'il n'avait perdu que 30 millim., environ de son épaisseur, tandis que le bronze ordinaire ne dure pas même un mois (1).

Avant de passer aux Colonies anglaises, il ne reste plus guère qu'à citer les tuyaux en cuivre jaune et rouge de la maison *Broughton et Cie*, de Manchester, les quelques échantillons de minerais de cuivre pyriteux envoyés par des mines du Devonshire et à donner le résumé de la production anglaise en métaux pendant les années 1866 et 1875.

(1) Tous ces renseignements sont naturellement laissés sous la responsabilité de l'exposant qui les donne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| MÉTAUX. | 1866. | 1875. |
|---|---|---|
| Cuivre. . . . . | 11,153 tonnes | 4,069 tonnes |
| Plomb métallique. . . . . | 67,390 » | 58,667 » |
| Etain blanc. . . . . | 9,990 » | 8,500 » |
| Zinc. . . . . | 3,192 » | 6,641 » |
| Argent. . . . . | 636,000 onces | 483,000 onces |

**Colonies anglaises.** — Les Colonies anglaises et plus particulièrement l'Australie et le Canada avaient envoyé de nombreux échantillons des minerais qui abondent dans ces contrées; elles avaient donné quelques chiffres de production et, pour les métaux précieux, afin de laisser une impression plus saisissante de leur abondance, on avait établi dans le pavillon d'angle du bord de l'eau, d'immenses pyramides symboliques dont le volume représentait les quantités extraites jusqu'à ce jour.

Pour la province de *Victoria*, le bloc représentatif de la production en or de 1850 à 1877, correspondait au chiffre énorme de 5 milliards de francs. La *Nouvelle-Galles du Sud* avait atteint jusqu'en 1876, une somme moindre, mais déjà très-respectable, de 800,678,270 francs; à la base de la pyramide équivalente à cette somme, on avait groupé un grand nombre de lingots de cuivre; ce métal est en effet en même temps que l'or un des produits importants de la Colonie, la valeur de ce minerai extrait jusqu'en 1876 n'est pas moins de 39,450,000 francs. Le *Queusland* et *l'Australie du Sud*, de leur côté, possédaient leurs témoins de la production aurifère; le Queensland pour une valeur de 261,691,600 fr. (de 1868 à 1875), l'Australie du Sud pour 15,000,000, pendant la seule année de 1876.

Le *Canada* avait représenté tout l'or exploité dans ses diverses provinces jusqu'en 1877, dans un seul octaèdre de 290 pieds cubes de volume. La Colonie britanique y entrait pour 3,852,000 onces; la Nouvelle-Écosse, pour 271,000 onces; Quebec-Ontario et le Nord-Ouest pour 50,000 onces; soit un total de 4,173,000 onces pour une valeur de 333,840,000 fr. Sur ce même point, la Commission du Canada avait réuni divers échantillons de minerais de fer, de cuivre et surtout de fer chromé à 65 °/₀ d'acide chromique.

Quelques mots maintenant sur les expositions particulières de ces deux grandes colonies anglaises, l'Australie et le Canada, les seules où les richesses minérales offrent un réel intérêt.

**Australie.** — On sait combien l'Australie a pris d'importance dans ces trente dernières années; la population seule a progressé de 214,000 habitants à 2,000,000 environ. Cette prospérité rapide fut due principalement aux mines qu'on y a découvertes. L'Australie comprend aujourd'hui, six Colonies: Victoria, Nouvelle-Galles du Sud, Australie du Sud, Queensland, Tasmanie, Australie de l'Ouest. Pour en caractériser l'importance relative, voici la population indiquée en 1876 pour chacune d'elles: 830,679; 618,214; 218,060; 184,194; 104,573; 27,321. Total: 1,983,041 habitants. Il ne sera question ici que des colonies qui avaient organisé une exposition distincte.

La *Colonie Victoria* est la plus petite, mais la plus riche et la plus peuplée. L'exploitation minière est concentrée sur des gisements d'or, elle occupait encore plus de 40,000 ouvriers en 1876, ce nombre s'élevait à 70,944 en 1866. Ce n'est guère cependant que vers 1851 que l'on a commencé à rechercher le métal précieux dans cette province, mais les premiers résultats furent remarquables, ils attirèrent bientôt un nombre considérable d'émigrants; la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

production moyenne était de 2,345 fr. par homme, en 1873; elle atteignait 2,600 fr. en 1876. Dans cette même année 1876, la production annuelle a été :

| | | |
|---|---|---|
| Dans les alluvions. . . | 587,291 onces, soit environ. | 18,250 kil. |
| Dans les quartz. . . . | 346,933 | 10,800 |
| Totaux. . . . . | 934,224 | 29,050 |

En 1868, a été touché le maximum: 1,657,498 onces ou 51,500 kilog., et il a été dit plus haut que depuis 1851 jusqu'à 1877, le total de l'or extrait atteint 5 milliards de francs. Les exploitations les plus importantes sont dans les districts de Ballarat, de Beechworth, Sandhurst, Maryborough, et déjà, sur certains points, chose remarquable dans les mines d'or, la profondeur de quelques puits atteint 1,700 pieds comme à Magdala, et sur plusieurs autres points l'on est à 1,000 et 1,400 pieds.

Le travail du mineur porte soit sur des *terres* ou *sables d'alluvion*, soit sur *des quartz aurifères*. Dans le premier cas, on enlève simplement à la pelle, la couche supérieure du sol, à faible profondeur; on met le sable dans un baquet, ajoute de l'eau et agite; la partie formant une boue liquide est enlevée, mais avant de la rejeter définitivement on la triture encore avec de l'eau dans une longue caisse en bois dont le déversoir est garni d'une toile fine en métal. Le lavage des résidus se termine à la main dans un plat en fer-blanc au fond duquel reste l'or. *Pour les quartz* aurifères, on débute par un broyage aux bocards, sous un courant d'eau qui entraîne les parties légères. Celles-ci sont reçues sur une plate-forme inclinée, recouverte d'une étoffe grossière imprégnée de mercure qui amalgame au passage les parcelles d'or entraînées; les matières retenues soit au bocard, soit sur la table, sont traitées par le mercure dans une sorte de baquet; après, quoi filtrage de l'amalgame dans une peau de chamois et distillation dans une cornue où reste l'or métallique (1).

L'exposition de la Colonie comprenait une vitrine d'échantillons de pépites et divers minéraux, tels que: du sulfure d'antimoine, de la galène argentifère et des pyrites de cuivre faisant l'objet d'exploitation encore assez peu importante.

*La Colonie de la Nouvelle-Galles du Sud* est la première fondée sur le sol australien; l'industrie pastorale y tient encore la première place, comme importance, mais les produits des mines comptent déjà pour beaucoup dans la prospérité de la Colonie; aussi celle-ci avait-elle également envoyé de nombreux échantillons de ses minerais d'or, d'étain et de cuivre. Pour l'*or*, on a commencé les recherches en 1843 et on a eu à de certains moments des résultats vraiment fabuleux; à la mine de Krohmann, 136 tonnes de quartz donnèrent 24,079 onces, ce qui correspond à 177 onces, c'est-à-dire à 55,047 grammes d'or à la tonne, et au total à 2,340,000 fr. Sur un autre point, à la mine de Beyers et Holtermann, on a vu 115 tonnes de quartz, fournir 16,279 onces pour 1,580,850 francs. En somme, la superficie de la région aurifère de la Nouvelle-Galles du Sud est estimée à environ 21,000 kil., carrés sur une superficie totale de 84,171,860 hectares et la production totale de l'or, fin 1876, s'élevait à plus de 800 millions, l'année 1876 entrant pour 15,329,000 fr. Pour l'*étain*, la découverte des gisements ne date que d'environ 5 ans; on le trouva sous un dépôt de sables granitiques, mais malheureusement dans un pays manquant d'eau, de combustible et de moyen de transport, ce qui rendit le développement de ces exploitations très-difficile, bien qu'on estime à 10,000 kil., carrés la superficie des terrains où l'on peut exploiter l'étain; de 1872 à 1876 la valeur de l'étain extrait est estimée à 46,000,000 fr., la production seule de 1876 entre dans ce nombre pour 10,960,000 francs. Pour le

(1) Le lavage des sables aurifères se fait d'une façon beaucoup plus rapide et plus complète avec l'appareil de M. Bazin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*cuivre*, l'étendue approximative des régions où se trouve ce métal est évaluée à 5,311 kilom. carrés, et souvent les minerais de cuivre sont associés à ceux de l'or. L'épaisseur des filons varie de 1 à 5 pieds et la richesse du minerai de 7 à 20 %; malheureusement, les mines de cuivre sont également très-éloignées des voies de communication, aussi le produit total n'a-t-il même atteint que 39,155,800 fr., jusqu'à l'année 1876 qui compte elle-même pour 6,249,450 fr.

Les autres métaux, plomb et argent, antimoine et fer se trouvent également dans la Nouvelle-Galles du Sud, ainsi que sont venus en témoigner les produits exposés, mais l'exploitation en est jusqu'ici peu importante.

La *Colonie de Queensland* fut également l'objet de recherches ardentes visant les métaux précieux; l'or y fut rencontré sur des points nombreux dans la chaîne qui divise le pays de l'Est à l'Ouest. Les mines principales sont celles de Gympie, Talgai, Kilkivan, Palmer, etc.., on a pu évaluer approximativement par les achats des banques, que la production avait été en 1874 de 25,000,000, et en 1875, de près de 37,000,000 fr.; on ne se borne plus aujourd'hui à l'exploitation des alluvions, on attaque les veines quartzeuses et le produit, d'après la statistique de la Colonie, est comparativement élevé; il a atteint en 1873 une moyenne de 54 grammes par tonne. D'ailleurs, la colonie de Queensland avait envoyé un grand nombre d'échantillons géologiques et minéralogiques très-intéressants; on peut citer un ensemble de roches et de terrains d'alluvion fort bien préparé, une série de marbres et de pierres à bâtir très-complète, des pépites d'or avec les spécimens de roches qui les renferment et divers échantillons de mine de cuivre parmi lesquels de très-belles malachites; on y voyait également du cinabre et du mercure, de l'étain d'alluvion et quelques minerais d'antimoine et de plomb.

**Le Canada** avait pris une part fort active à l'Exposition bien que le nombre et l'importance des objets envoyés se fussent un peu ressentis de la distance énorme qu'il avait fallu franchir; en somme, grâce à la diversité des échantillons, le soin avec lequel ils avaient été groupés et les renseignements qui y étaient joints, il était facile de se rendre compte des richesses intéressantes de ce pays, autrefois français; après l'agriculture c'est principalement du côté des mines, seul point de vue du reste qui puisse trouver place ici, que le Canada tient un rang si important; on y trouve à la fois les gisements de fer et de combustible, le pétrole, le sel gemme, le gypse et le phosphate de chaux; une salle spéciale avait été réservée aux produits des mines et de la métallurgie.

Dans les collections des roches, minéraux et minerais, on a pu remarquer des minerais de fer nombreux : oxyde de fer, fer chromé, fer titanique, les sulfures et pyrites de cuivre, les galènes, les blendes, etc., et surtout les échantillons d'apatite (phosphate de chaux). La valeur des exportations des mines était en 1876 de 3,731,837 dollars et va croissant; les seules exportations de phosphate de chaux, qui ne commencèrent qu'en 1873 par 195 tonnes, étaient de 2,714 tonnes en 1876, et d'environ 7,000 tonnes en 1878; les dépôts de phosphate sur la rivière Ottawa, à portée des chemins de fer et de la navigation, sont peut-être les plus importants que l'on ait découvert jusqu'à ce jour dans le monde. L'or était également représenté dans cette collection minéralogique; on le rencontre surtout, dans la Colombie anglaise ainsi que dans la province de Québec et celle d'Ontario.

Dans la Colombie anglaise, la valeur de l'or extrait jusqu'à ce jour a été de 55,961,800 dollars, dont 1,608,182 dollars pour l'année 1877, ce qui correspond à une production de 820 dollars par mineur. Dans la Nouvelle-Écosse, depuis 1862, on a extrait 254,111 onces d'or, soit sur une valeur de plus de 4,000,000 de dollars; en 1877 on a atteint 16,822 onces. L'argent, le cuivre et le plomb ne sont pas aussi abondants; on pourrait citer cependant pour l'argent la mine de « Silver Islet » qui a produit, en 6 ans, pour environ 2,500,000 dollars.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ETATS-UNIS (1).

Les richesses minérales abondent aux États-Unis; le fer, le cuivre, le plomb, le mercure s'y rencontrent en quantité considérable; et les métaux précieux, l'or et l'argent ont été, pour plusieurs provinces, la cause première indiscutable de leur prospérité. Chacun se rappelle la fièvre d'or des premiers émigrants dans la Californie et, tout récemment, on a vu dans certaines exploitations de la province de Névada, au filon de Comstock, par exemple, une telle abondance d'argent, que la valeur de ce métal en était sérieusement atteinte. L'or et l'argent ont pris une place si grande dans la production métallifère des États-Unis, qu'il n'est pas sans intérêt de rappeler l'importance de cette production pour l'année 1877. Dans les principales provinces de l'Union, cette production a été la suivante:

| ÉTATS OU TERRITOIRE. | OR. | ARGENT. | TOTAL. |
|---|---|---|---|
| | dollars. | dollars. | dollars. |
| Californie | 15,237,726 | 2,936,987 | 18,174,713 |
| Nevada | 462,666 | 51,117,624 | 51,580,290 |
| Oregon | 1,191,997 | — | 1,191,997 |
| Washington | 92,226 | — | 92,226 |
| Idaho | 1,311,701 | 520,794 | 1,832,495 |
| Montana | 2,028,695 | 616,217 | 2,644,912 |
| Utah | 100,219 | 8,013,536 | 8,113,755 |
| Colorado | 3,147,277 | 4,762,272 | 7,909,549 |
| Nouveau Mexique | 81,680 | 297,330 | 379,010 |
| Arizona | 122,868 | 2,265,755 | 2,388,623 |
| Dakota | 1,500,000 | — | 1,500,000 |
| Mexico | 72,094 | 1,360,898 | 1,432,992 |
| British Columbia | 1,177,190 | — | 1,177,190 |
| | | | 98,417,752 |

Encore faut-il ajouter que ce nombre est un peu inférieur à la production de 1876. Pour compléter cette indication, voici la production de l'or et de l'argent résumée de 1860 à 1877.

| ANNÉES. | OR valeur en dollars. | ARGENT. valeur en dollars. | TOTAL valeur en dollars. | ANNÉES. | OR valeur en dollars. | ARGENT valeur en dollars. | TOTAL valeur en dollars. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1860 | 52,000,000 | 90,897 | 52,090,897 | 1869 | 47,000,000 | 16,000,000 | 63,000,000 |
| 1861 | 50,000,000 | 2,575,256 | 52,575,256 | 1870 | 48,000,000 | 18,000,000 | 66,000,000 |
| 1862 | 52,000,000 | 6,247,014 | 58,247,014 | 1871 | 42,357,000 | 24,246,000 | 66,603,000 |
| 1863 | 57,000,000 | 12,486,238 | 69,486,238 | 1872 | 42,688,103 | 27,548,811 | 70,236,914 |
| 1864 | 55,967,605 | 16,797,385 | 72,765,190 | 1873 | 41,500,000 | 38,500,000 | 80,000,000 |
| 1865 | 57,496,800 | 16,184,877 | 73,681,677 | 1874 | 49,150,000 | 40,250,000 | 89,400,000 |
| 1866 | 62,000,000 | 16,000,000 | 78,000,000 | 1875 | 50,750,000 | 46,500,000 | 97,250,000 |
| 1867 | 59,000,000 | 16,000,000 | 75,000,000 | 1876 | 53,100,000 | 48,000,000 | 101,100,000 |
| 1868 | 51,000,000 | 16,000,000 | 67,000,000 | 1877 | 50,700,000 | 47,300,000 | 98,417,752 |

Ainsi, dans l'espace de 17 ans, la production de l'argent qui était à peu près nulle, en 1869, s'est élevée rapidement à un chiffre comparable à celui de l'or;

(1) Voir t. IX, p. 228.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour ce dernier, au contraire, la production s'est maintenue à peu près constante. Parmi les mines les plus importantes on peut citer la mine California (Névada); la mine Consolidated Virginia (Nevada); la mine Eureka (Californie); la mine Idaho (Californie).

La *mine California* atteint déjà une profondeur d'environ 550 mètres; les résultats qu'elle donne en ce moment sont remarquables; on a extrait en 1877: 213,683 tonnes de minerai contenant :

| | | |
|---|---|---|
| Or pur . . . . . | 9,386,745 | dollars. |
| Argent . . . . . | 9,538,104 | — |
| TOTAL . . . . . | 18,934,101 | |

Ce résultat correspond à un produit de 88,5 dollars environ par tonne, quand l'extraction et le traitement ne coûtent ensemble que 25 $, 70 par tonne.

La *mine Consolidated Virginia*, qui est également aujourd'hui à une profondeur de 5 à 600 mètres, a donné des produits d'une grande richesse; en ne comptant que depuis la découverte de la Great Bonanza, en 1877, on a extrait et traité environ 144,000 tonnes minerai et obtenu pour plus de 13,700,000 dollars de métaux précieux, soit près de 96 dollars par tonne, contre des dépenses de 27, $ 89 par tonne pour l'extraction et le traitement.

D'ailleurs, depuis l'année 1873, la production a été la suivante :

| ANNÉES. | OR | | ARGENT. | | VALEUR TOTALE en dollars. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Valeur en dollars. | Pour 100. | Valeur en dollars. | Pour 100. | |
| 1873 | 314,288 | 48,69 | 339,293 | 51,31 | 645,581 |
| 1874 | 2,063,438 | 41,42 | 2,918,045 | 58,58 | 4,981,483 |
| 1875 | 7,035,206 | 42,09 | 9,682,188 | 57,91 | 16,717,394 |
| 1876 | 7,378,145 | 44,30 | 9,279,504 | 55,70 | 16,657,649 |
| 1877 | 6,270,518 | 45,66 | 7,463,500 | 54,34 | 13,734,018 |
| | 23,061,595 | 43,73 | 29,682,530 | 56,27 | 52,736,125 |

La *mine Eureka* date de 1858 et a été arrêtée en 1877, par suite d'épuisement du filon dans les limites de la concession (548m, en direction); pendant ces 10 dernières années d'exploitation, cette mine a fourni 4,600,000 dollars d'or pour un prix d'achat s'élevant à 400,000 dollars, et donné environ 53 %, du capital comme revenu annuel.

La *mine Idaho*, prolongement de la précédente a extrait, en 1877, 29,250 tonnes de minerai qui ont produit en or pour une valeur de 525,435 dollars, soit près de 18 dollars par tonne, contre 8 dollars 91 de frais d'extraction et de traitement; de 1869 à 1877, on a distribué comme dividendes 782 % du capital versé (1).

Certes, ces résultats sont très-beaux et il était nécessaire d'en dire quelques mots en passant pour caractériser les richesses minérales des États-Unis dont on a tant parlé depuis quelques années; il est certain que, lorsque les exploitations ont été fructueuses, les bénéfices ont été énormes, à ce point qu'on peut dire *qu'en moyenne* les résultats obtenus par l'industrie minière dans le Névada ont été assez satisfaisants, mais il faut bien dire également qu'il n'en a pas été toujours

(1) Renseignements fournis par le *Scientific Press* de San Francisco.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi, à beaucoup près, on estime en effet que les neuf dixièmes des exploitants ont échoué et il est probable que, si l'on n'était pas tombé, en 1873, sur les riches dépôts des mines California et Consolidated Virginia, on aurait eu presque partout d'assez fortes déceptions.

L'*importance des minerais de plomb* est relativement moindre; les états et territoires de l'ouest du Missouri qui en fournissent la majeure partie, ont fourni les résultats suivants depuis 1870:

| ANNÉES. | PLOMB valeur en dollars. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|
| 1870 | 1,080,000 | Le Missouri et l'Illinois produisent environ pour 1,500,000 dollars, ce qui donnerait un total de 6,585,000 dollars pour 1877. Soit un tonnage approximatif de 73,000 tonnes. |
| 1871 | 2,100,000 | |
| 1872 | 2,250,000 | |
| 1873 | 3,450,000 | |
| 1874 | 3,800,000 | |
| 1875 | 5,100,000 | |
| 1876 | 5,040,000 | |
| 1877 | 5,085,000 | |

*Le mercure* se rencontre également en grande abondance aux États-Unis et c'est dans la Californie, c'est-à-dire à la portée des exploitants des mines d'or et d'argent, que se trouvent les plus importants gisements. La découverte du mercure en Californie devança, paraît-il, de beaucoup celle de l'or; néanmoins ce n'est guère que de 1845 que date l'exploitation régulière de ces minerais. Depuis cette époque, la production s'est rapidement élevée, comme l'indique le tableau suivant (1), et la Californie est arrivée à produire annuellement 2,800 tonnes de mercure, c'est-à-dire, à elle seule, près des deux tiers de la production totale du monde entier.

| ANNÉES. | BOUTEILLES de 34,69 kilogr. | ANNÉES. | BOUTEILLES de 34,69 kilogr. | ANNÉES. | BOUTEILLES de 34,69 kilogr. | ANNÉES. | BOUTEILLES de 34,69 kilogr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1850 | 25,424 | 1857 | 28,000 | 1864 | 47,489 | 1871 | 31,881 |
| 1851 | 24,000 | 1858 | 31,000 | 1865 | 53,000 | 1872 | 30,306 |
| 1852 | 20,000 | 1859 | 12,000 | 1866 | 46,550 | 1873 | 28,600 |
| 1853 | 19,000 | 1860 | 10,000 | 1867 | 37,000 | 1874 | 34,254 |
| 1854 | 27,000 | 1861 | 35,000 | 1868 | 37,000 | 1875 | 50,236 |
| 1855 | 33,000 | 1862 | 42,000 | 1869 | 33,713 | 1876 | 75,074 |
| 1856 | 30,000 | 1863 | 40,531 | 1870 | 29,546 | 1877 | 80,368 |
| | | | | | | TOTAL. . . . . | 991,972 |
| | | | | | | Soit. . . . . | 34,411,508 kilogr. |

A côté des échantillons nombreux de cinabre que la Commission *of the Pacific Coast Exhibition* avait réunis dans l'annexe américaine, une note spéciale indiquait la production respective des diverses mines dans l'année 1877; le *Mémoire* de M. G. Rolland, dans les *Annales des mines* (t. XIV, 7e série), fournit en plus les quantités extraites en 1876, voici les renseignements relevés à la fois à ces deux sources:

(1) Mémoire sur les gisements de mercure en Californie, par M. G. Rolland, *Annales des mines*, 7e série, t. XIV.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| MINES. | 1876 Bouteilles de 34,69 kilogr. | 1877 Bouteilles de 34,69 kilogr. |
|---|---|---|
| New Almaden | 20,631 | 24,079 |
| Sulphur Bank | 8,732 | 11,303 |
| Redington | 9,183 | 9,400 |
| New Idria | 7,272 | 6,560 |
| Guadalupe | 7,381 | 6,241 |
| Great Western | 4,495 | 5,875 |
| Oceanic | 2,416 | 2,628 |
| Napa consolidated | 582 | 2,366 |
| Saint-John | 2,085 | 2,000 |
| California | 1,184 | 1,490 |
| Altoona | 2,000 | 1,417 |
| Oakland | 2,150 | 1,395 |
| Cloverdale | 1,028 | 1,300 |
| Sunderland | 1,570 | 1,200 |
| Abbott | 1,436 | 836 |
| Great Eastern and Jackson | ? | 505 |
| Buckeye | 407 | 466 |
| Manhattan | 976 | 457 |
| Phœnix | 300 | 250 |
| Wall street | 1,246 | 100 |
| Autres mines | | 500 |
| TOTAL | 74,974 ou 2,600,154 kilogr. | 80.368 · ou 2,787,966 kilogr. |

Parmi ces mines, quelques mots sur les deux plus importantes:

La *mine de New Almaden* est la première qui fut exploitée ; c'est également celle qui a toujours eu la plus forte production ; ouverte en 1845 elle commença à atteindre une sérieuse importance à partir de 1850. Elle fut même plus productive qu'aujourd'hui ; ainsi, en 1863, elle a fourni 47,194 bouteilles, soit 1,637,160 kilog., ce qui est plus que n'a jamais produit la mine d'Almaden en Espagne (1) ; cette mine parut ensuite s'épuiser, elle ne donna guère en 1874 que 9,084 bouteilles ; puis, de nouvelles recherches ayant abouti, la production se releva sensiblement pour atteindre comme on l'a vu, 24,079 bouteilles en 1877, soit 835,300 kilog.; au total, New Almaden a produit, de 1850 à 1877, la quantité énorme de 22,239,405 kilog., avec une richesse moyenne des minerais, comprise entre 3,33 % en 1875 et 4,60 % en 1876.

La *mine de Sulphur Bank* est, après celle de New-Almaden, la plus intéressante des exploitations de mercure en Californie. Le tableau résumé plus haut, montre que c'est aussi la seconde comme importance de production. Elle fut ouverte seulement en 1874 ; depuis lors, la quantité de mercure qu'elle a produite s'éleva avec une rapidité incroyable ; elle donnait en 1875, 5,801 bouteilles; en 1876, 8,732 ; en 1877, 11,303, progression qui semble promettre des résultats encore plus remarquables, et cependant la richesse moyenne des minerais n'est que de 1,75 % ; seulement l'extraction se fait à ciel ouvert, le minerai est facile à abattre et ne demande qu'un criblage sommaire sur place ; le prix de revient du minerai n'est que de 5 francs la tonne rendue à l'usine.

Pour donner une idée de toutes leurs richesses minérales, les États-Unis d'Amérique avaient réuni dans une collection d'ensemble et groupé par province, un grand nombre d'échantillons de minéralogie et de géologie. La province d'*Arizona* avait envoyé, par exemple, des types de minerais plombeux, quelques

(1) Almaden en Espagne, n'a guère dépassé annuellement 32,000 bouteilles, soit 1.110,080 kilog.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

blendes et des cuivres carbonatés et silicatés. Pour la province de *Névada*, étaient exposés de nombreux et très-intéressants échantillons du filon de Comstock provenant des mines de la C^ie^ Justice ou de la C^ie^ de la Virginia, des roches serpentineuses avec veines abondantes de spathique et de quartz blanc laiteux ou cristallisé, des pyrites de cuivre, de l'or natif, de l'argent sulfuré et natif, etc. Enfin, comme provenant de la Californie, il reste à citer encore de très-beaux morceaux de cinabre et des sulfures d'argent.

## SUÈDE (1).

La Suède avait pris une part active à l'Exposition de 1878, et bien que l'industrie du fer y tint naturellement la première place pour les produits envoyés, la métallurgie des autres métaux était aussi représentée d'une façon assez intéressante; mais, pour bien faire apprécier l'importance exacte de ces derniers dans la production du pays, importance d'ailleurs assez faible, il est nécessaire de donner d'abord quelques indications statistiques.

Après le fer, le métal le plus abondant est le cuivre, la quantité extraite en 1876 s'est élevée à 659,390 quintaux; les mines les plus importantes sont celles de Falun (Dalécarlie) et d'Atvidaberg (Ostrogothie). Le minerai est surtout composé de chalcopyrite, rarement de cuivre panaché et de cuivre sulfuré. La chalcopyrite s'exploite à Falun, Atvidaberg, Nya Kopparberget (Vest Manland), Virum (Smaland), Husa (sur l'Areskutan en Jemtland) et sur beaucoup d'autres points; la Laponie possède le gisement de Svappavara. En 1876, la production totale en cuivre s'est élevée à 21,202 quintaux (soit 901 tonnes) et 6,735 quintaux de sulfate de cuivre (286 tonnes). La production du cuivre a subi une diminution sensible dans le courant de ces dernières années; le maximum fut atteint en 1869 avec 51,774 quintaux; sur ces tonnages la majeure partie est exportée; 17,300 quintaux ont été vendus au dehors en 1876.

Les autres productions minérales de la Suède sont très-faibles. On signale quelques gisements de *plomb argentifère* comme ceux de Sala, Guldsmedshyttan, Falun, Ostersilfberg, Vestersilfberg, etc., dont la galène contiendrait il est vrai, près de 1 % d'argent; la principale usine est celle de Sala dont l'origine remonte à un grand nombre d'années, mais dont la production est extrêmement restreinte puisqu'elle n'a guère atteint que 798 kilog., d'argent en 1876; pour le plomb, la production totale de la Suède n'a été en 1876 que 7 à 8,000 quintaux (2).

Il y avait aussi autrefois une certaine activité dans la métallurgie du *nickel*, dont le pays renferme plusieurs gisements; mais les changements survenus dans la métallurgie du nickel, par suite de l'emploi des nouveaux minerais calédoniens, sont venus détruire en grande partie cette industrie en Suède. Les principales usines du nickel étaient celles de Klefra dans le gouvernement de Jonkoping (Smaland) et de Sagmyra, en Dalécarlie. Ces usines traitent des pyrites magnétiques nickelifères, généralement très-pauvres, elles fabriquent un alliage de nickel plus ou moins riche en cuivre; la production en 1876, s'est élevée à 790 quintaux de speiss de nickel, à 1,035 quintaux de matte concentrée et à 220 quintaux de nickel.

Le *minerai de cobalt* n'est plus exploité qu'à Tunaberg, (Sudermanie), Vehna (gouvernement d'Orebro) et Gladhammar (gouvernement de Kalmar); la pro-

(1) Voir t. IX.
(2) Le quintal suédois est de 42^k^,5.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

duction est insignifiante, elle a été en 1876 de 2,369 quintaux de minerai brut et 419 kilog. de minerai enrichi.

Le *minerai de zinc* est plus abondant; on rencontre en Suède plusieurs gisements de blende, dont le plus important est celui d'Ammeberg, appartenant à la Vieille-Montagne; l'exploitation d'Ammeberg a été beaucoup développée dans ces dernières années; elle était de 30,000 quintaux en 1860, et depuis 1865 elle atteint en moyenne 600,000 à 700,000 quintaux, soit près de 30,000 tonnes par an. On extrait également de la blende dans les gouvernements de Kopparberg et d'Orebro; au total, on a extrait en 1876, 835,692 quintaux, soit plus de 35,000 tonnes; la totalité est exportée, en général, après grillage.

L'exposition métallurgique suédoise, se ressentant de l'importance toute particulière que la fabrication du fer possède dans ce pays, les autres métaux n'étaient représentés que par des échantillons minerais (plomb, cuivre, nickel et cobalt) et quelques objets fabriqués, (tôles, tubes, tissus et autres produits métalliques).

Les *mines de Gladhammar* (gouvernement de Kalmar) avaient simplement envoyé des types de minerais riches, (cobalt sulfuré et gris, contenant du nickel; pyrites de cuivre) et des morceaux de mattes, le tout sans indication d'analyse. D'ailleurs, l'importance de ces mines est très-faible; l'extraction n'a été en 1876 que de 1,042 tonnes de minerai pauvre et 287 tonnes de minerai riche pour l'exportation, c'est-à-dire à 10 % environ de cobalt. Un fait assez caractéristique, c'est qu'on a successivement exploité ces mines, pour fer, cuivre et cobalt; ce sont des minerais de cobalt que l'on extrait presque exclusivement aujourd'hui; les plus riches sont exportés, les autres sont traités sur place pour mattes.

Les *mines de Kafveltorp* avaient exposé leurs minerais (cuivre, plomb et zinc) et quelques métaux bruts.

*L'administration des mines de Falun* avait fait établir une pyramide avec des saumons de cuivre et d'autres échantillons de produits divers (ocre rouge, sulfate de cuivre ou de fer, soufre, etc). Ces mines sont parmi les plus importantes de la Suède; il y a une dizaine d'années, on leur adjoignit une usine pour le traitement par voie de fusion des minerais pauvres; mais la perte de cuivre étant considérable, on passa au traitement par voie humide. On procède aujourd'hui par chloruration du cuivre et précipitation par le fer, tandis qu'à Atvidaberg, au contraire, on a conservé l'ancienne méthode procédant par fusions pour mattes et grillages en vue d'aboutir à du cuivre brut que l'on affine; on exploite également à Falun, une grande quantité de pyrite de fer qu'on emploie à la fabrication de l'acide sulfurique.

Enfin, il reste à citer la plus importante des expositions de produits fabriqués, celle de l'usine de *Skultuna*, gouvernement de Vesteras; cette usine a déjà reçu un développement assez grand; elle occupe environ 140 ouvriers et emploie une force motrice de plus de 330 chevaux; elle fait le laminage, l'emboutissage et l'étirage du cuivre et du laiton; en 1876 elle a produit tant en cuivre qu'en laiton, environ 190 tonnes de feuilles laminées et 140 tonnes de tubes, sans compter plus de 150 tonnes de produits divers (métal pour le doublage des navires, pour la fabrication des cartouches, etc.) La plus grande partie de ces produits est exportée en Norwège et en Finlande.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## NORWÈGE (1).

La Norwège est loin d'être aussi abondamment pourvue en métaux que la Suède, sa voisine; néanmoins, on peut citer les côtes de Nedenœs et de Bamble comme pourvus d'importants gisements de fers magnétiques et oxydulés en même temps que de filons métalliques d'une grande richesse, comme les mines de *Kongsberg* pour l'argent et de *Roraas* pour le cuivre.

Les *mines de Kongsberg* ont une renommée universelle pour la teneur exceptionnelle de leurs minerais en argent natif et sulfuré, et cependant leur exploitation ne fut pas toujours productive. C'est en 1623 que l'on commença à les attaquer; le travail se développa successivement, au point que 3 à 4,000 ouvriers y furent occupés à certaines époques et le district entier, c'est-à-dire environ 430 kilom. carrés, fut l'objet des recherches les plus actives. Mais vers 1770, les résultats devinrent négatifs et en 1805 l'État fit arrêter les travaux. La production totale de 1623 à 1805 avait été de 561,150 kilogr., d'argent fin.

L'exploitation fut reprise en 1816, mais avec moins de développement; elle reste encore limitée aux mines de l'Averberg : Armen, Kongens, Gottes Hülfe, Hus-Sachsen; elle occupe environ 400 ouvriers aujourd'hui.

L'administration des mines avait exposé diverses cartes: l'une d'elles, la plus grande, donnait la coupe transversale de ces mines, coupe Nord-Sud, le long de la fahlbande, en suivant les galeries Frédéric et Christian VII, sur 7 à 8,000 mètres, on compte 24 attaques au jour et, sur quelques points, les travaux souterrains sont déjà considérables et atteignent d'assez grandes profondeurs; Armen, 575 mètres; Kongens, 570 mètres; Gottes Hülfe, 455 mètres; Hus-Sachsen, 275 mètres.

L'extraction et l'épuisement des mines se fait à l'aide de deux machines à colonne d'eau, 1 turbine et 3 roues hydrauliques; une nouvelle machine à colonne d'eau est en préparation pour l'épuisement et la mise en mouvement de Fahrkuns. D'ailleurs l'extraction est assez simple, les galeries Frédéric et Christian aboutissent au jour, on n'a qu'à gagner dans la mine, la différence de niveau existant entre les travaux et ces galeries. La préparation mécanique des minerais provenant du triage se fait dans deux ateliers situés à la sortie de la mine.

L'exposition du Kongsberg comprenait un certain nombre d'échantillons géologiques et minéralogiques; on y trouvait, par exemple, les roches encaissantes (sortes de schistes nuancés plus ou moins amphiboliques et gneiss) et les roches environnantes (Gabbro à l'Est de Kongsberg, granit ancien à l'Ouest avec diabaz plus ou moins porphyroïde), puis enfin les échantillons types du filon lui-même, parmi lesquels quelques-uns renfermaient de très-beaux morceaux d'argent natif au milieu de calcite (2).

On avait envoyé quelques produits intermédiaires de la préparation mécanique : 4 échantillons de schlichs avec les teneurs en argent de 1 à 1,25 %, de 0,5 à 0,12 %, de 0,5 à 0,6 %, de 0,25 à 0,40 %, enfin de l'argent natif à 90 %, qui peut être raffiné en une seule opération au four à réverbère et donner un métal titrant 998 à 999. Les produits intermédiaires de l'usine comprenaient des mattes brutes avec 0,25 à 0,32 % d'argent, des scories pauvres à 0,006 ou

(1) Voir t. IX.

(2) En 1832, on a fait sauter d'un seul coup de mine un gros bloc d'argent sulfuré et natif de 500 kil., (mine du Roi *Kongens*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

0,004 % d'argent et 50 % de silice, des mattes plombeuses à 1,50 ou 2,00 % d'argent; des scories riches à 0,03 à 0,04 % d'argent et 35 % de silice; du plomb d'œuvre à 10 ou 15 % d'argent; de la litharge dont la teneur variait de 0,05 à 0,15 % d'argent, des mattes de cuivre dont on avait éliminé l'argent et renfermant 0,012 à 0,016 d'argent. Enfin, l'administration du Kongsberg avait expédié des saumons d'argent et de cuivre; de l'argent granulé à 1,498 d'argent sur 1,500; et chose assez curieuse du mercure provenant de l'argent natif, où il se trouve dans la proportion de 0,004 % au maximum.

Comme il a été dit plus haut, le début de l'exploitation des mines du Kongsberg remonte à 1623; abandonnée en 1805, elle fut reprise en 1816, d'abord sans succès, et de 1827 à 1830, l'État qui en était propriétaire chercha à les vendre; à partir de cette époque les résultats financiers redevinrent brusquement satisfaisants; on produisit en moyenne, 5,000 kil. d'argent par année et, de 1831 à 1870 on retira un bénéfice de 28 millions de francs.

D'après un tableau exposé, le maximum d'argent obtenu fut en 1833 de 10,000 kil., et en 1848 de 9,500, la plus faible production est celle de 1864 pour 3,250 kilogr.; d'ailleurs, de 1865 à 1877, voici les résultats obtenus:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1865 | 3,875 kil. | 1872 | 3,950 kil. |
| 1866 | 3,700 | 1873 | 3,750 |
| 1867 | 3,725 | 1874 | 3,575 |
| 1868 | 3,925 | 1875 | 3,575 |
| 1869 | 3,850 | 1876 | 4,250 |
| 1870 | 3,800 | 1877 | 4,750 |
| 1871 | 3,650 | | |

Comme *mine d'argent* on pourrait encore citer celle de Vinoren, mais son importance est infiniment moindre; elle est exploitée depuis une vingtaine d'années, et elle ne donne que 150 kilog., d'argent par an.

Les *mines de cuivre* sont peu nombreuses; on n'a guère à signaler que deux ou trois noms; les mines de *Roraas*, datant de 1845, qui avaient pris part à l'Exposition en envoyant quelques échantillons de pyrite et de produits métallurgiques, malheureusement sans indication de teneur. La *Société d'Ockedals* qui avait également exposé divers produits des mines et des usines, savoir :

Comme produits des mines, des pyrites contenant 18,3 % de cuivre et 43,27 % de soufre; 6,7 % de cuivre et 49,53 % de soufre; 2,16 % de cuivre et 48 % de soufre et du cuivre natif, ainsi que des échantillons de roches encaissantes et divers produits métallurgiques; comme produits des usines, des mattes brutes, avec 0,25 à 0,32 % d'argent; des scories riches avec 0,03 à 0,04 % d'argent et 35 % de silice; des mattes de plomb avec 1,5 à 2 % d'argent; des mattes de cuivre avec 1 à 0,015 % d'argent; des scories pauvres avec 0,003 à 0,004 % d'argent et 50 % de silice. Mais aucun autre renseignement n'était joint pour donner une idée du travail des usines.

Enfin, on peut citer encore les *mines de cuivre d'Alten* dans le Finmarck, exploitées très-activement par les Anglais de 1830 à 1840 et beaucoup moins productives aujourd'hui. Une bonne partie de ces minerais va à l'étranger; on estime que l'exportation annuelle correspond à un tonnage de 660 tonnes de cuivre métallique. La production totale de 1861 à 1870 a atteint par an, 1,370 tonnes de cuivre pour 31,000 tonnes, contenant par conséquent 4,4 % de cuivre; de 1871 à 1875 on a produit davantage, soit environ pour 1,650 tonnes de cuivre.

La production en *pyrite de fer* est assez importante; elle a été de 13,900 tonnes en moyenne de 1861 à 1865 et de 70,500 tonnes en 1867; elle a atteint 90,000 tonnes de 1866 à 1870; elle diminua ensuite et se tint à 72,000 tonnes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

environ en 1875 ; plus des quatre cinquièmes de cette production sont exportés, le reste sert à la fabrication d'acide sulfurique dans le pays.

Le *nickel et le cobalt* formaient une des branches les plus importantes de la production métallurgique de la Norwège. Le *cobalt* était surtout extrait à Modum et à Snarum, l'exploitation minière remonte très-loin (1778) ; de 1836 à 1845, la moyenne de l'exportation fut de 105 tonnes de bleu thénard. Après diverses alternatives elle s'était arrêtée à 60 tonnes environ, de 1871 à 1875. Le *nickel* est abondant en Norwège, mais disséminé dans des minerais relativement pauvres ; la mine la plus ancienne est celle d'Espedal, située au milieu des hautes montagnes de Sondre-Gudbrandsdal (1846) ; elle fut d'abord exploitée par une C^ie^ anglaise, puis abandonnée en 1857 ; peu après on ouvrit les mines de Ringerike et de Bamble, près de Skien.

Les *mines de Ringerike* à Modum remontent à 1849 ; elles furent assez importantes, mais elles subissent comme toutes les mines de nickel, le contre-coup de la baisse actuelle du nickel. En 1877, elles donnèrent 120,000 kilog., de produits marchands, contenant 92,500 kilog. de cobalt et nickel. On avait exploité dans cette même année sur le pied d'une extraction de 4,200,000 kil. de minerais d'une richesse moyenne de 13 % de nickel. Les mines de Ringerike avaient exposé une série d'échantillons de minerais et divers produits du travail métallurgique ; le tableau ci-après réunit les renseignements fournis par la mine sur la composition des minerais.

| MATIÈRES. | COBALT. | NICKEL. | CUIVRE. |
|---|---|---|---|
| Pyrites magnétiques nikéli-fères. . . . . | 0,59<br>0,78 | 2,12<br>2,28 | 0,40<br>0,49 |
| Pyrites de cuivre nikéli-fères. . . . . | 0,07 | 0,42 | 33,24 |

A ces minerais étaient joints quelques échantillons des roches encaissantes, quartzites et gabbro.

D'autre part, les scories et mattes exposées, avaient les teneurs suivantes qui résument assez bien les opérations métallurgiques.

| MATIÈRES. | COBALT. | NICKEL. | FER. | SILICE. | CUIVRE. | SOUFRE. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Scorie de 1re fusion . . . . . | » | 0,07 | 40,05 | 48,15 | » | » |
| Matte de 1re fusion . . . . . | 0,30 | 4,97 | 59,05 | 1,53 | 3,15 | 31 |
| Grillage des mattes . . . . . | » | » | » | » | » | » |
| Scorie de 2e fusion. . . . . | » | 0,48 | 46,93 | 38,57 | » | » |
| Matte de 2e fusion. . . . . | 0,70 | 16,15 | 42,28 | 4,63 | 13,62 | 22 |
| Grillage des mattes. . . . . | » | » | » | » | » | » |
| Scorie de 3e fusion. . . . . | » | 2,75 | 61,45 | 16,42 | 0,88 | » |
| Matte de 3e fusion. . . . . | 1,90<br>1,85 | 44,28<br>47,54 | 7,35<br>11,31 | » | 22,53<br>20,20 | 24<br>19,3 |

Les mines de *Bamble* près de Skien avaient également exposées quelques échantillons de mattes et de scories en donnant les chiffres suivant sur leur teneur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| MATIÈRES. | NICKEL et COBALT. | CUIVRE. | FER. | SOUFRE. | SILICE. | ALUMINE. | CHAUX. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Matte de 1re fusion . . . . | 4,88 | » | » | » | » | » | » |
| Scorie de 2e fusion . . . . | 1,18 | 1,52 | 58,59 | » | 28,25 | 0,5 | 1,99 |
| Matte de 2e fusion. . . . . | 15,92 | 5,3 | » | » | » | » | » |
| Matte de 3e fusion. . . . . | 57,82 | 25,61 | 0,82 | 15,84 | » | » | » |

Ces mines sont exploitées depuis 1867, et occupaient 129 ouvriers en 1877; la production a été en 1876 de 32,500 kil., d'un alliage de nickel contenant 67,36 % de nickel et 30 % environ de cuivre.

La production du nickel en Norwége est sensiblement supérieure à celle du cobalt; de 1861 à 1865 on a produit 3,340 tonnes de minerai en moyenne par année; en 1865, on a atteint 5,200 tonnes avec 14 mines en exploitation. Depuis lors, la production n'a été que de 4,560 tonnes, mais depuis 1871 elle a été d'environ 18,580 tonnes, et s'est même élevée en 1873 à son maximum de 34,550 tonnes. La plus grande partie a été exportée, et la Norwège a fourni longtemps plus du tiers de la production totale de ce métal; malheureusement, les nouvelles découvertes de minerai de nickel dans la Nouvelle-Calédonie ont renversé cette situation; le bas prix qui en est résulté pour la vente du métal a donné un coup fatal à l'exploitation des mines norwégiennes comme à celle des mines suédoises.

Les *mines de zinc et de plomb* sont aujourd'hui à peu près abandonnées; on commença à extraire ces métaux vers l'année 1867, et, de 1867 à 1870, on produisit environ 14,800 tonnes de minerais; mais de 1871 à 1875, la production descendit à 600 tonnes.

## AUTRICHE-HONGRIE (1).

La monarchie Austro-Hongroise possède des richesses minérales très-importantes, et elle avait envoyé à l'Exposition des spécimens nombreux de ses produits métallurgiques ou miniers. Ceux-ci avaient été groupés au Champ-de-Mars sur deux points différents, car chacun des deux états avait mis un soin jaloux à avoir son exposition distincte; ce résumé suivra l'ordre de groupement adopté, en commençant d'abord par l'Autriche, dont l'importance, sous tous les points de vue, est la plus grande.

### Autriche.

Les produits des mines et de la métallurgie avaient été réunis, à l'exposition, de 1878, dans une annexe longeant l'avenue Suffren; on y rencontrait tout d'abord les nombreux et intéressants envois du Ministère de l'Agriculture pour les mines ou usines appartenant à l'Etat.

**Ministère de l'Agriculture.** — Sous ce titre on avait réuni les expositions individuelles des établissements suivants : Mine et usine de Przibram (Bohême); mine et usine de Joachimsthal (Bohême); mine et usine d'Idria (Carniole); mine du Schneeberg (Tyrol); mines et usines de la Bukowine.

Voici quelques détails sur chacun de ces établissements, en même temps que sur les échantillons de leurs produits :

1° *Mine et usine de Przibram.* — C'est au XVIe siècle au moins, que l'on fait remonter le début de ces importantes exploitations; mais, ce n'est guère qu'à la fin du XVIIIe siècle, lorsque la plupart des mines devinrent la propriété de

(1) Voir t. IX, p. 103 et 344.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'Etat, que commencèrent les grands travaux qui devaient en assurer la prospérité; c'est alors par exemple que fut créée la grande galerie d'écoulement, Joseph II, qui date de 1739, et qui compte aujourd'hui 21,906 mètres. Dans la suite on adjoignit de vastes ateliers de préparation mécanique et de lavage, ainsi qu'une usine métallurgique pour le traitement des minerais.

La puissance des filons exploités est très-variable; elle atteint quelquefois 6 mèt. et au-delà, ou se tient à quelques centimètres seulement sur d'autres points; le remplissage métallique est formé de galène plus ou moins argentifère, de blende pauvre en argent, de fer carbonaté et de la plupart des minerais d'argent, sauf l'argent sulfuré et l'argent natif qui ne se rencontrent que rarement. L'exploitation a pris un développement énorme, elle descend déjà à de très-grandes profondeurs; ainsi les travaux dépendant du puits *Adalbert* sont à plus de 1.000 mètres, et comptent 30 étages.

La production annuelle arrive en moyenne à 4,000 tonnes de minerais de triage, 60,000 tonnes à bocarder, 95,000 tonnes à laver, et 1,000 tonnes de mélange. Le travail des ateliers de préparation mécanique est donc considérable; sa production s'élève à 5,800 tonnes de minerais de plomb à fondre, 600 tonnes de blende, 90 tonnes de fer spathique.

Les mines et les ateliers mécaniques comprennent entre autres :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 14 machines à vapeur | pour | l'extraction | d'un | ensemble de | 1,007 chevaux. |
| 8 machines d'épuisement | — | — | — | 410 | — |
| Diverses machines hydrauliques | — | — | — | 274 | — |
| 12 machines à vapeur de service | — | — | — | 162 | — |

L'usine est outillée pour produire annuellement 25,000 kil. d'argent fin, 4,000 tonnes de plomb et litharge; son outillage comprend en particulier : 8 fourneaux longs pour le grillage, ayant 14 portes de travail et 2 chauffes, et produisant le grillage de 100 kilogrammes de minerais en 6 heures, ce minerai étant ramené à 1 % de soufre; 2 hauts-fourneaux isolés à 7 et 6 tuyères, à chemise de fer et gueulard fermé, munis d'appareils pour le chauffage de l'air; 1 haut-fourneau à 4 tuyères et gueulard ouvert. Pour souffler ces fours : 2 machines à vapeur de 40 à 80 chevaux.

Parmi les autres accessoires on peut encore signaler : 4 petits fourneaux de coupelle, chauffés à la houille; 2 grands fourneaux de coupelle, dont l'un fonctionne à la houille et l'autre au gaz; 2 fours à réverbère, au bois, pour le raffinage de l'argent de coupelle; 1 fourneau à manche pour la réduction de la litharge; 3 appareils de patinsonnage; enfin, une fabrique de blanc de zinc.

Dans les mines et usines, on occupe environ 4,900 ouvriers dont 3,500 dans la mine, 100 dans les ateliers de préparation mécanique, etc., et 400 dans l'usine. Voici, pour clore cette description succincte des mines et usines de Prizbram, quels ont été les résultats des dix dernières années :

| ANNÉES. | PRODUCTION DE L'USINE. | | | BÉNÉFICE net. |
|---|---|---|---|---|
| | Argent fin. | Litharge. | Plomb. | |
| | kilogr. | kilogr. | kilogr. | florins. |
| 1868 | 14,464 | 1,768,772 | 233,675 | 641,618 |
| 1869 | 14,677 | 1,630,148 | 318,577 | 700,883 |
| 1870 | 15,390 | 797,410 | 1,065,978 | 757,203 |
| 1871 | 16,274 | 1,627,956 | 500,990 | 634,429 |
| 1872 | 16,823 | 1,607,263 | 641,194 | 495,527 |
| 1873 | 18,053 | 1,904,302 | 939,464 | 693,445 |
| 1874 | 20,351 | 2,333,926 | 1,054,330 | 683,761 |
| 1875 | 22,856 | 2,846,116 | 967,670 | 774,727 |
| 1876 | 23,749 | 2,868,638 | 962,119 | 981,001 |
| 1877 | 27,014 | 3,466,306 | 1,292,125 | 1,288,721 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'administration s'était principalement appliquée à envoyer des échantillons caractéristiques des minerais; c'étaient d'abord les *minerais bruts* : 2 morceaux types du filon principal *Adalbert :* l'un pris vers la partie la plus riche, l'autre vers le mur du filon; des minerais de scheidage en général à 0,45 % d'argent et 65 % de plomb; des minerais intermédiaires à concasser, des minerais pauvres à bocarder ou à broyer fins; c'étaient ensuite les *produits intermédiaires* ou finis de la préparation mécanique; et enfin les produits de la *fonderie :* minerai grillé, mattes, plomb d'œuvre, litharge, etc.

Elle avait ajouté des plans des mines et des usines, quelques tableaux graphiques de la production, des morceaux de câbles d'extraction offrant cette particularité d'être en *fils d'acier*, ce qui n'est encore que peu répandu, mais s'impose tout naturellement aux exploitations atteignant d'aussi grandes profondeurs; enfin, quelques détails sur les travaux géodésiques de la mine avec un certain nombre des instruments employés; parmi ceux-ci il faut citer le théodolithe magnétique universel de E. Schneider, et quelques autres appareils pour observer les variations magnétiques. Ces observations sont faites par les soins d'une station établie spécialement dans le puits Adalbert à 1,000 mètres au-dessous de la surface.

2° *Mine de Joachimsthal.* — La petite ville de Joachimsthal, est située sur le versant méridional de l'Erzgebirge de Bohême; l'exploitation des gisements métallifères qui en dépendent remonte au début du XVI^e^ siècle, et offrit tout d'abord les plus brillantes perspectives; elle occupa dit-on, vers cette époque, près de 8,000 ouvriers, et fournit longtemps 22,000 kilogrammes d'argent chaque année, chiffre tombé, depuis le commencement du XVII^e^ siècle jusqu'à aujourd'hui, à la production moyenne de 3,000 kilogrammes. L'exploitation a pour objet les minerais d'argent, de cobalt, de nickel, de bismuth, et d'uranium; elle atteint déjà le niveau de 520 mètres; les 4 puits ont respectivement 170, 322, 372 et 533 mètres de profondeur. Deux galeries d'écoulement de 40,000 mètres de long servent à assécher la mine.

L'extraction s'élève aujourd'hui à 600 tonnes; le minerai contient peu de matières à bocarder, et ne demande en général qu'un simple triage à la main; l'atelier de préparation mécanique est donc réduit à de faibles proportions; il contient simplement 15 pilons, quelques appareils de classement et 6 tables à secousses continues de Rittinger, le tout mû par turbines et roues hydrauliques. A côté des minerais d'argent, de nickel et de bismuth qui constituent la très-grande majorité de la production, on traite environ 15.000 kilogrammes de minerais d'*uranium*; les produits sont 4,000 kilogrammes de schlichs de la teneur de 0,5 à 0,10 % en argent, 5 à 6 % de cobalt, et 8 % de bismuth et 2,500 kilogrammes de schlichs d'uranium de la teneur de 24 à 30 % d'oxyde d'uranium.

Les matières argentifères sont livrées à l'usine de *Freiberg*, en Saxe; les minerais d'uranium passent à la fabrique pour être réduits en couleur d'urane dont on produit 4 à 5,000 kilogrammes par an. Dans cette même fabrique, on utilise également les produits accessoires de vanadium que l'on convertit en acide vanadique ou en sel de sodium ou d'ammonium. L'exposition des mines de Joachimsthal, comprenait quelques morceaux de minerais et divers composés d'uranium et de vanadium, parmi lesquels, des couleurs à base de sodium ou de potassium, variant du jaune clair à l'orange vif.

3° *Mine et usine d'Idria*, (Carniole). — La mine d'Idria se trouve au centre de la ville de ce nom, sa découverte remonte à la fin du XV^e^ siècle; elle devint propriété de l'Etat en 1506, et fut dès lors, presque sans interruption, exploitée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec une grande activité; les puits servant aujourd'hui à l'exploitation ont les profondeurs suivantes :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Puits | Thérèse | 231m,4 | Puits | Joseph | 307m,0 |
| | Barbara | 229, 5 | | Ferdinand | 100, 5 |
| | François | 276, 9 | | | |

L'exploitation s'étend sur 300 mètres de développement; les minerais les plus riches constituent des gisements lenticulaires; leur teneur est parfois de plus de 40 % de mercure. Mais, en moyenne, le mètre cube de masse solide extraite donne environ 2,600 kilogrammes de minerais à griller, de la teneur de 1,35 % de mercure.

L'extraction annuelle s'élève en moyenne à 1,800 tonnes de minerais à griller, et 28,200 tonnes de minerais à préparer; en tout 30,000 tonnes, contenant 500,000 kilogrammes de mercure. Les diverses catégories obtenues au triage ou à l'atelier d'enrichissement ont la teneur approximative suivante :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Minerais | purs | 40 à 50 | % | de mercure. |
| | moyens | 6 à 9 | — | — |
| | en morceaux | 0,4 à 0,5 | — | — |
| | menus | 0,8 à 1 | — | — |

Le traitement métallurgique consiste simplement dans le grillage du sulfure de mercure (Cinabre), puis dans la distillation du métal que l'on condense ensuite dans une série de chambres ou de conduits tubulaires, qui atteignent, à Idria, 706 mètres de longueur. Cette opération de grillage et de distillation se fait ou non en présence d'une certaine quantité de chaux, qui peut aider à la décomposition du sulfure; elle est conduite dans des fours à moufles de divers types; il est à remarquer que, depuis 1875, le traitement se fait aussi à l'aide d'un long fourneau à réverbère du type en usage dans les usines à plomb pour le grillage des minerais; l'usine se compose actuellement de 10 fours Alberti à flamme, munis de tuyaux inclinés pour la condensation, ceux-ci sont arrosés d'eau froide; de 3 fours horizontaux, chauffés par dessous la sole, la condensation se fait dans des tuyaux à branches; de 2 fours à cuve ordinaires; de 3 fours à cuve cuirassés, chauffés au bois avec tuyaux à branches en fonte ou récipients en argile pour la condensation, et de 6 fours à moufles de différentes grandeurs. En somme, l'usine, dans une campagne de 11 mois, est à même de traiter 13,000 tonnes de minerais en morceaux, 20,000 tonnes de grenailles et 2 à 3,000 tonnes de minerais bocardés; le déchet en mercure est d'environ 1,358 %.

L'usine renferme un atelier spécial pour la préparation du cinabre artificiel et du vermillon. Cette fabrication comprend trois opérations distinctes : 1° la préparation de l'*éthiops*, mélange irrégulier de sulfure de mercure, de soufre en excès et d'un peu de mercure métallique, obtenu par une trituration prolongée à la température ordinaire, et sans addition de réactifs, du mercure avec le soufre; 2° la transformation de l'ethiops en cinabre, ce que l'on obtient en chauffant l'ethiops très-progressivement jusqu'au rouge sombre franc, dans des cornues en terre réfractaire ou en fonte. Au début, le mercure encore libre passe à l'état de sulfure, le soufre en excès se volatilise, le sulfure de mercure est ensuite vaporisé lentement et reçu dans les appareils de condensation qu'on ajoute aussitôt l'apparition des premières vapeurs de cinabre; 3° la transformation du cinabre en vermillon à l'aide d'une série de broyages, et du contact pendant un jour ou deux dans une dissolution alcaline étendue.

Cet atelier comprend : 1 bocard à sec pour le soufre; 1 chantier d'amalgamation pour la préparation de l'ethiops; 4 fours de sublimation, chacun de 6 cornues; 4 moulins pour le cinabre; 4 chaudières de raffinage; 1 four à sécher.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut traiter annuellement 60,000 kilog., avec une perte de mercure d'environ 0,35 %.

Au total, l'établissement métallurgique d'Idria, occupe 1,042 ouvriers dont 602 dans les travaux de la mine, 65 dans les ateliers de préparation mécanique et 195 dans les usines. Enfin, pour caractériser la production annuelle des usines d'Idria, voici le relevé des résultats obtenus dans ces dix dernières années.

| ANNÉES. | DURÉE de la campagne en mois. | PRODUCTION. | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Mercure. | Cinabre en morceaux. | Vermillon. | Total du cinabre. |
| | | kilogr. | kilogr. | kilogr. | kilogr. |
| 1868 | 11 | 284,735 | 10,977 | 94,986 | 105,963 |
| 1869 | 12 | 316,664 | 17,361 | 71,734 | 89,096 |
| 1870 | 12 | 370,689 | 11,481 | 87,337 | 98,818 |
| 1871 | 10 | 375,788 | 2,800 | 30,804 | 33,605 |
| 1872 | 11 | 383,495 | 6,695 | 59,802 | 66,497 |
| 1873 | 11 | 377,386 | 62 | 46,921 | 46,983 |
| 1874 | 11 | 372,135 | 4,816 | 43,224 | 48,040 |
| 1875 | 11 | 369,729 | 12,140 | 45,923 | 58,064 |
| 1876 | 11 | 372,413 | 7,950 | 41,315 | 49,265 |
| 1877 | 10 1/2 | 380,200 | 6,880 | 57,200 | 64,080 |

4° *Mine du Schneeberg* (Tyrol). — La mine du Schneeberg est, comme les précédentes, d'une origine très-ancienne; elle fut ouverte au milieu du XV^e^ siècle, et, vers 1486, elle occupait 1,000 mineurs. On ne recherchait alors que la galerie argentifère et la pyrite de cuivre. Il en fut longtemps ainsi, puisque ce n'est qu'en 1868 que l'on se mit à exploiter les puissants gisements de blende dont avait déjà constaté la présence dans la mine.

Par suite de sa situation exceptionnelle à 2,200 mètres de hauteur et au milieu d'un massif montagneux accidenté, l'exploitation de cette mine offre de grandes difficultés pour l'enlèvement du minerai et son transport soit aux ateliers de préparation mécanique, soit à la station de Sterzing; le minerai passe d'abord sur un premier plan incliné de 445 mètres de long, s'élevant verticalement de 190 mètres, puis transporté sur 633 mètres d'un petit chemin de fer, jusqu'à une série de plans inclinés de 834 mètres de longueur et 142 mètres de hauteur; vient ensuite un tunnel aboutissant à un nouveau plan de 711 mètres comprenant 363 mètres de hauteur; enfin, pour aboutir aux ateliers de préparation mécanique de *Miern*, il ne reste plus qu'à parcourir 5,700 mètres de voie et un dernier plan incliné de 258 mètres et 146 mètres de hauteur. De ces ateliers jusqu'à la station de Sterzing, qui est à la cote de 962 mètres, il n'y a plus qu'un plan incliné de 436 mètres de développement intercalé entre deux transports sur route, le premier de 8,100 mètres et le deuxième de 6,150 mètres.

Ce détail donne une idée de l'importance que prend nécessairement pour les minerais du Schneeberg la question du transport. L'ensemble de la préparation mécanique est réparti en 3 ateliers, dont l'un, celui de *Miern*, dont il a été parlé plus haut, les deux autres sont à la mine même. Ces derniers traitent spécialement les matières plombifères; leur campagne n'est que de 4 mois vu l'altitude; le troisième travaille pendant 9 mois. La force motrice est partout hydraulique.

La mine de Schneeberg est actuellement en état de fournir par année :

2,500 à 3,000 tonnes de blende en morceaux tenant 42 à 45 % de zinc;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4,200 à 4,500 tonnes de grenailles et schlichs tenant 40 à 45 % de zinc; 310 à 320 tonnes de grenailles et schlichs de galène renfermant 65 à 70 % de plomb et 0,067 % d'argent; on projette de doubler et même de tripler cette production. Les échantillons exposés comprenaient un bloc type de blende, divers produits de l'atelier de préparation mécanique; on avait ajouté une carte des travaux de la mine du Schneeberg et des voies de transport.

*Mines et usines de la Bukowine.* — L'importance de ces établissements est beaucoup moindre que celle des précédents; ils sont situés dans la partie méridionale des Karpathes. On commença à s'en occuper après l'annexion de la Bukowine à l'Autriche en 1777; il ne s'est agi d'abord que de minerais de fer manganésés. Vingt ans plus tard on découvrit les gîtes de galène argentifère de Kirlibaba, et dans la suite des mines de cuivre, de zinc et de nouveaux gisements ferreux.

Aujourd'hui, on exploite principalement les minerais de fer et de manganèse; il y a une usine qui sert à la production de spiegel et de quelques articles de forge; on a à peu près abandonné les mines de plomb, qui sont devenues peu productives, et l'on ne fournit plus que de faibles quantités de cuivre, bien que l'on ait encore sous la main un petit atelier d'enrichissement mécanique et une usine pour le travail métallurgique. L'exposition de ces établissements ne renfermait guère que des minerais de manganèse et des échantillons de spiegel ou de ferro-manganèse.

Parmi les principaux exposants, autres que le Ministère de l'agriculture, il n'y a plus guère à citer que les *mines de cuivre et usines de Mitterberg*. Cette société avait envoyé seulement des produits fabriqués: planches de cuivre, cuivre en feuilles, objets estampés, etc. Cette société possède un gisement situé à 1,503 mètres d'altitude; il contient des sulfures et pyrites de cuivre avec une certaine quantité de nickel, un petit atelier de préparation mécanique et une usine pour la fusion des minerais. On avait commencé par livrer les minerais à l'administration des mines et usines de l'Etat, mais depuis 1848, on a traité tous les minerais extraits; la production de cuivre a été de 218,059 kilogrammes en 1876.

En résumé, l'industrie minière en Autriche est considérable et fournit les produits les plus variés; des mines d'or existent à Salzbourg et en Bohême; cette dernière province renferme en même temps des quantités importantes d'argent; il y avait en 1876, 12 mines ouvertes pour la recherche de l'argent et occupant, 4,943 ouvriers; on a produit 84,676 quintaux de minerai, dont 80,267 dans les mines de l'Etat en Bohême, et on a obtenu 23,750 kilogr. d'argent.

La production de mercure est presque exclusivement concentrée à Idria; elle a atteint, en 1876, 3,753 quintaux, chiffre très-élevé. Le cuivre au contraire n'est pas très-abondant; on le rencontre seulement près de Salzbourg et dans le Tyrol, la production de 1876 a été de 4,419 quintaux métriques. On exploite le plomb surtout en Bohême et en Carinthie; on a extrait en 1876, environ 76,600 quintaux métriques de galène, qui ont donné 42,910 quintaux de plomb brut et 32,377 quintaux de litharge. Le cobalt et le nickel s'exploitent près de Salzbourg et en Styrie; on a produit environ 973 quintaux métriques de cobalt et 221 de nickel en 1876. Pendant cette même année, on a extrait 264,577 quintaux métriques de minerai de zinc, qui ont fourni 37,791 quintaux de zinc. La Galicie est pour le zinc le centre producteur principal, mais on en rencontre également en assez grande quantité en Carinthie; le travail des usines se fait en Galicie, en Carniole, en Styrie et au Tyrol. Enfin, l'étain qu'on ne trouve qu'en Bohême offre un tonnage de 2,074 quintaux métriques, provenant de 11,770 quintaux métriques de minerai.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## Hongrie.

L'industrie minière et métallurgique est une des plus anciennes de la Hongrie, et sa grande production de 4 à 5 millions de florins en métaux précieux fut longtemps, pour ce pays, une des sources de richesse les plus importantes. Aujourd'hui le tonnage de ces métaux a un peu diminué, et leur valeur relative est en même temps beaucoup moindre. Mais, par contre, l'exploitation de la houille et du fer a pris un grand essor dans ces dernières années, et est venu combler le déficit. La production du cuivre a particulièrement souffert pendant la première période; ainsi la valeur du cuivre extrait s'est élevée encore à 2 millions de florins en 1867, mais est descendue à 950,000 florins en 1875. Pour l'or et pour l'argent, la production a peu changé pendant ces dix dernières années; elle a varié pour le premier de 1,234 à 1,827 kilogrammes, et pour l'argent de 17,421 à 27,113 kilogrammes; elle atteignait en 1876, 1,890 kilogrammes pour l'or, 22,784 kilogrammes pour l'argent. Les autres métaux, le fer excepté, ont une moindre importance.

L'exposition hongroise se composait principalement d'une série d'échantillons de roches et de minerais, réunis par la société géologique de Hongrie. Ces échantillons pouvaient être évidemment un exposé très-intéressant des richesses minérales du pays, mais il eut fallu donner en même temps quelques notes descriptives et statistiques; ces renseignements manquaient; dans ces conditions, on ne pouvait guère que constater la présence des divers établissements représentés; les uns appartenaient à l'Etat : mines royales de Szélakna, usines de Selmeczbanya, mines d'Urvölgy et de Czomolnak, avec leurs minerais de cuivre; mines de Kapnikbanya pour leurs minerais de plomb, etc.; les autres étaient des propriétés privées, comme la société des mines de Térézia qui avait envoyé des minerais de cuivre, comme les mines de mercure de Dumbrava et les exploitations de Nagyag avec leurs minerais de tellurium, etc. Il y aurait cependant encore à citer, dans l'exposition hongroise, quelques croquis donnant les fours de grillage et de fusion de l'usine de Selmeczbanya et d'un certain nombre de tableaux, dont beaucoup malheureusement étaient en Hongrois. Voici néanmoins quelques chiffres tirés de ces tableaux, ce sont les productions pendant quatre années des mines d'or d'Abrudbanya (appartenant à l'Etat), et en même temps de toute la Transylvanie.

| ANNÉES. | PRODUCTION | |
|---|---|---|
| | des mines d'or Abrudbanya. | de toutes les mines d'or de la Transylvanie. |
| 1873 | 330 kilogr. | 570 kilogr. |
| 1874 | 355 » | 610 » |
| 1875 | 375 » | 670 » |
| 1876 | 535 » | 920 » |

Nous terminerons en disant quelques mots des établissements de la société autrichienne des chemins de fer de l'Etat, en ce qui touche la métallurgie des métaux autres que le fer.

**Société autrichienne des chemins de fer de l'État.** En plus de son réseau de voies ferrées qui comprend aujourd'hui environ 2,000 kilomètres de développement, cette société exploite le domaine du Banat, qui présente une super-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ficie de 215,791 hectares et qui renferme des mines, des usines métallurgiques, des houillères et des forêts d'une étendue de 90,000 hectares; les domaines du Banat sont divisés en 6 districts dont 3, ceux d'Oravitza, de Dognacska et de Moldova, contiennent des mines métalliques et des usines pour la production du cuivre, du plomb et de l'argent.

*District d'Oravitza.* — Ce district renferme des mines de cuivre; les mines d'*Oravitza-Cziklova* sont très-anciennes, puisque leur découverte remonte à l'époque romaine; on les a exploitées d'une façon à peu près continue jusqu'à ce jour, mais la production, qui était de 600 tonnes environ par an vers 1855, est tombée à environ 100 tonnes par suite de l'augmentation de la main-d'œuvre et la baisse des prix du cuivre. Ce minerai est à la teneur de 35 à 40 kilogrammes de cuivre et 12 à 15 grammes d'argent par tonne, mais ils sont chargés d'arsenic; leur traitement a lieu dans l'usine de Cziklova; il consiste en une fonte crue concentrant le métal dans la masse, à une richesse de 16 à 20 %. Vient ensuite un grillage énergique à 10 ou 12 feux, puis une nouvelle fusion. On obtient du cuivre noir à 87 ou 88 % et des mattes minces à 53 %; le cuivre noir est affiné au four hongrois, les grenailles de cuivre argentifère sont traitées à Moldova, par l'acide sulfurique, la poussière d'argent restée insoluble passe à la coupellation à Dognacska.

*District de Dognacska.* — Les minerais métalliques de Dognacska consistent principalement en galène argentifère et en pyrite de cuivre avec quelques minerais oxydés; leur production est très-réduite, elle a été en 1876 de 505 tonnes de cuivre et 221 tonnes de minerai de plomb. Les usines sont encore assez importantes : elles renferment 5 demi hauts-fourneaux à 1 ou 2 tuyères, un four de coupellation et un four de raffinage, des hangars pour le grillage, et un double four pour réverbère pour le rôtissage des schlichs plombeux. Pour le traitement, on grille d'abord le minerai cuivreux argentifère et le fond avec de la pyrite de fer; la matte ferrugineuse obtenue est grillée.

On fait ensuite une fonte pour plomb d'œuvre et mattes en mettant ensemble les galènes argentifères, les minerais cuivreux et les mattes précédentes, le tout après grillage. Les mattes plombeuses ainsi obtenues sont grillées et refondues; on arrive en résumé à des plombs d'œuvre riches que l'on coupelle, et des masses cuivreuses et des cuivres noirs. Ces derniers sont granulés et traités à l'usine de Moldova par l'acide sulfurique.

*District de Moldova.* — Il n'y a plus guère dans ce district qu'une fabrique d'acide sulfurique où l'on traite incidemment les cuivres noirs argentifères; les mines de cuivre argentifère de cette région, après avoir été assez actives, ont été complétement abandonnées; on se contente d'exploiter aujourd'hui les pyrites nécessaires pour la fabrication de l'acide sulfurique.

L'exposition de la société autrichienne renfermait principalement des spécimens de minerais ou de produits fabriqués intéressant la métallurgie du fer. On remarquait cependant quelques échantillons de minerais et de litharges en morceaux provenant du district de Dognacska; on y avait joint des grenailles de cuivre argentifère et un gâteau d'argent.

Nous terminerons cet exposé très succinct des richesses minérales de l'empire Austro-Hongrois, par le tableau de la production des métaux en 1876, répartie dans chacun des états : Autriche et Hongrie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Richesses minérales de l'Autriche-Hongrie.*

| MÉTAUX. | AUTRICHE. | HONGRIE | TOTAL. |
|---|---|---|---|
| | q. m. | q. m. | q. m. |
| Cuivre brut. . . . . | 4,449 | 10,251 | 14,670 |
| Plomb et litharge . . . . . | 75,287 | 24,196 | 99,483 |
| Zinc. . . . . | 39,791 | 5,669 | 45,460 |
| Etain . . . . . | 2,074 | » | 2,074 |
| Manganèse. . . . . | 67,817 | 6,918 | 74,735 |
| Nickel et Cobalt . . . . . | 973 | 390 | 1,363 |
| Antimoine. . . . . | 456 | 2,388 | 2,844 |
| Urane. . . . . | 69 | » | 69 |
| Bismuth. . . . . | 35 | » | 35 |

## PORTUGAL (1).

L'industrie métallurgique n'ayant qu'une importance très-insignifiante en Portugal, l'exposition des produits du pays dans la classe 43 devait nécessairement se composer surtout des minerais de toutes sortes dont le sol portugais est d'ailleurs abondamment pourvu.

Le *minerai de plomb* se rencontre principalement dans les districts de la Villa-Réal, Vizeu, Aveiro, Portalègre et Béja. Parmi les mines les plus importantes, sinon comme exploitation présente, du moins comme avenir, sont celles de Varzea, dos Trovœs, commune de Saint-Jean, de Pesqueira, de Carvalhal, Bracal et Mealhada dans le district d'Aveiro; cette dernière est la plus importante, une usine y est adjointe pour le traitement du minerai. On cite encore le gisement de Mertola près de Guadiana, contenant de la galène à 5 et 600 grammes d'argent par tonne, et des cuivres gris à 950 ou 1,000 grammes d'argent par tonne. Parmi ces mines, celle de Braca, qui occupe en ce moment près de 400 ouvriers, et celle de Mertela (Beja) avaient envoyé quelques échantillons de galène et blende argentifères.

Les *gisements de cuivre* offrent plus d'importance, et quelques-uns font l'objet d'une exploitation très-développée; les mines principales sont dans la partie méridionale, au contact de la frontière espagnole; dans cette région, la richesse métallifère de Huelva se prolonge jusqu'en Portugal, où l'on trouve les grands amas pyriteux de Saint-Domingos-Aljustrel et Grandola, occupant une zone de 110 kilom. de longueur.

Le district d'Evora renferme également des gisements importants au milieu des granits et des porphyres; témoins ceux de Pecena, Commenda, Sobral, Alpedreira, Alcala et Alcalaïm et, plus au sud, les puissants filons de Saint-Manços. On rencontre encore plusieurs mines de cuivre dans les schistes cristallins de la province d'Alemtéjo, celles de Bugalho, Azambujeira, et Mostardeira par exemple; et dans la province d'Aveiro, on aurait encore à citer les gîtes abondants de Palhal, Telhadelha et Minho do Pintor.

L'exposition portugaise en 1878 était assez riche en minerais de cuivre : les mines de *Palhal et Carvalhal* en avaient envoyé un assez grand nombre avec des échantillons de minerais de nickel, cobalt, zinc et plomb; la mine de *Palhal* est située dans une position excellente; ses filons sont recoupés par le lit de la rivière Caïma, qui fournit la force motrice nécessaire; elle est de plus reliée

(1) Voir tome IX, page 108.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par une route nouvelle au port de Saint-Martin ou au chemin de fer du Nord. Son minerai atteint sur quelques points la richesse de 15 % de cuivre.

D'autres mines, comme celle de Mostardeira (Evora), de Bogalho (Evora), etc., avaient également envoyé des échantillons de leurs produits, qui n'offraient d'ailleurs rien de particulier. Il reste enfin à citer les gros blocs de pyrite, exposés par la mine de Saint-Domingos, la plus importante mine de cuivre de Portugal, et sur laquelle il est bon de dire quelques mots.

Les gisements de Saint-Domingos sont le prolongement de Tharsis, Huelva et Rio-Tinto; ils se rencontrent, comme ces derniers, au milieu des schistes métamorphiques que l'on rattache aujourd'hui à l'époque Silurienne (1). On concentre encore le travail dans une sorte d'amas lenticulaire, ayant à la cote 47, environ 600 mètres de long et 60 mètres de large. Le minerai est une pyrite de fer contenant en moyenne 2,75 % de cuivre avec 45 à 50 % de soufre. Le début de l'exploitation remonte aux époques romaine et carthaginoise, et, après bien des alternatives de chômage ou d'activité, on est arrivé à développer considérablement la production dans ces dernières années. On estime le volume de minerai extrait,

| | | |
|---|---|---|
| Pour les excavations anciennes à environ.. | 150 000 | mèt. cub. |
| — modernes — | 659 671 | — |
| Soit. . . . . | 809 671 | — |

ou 3,578,745 tonnes anglaises; l'extraction actuelle est concentrée par trois niveaux à 12, 28 et 52 mètres; les deux premiers sont exploités à ciel ouvert; il n'a pas été possible, pour des raisons toutes locales, de concentrer les minerais par le grillage; on se contente d'en traiter une partie par voie humide; les minerais moyen et riche sont exportés tels qu'ils sortent de la mine à l'aide de 24 locomotives et tout un matériel spécial comprenant près de 800 wagons. La distance de la mine au port d'embarquement sur la Gradiana est d'environ 17 kil. et le tonnage à transporter atteint annuellement jusqu'à 200,000 tonnes.

Il y aurait encore à citer en Portugal quelques gisements de zinc (blendes argentifères) et des filons stannifères, près de Porto ou encore dans la province de Traz-Os-Montes; mais il suffira, leur importance étant très-faible, de joindre la production de ces deux métaux dans le tableau suivant, qui donne l'extraction annuelle des mines et la valeur moyenne des minerais pendant les périodes 1851 à 1860, 1861 à 1870, 1871 à 1872.

| MINERAIS. | 1851 à 1860 | | 1861 à 1870 | | 1871 à 1872 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tonnes métriques. | Valeur en francs. | Tonnes métriques. | Valeur en francs. | Tonnes métriques. | Valeur en francs. |
| Pyrite cuprifère. . . . | 8,956 | 300,000 | 235,840 | 7,005,000 | 146,894 | 4,333,000 |
| Cuivre. . . . . | 1,235 | 309,000 | 4,227 | 1,022,000 | 1,892 | 450,000 |
| Plomb. . . . . | 950 | 211,000 | 2,931 | 638,000 | 2,213 | 488,000 |
| Étain. . . . . | 12 | 17,000 | 7 | 17,000 | » | » |
| Zinc argentifère . . . | » | » | 16 | 2,000 | » | » |
| Antimoine. . . . . | 60 | 17,000 | 164 | 50,000 | 19 | 5,500 |
| Manganèse . . . . . | » | » | 8,832 | 611,000 | 14,226 | 1,226,000 |
| Nickel . . . . . | » | » | 5 | 2,000 | » | » |
| Fer. . . . . | » | » | 1,340 | 17,000 | 2,423 | 26,000 |
| Charbon de terre. . . | 15,462 | 372,000 | 19,002 | 578,000 | 12,387 | 305,000 |
| | 26,675 | 1,226,000 | 272,364 | 9,941,000 | 180,054 | 6,833,500 |

(1) Mémoire de M. Nery Delgado, à l'Académie des sciences de Lisbonne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ESPAGNE (1).

L'exposition Espagnole a été généralement très-appréciée; il est certain que les membres du comité avaient mis beaucoup d'entrain et de goût dans l'arrangement de la plupart des produits envoyés au Champ-de-Mars; mais il faut vraiment faire exception pour la classe 43, en général assez mal représentée, et manquant presque partout des renseignements nécessaires. Dans la métallurgie du fer, on trouve encore des industriels ou des compagnies offrant un groupement judicieux de leurs produits, et ajoutant à l'appui un certain nombre de données techniques et statistiques; mais pour les autres métaux, la plupart des mines et des usines, même les plus renommées, n'avaient fait qu'expédier quelques types de minerais ou de produits, et presque toujours sans note complémentaire. En somme, les richesses minérales n'étaient pas représentées comme elles auraient pu l'être; l'intérêt eût été considérable, si les organisateurs de l'exposition espagnole avaient fait, comme leurs collègues de beaucoup d'autres pays, un résumé succinct de la puissance productive des diverses provinces, donné quelques détails sur les plus importantes exploitations, et surtout s'ils avaient présenté ce résumé après avoir établi un groupement raisonné des échantillons exposés. Voici les rares expositions sur lesquelles il a été possible de prendre des notes offrant quelque intérêt.

*Mines et usines de M. de la Puente.* — Les exploitations appartenant à M. de la Puente sont situées dans la Sierra-Nevada, province de Grenade; elles comprennent 51 mines de cuivre, plomb et lignite, formant 15 groupes répartis sur 1470 hectares. M. de la Puente avait envoyé divers échantillons de minerais : du sulfure de cuivre renfermant des carbonates et silicates et atteignant la teneur moyenne de 36 % de cuivre; des galènes à 68 % et 75 % de plomb avec 625 grammes d'argent par 100 kilogr. de plomb; du carbonate de cuivre à une teneur moyenne de 14 %; de l'oxydule de cuivre correspondant à 45 % de cuivre; des pyrites de cuivre avec 16 % de cuivre; enfin, des cuivres gris renfermant jusqu'à 6k250 grammes d'argent par 100 kilogrammes de cuivre. M. de la Puente avait ajouté quelques échantillons des lignites de ses exploitations et divers produits métallurgiques, mattes, cuivres bruts et cuivres raffinés des usines.

*Société de Rio Tinto.* — Cette exposition méritait tout particulièrement les reproches de négligence plus ou moins systématique signalés plus haut d'une façon générale pour les expositions espagnoles. Une compagnie aussi considérable devait tenir à honneur de faire bien saisir l'importance et la variété de sa production, aussi bien que ses méthodes de travail; or, elle s'était contentée de quelques morceaux de minerai brut ou de produits intermédiaires, le tout mal groupé et sans indications qui permissent aux visiteurs de suivre l'ensemble des opérations métallurgiques. Il n'y a donc qu'à citer, pour mémoire, diverses pyrites depuis 5 % de cuivre avec 45 % de soufre et 3 % de cuivre avec 48,5 de soufre, jusqu'à 28 et même 60 % de cuivre. La médaille d'or obtenue par la Société s'explique d'ailleurs par le développement donné à la production dans ces dernières années.

(1) Voir tome IX, pages 43 et 192.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Usines de Hijos de M. A. Heredia*, à Malaga. — Ces usines avaient seulement envoyé divers types de minerai, des lingots de plomb antimonieux avec les plombs de chasse qui en provenaient et quelques échantillons de cuivre de cémentation.

Une grande vitrine installée par le service des mines, comprenait des échantillons de tous les minerais que produit l'Espagne : blende, calamine, oxyde de nickel (mine de Maria del Rosario), galène, minerais de cuivre et de fer, combustibles, etc. Cette collection, par l'abondance et la diversité des matières qu'elle renfermait, était un témoin intéressant des richesses minérales de ce sol privilégié; mais on en ressentait d'autant plus en l'examinant, le regret de ne pouvoir compléter cette première indication à l'aide de quelques données officiellement résumées par le comité espagnol. A défaut de ce document, voici quelques notes extraites de la richesse minérale de l'Espagne par M. Denis de Lagarde (1872). Ci-dessous, le tableau résumant la production des principales mines métalliques de 1861 à 1869 :

*Résumé de la production des mines de 1861 à 1869.*

| MATIÈRES. | 1861 | 1862 | 1863 | 1864 | 1865 | 1866 | 1867 | 1868 | 1869 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. |
| Plomb | » | » | 2,695,989 | 2,745,885 | 2,713,182 | 2,674,937 | 3,370,934 | 3,176,701 | 2,783,736 |
| Plomb argentifère | 3,575,190 | 2,778,450 | 403,395 | 251,108 | 193,226 | 213,118 | 304,168 | 289,082 | 334,402 |
| Argent | 30,054 | 25,237 | 30,616 | 18,178 | 11,247 | 17,035 | 16,482 | 34,639 | 29,314 |
| Pyrite argentifère | » | » | » | » | » | » | 250 | 5,000 | 18,250 |
| Cuivre | 1,512,973 | 2,277,192 | 2,456,371 | 2,133,892 | 2,731,836 | 2,795,274 | 2,374,881 | 2,277,315 | 3,066,195 |
| Cuivre argentifère | » | » | » | » | » | » | 1,163 | 950 | 2,234 |
| Zinc | 247,436 | 411,042 | 481,242 | 802,221 | 701,580 | 734,234 | 868,224 | 1,314,073 | 1,134,846 |
| Nickel et cobalt | » | 27 | 185 | » | » | » | 1,220 | 12 | 829 |

Les chiffres du tableau précédent sont une preuve éloquente des ressources métallurgiques de l'Espagne, puisque, malgré des difficultés législatives et des crises politiques continuelles, l'exploitation minière a pu se développer dans cette proportion; on peut dire que l'Espagne est l'une des nations de l'Europe qui produit la plus grande quantité de minerais; ainsi, en 1867, si l'on établit la comparaison entre l'Espagne et l'Angleterre, on a les chiffres suivants pour les minerais et les métaux produits :

| MATIÈRES. | | ANGLETERRE. | ESPAGNE. |
|---|---|---|---|
| | | tonnes. | tonnes. |
| Minerai | de plomb | 93,432 | 367,510 |
| | de cuivre | 158,544 | 237,488 |
| | de zinc | 13,489 | 86,822 |
| | de manganèse | 808 | 32,722 |
| Métaux. | Plomb | 68.437 | 71,564 |
| | Cuivre | 10.233 | 2,950 |
| | Zinc | 3.750 | 2,064 |

Ces chiffres se sont modifiés sensiblement dans ces dernières années; d'une façon générale, pour le plomb et le zinc, la production a diminué depuis 1877 par suite des cours de ces métaux; inversement, pour le cuivre, la production indigène s'est élevée à 8 ou 10,000 tonnes, c'est-à-dire a plus que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

triplé; le développement donné aux exploitations de *Rio Tinto* par la nouvelle compagnie anglaise qui la dirige en est la cause principale.

Les *minerais de plomb* sont surtout produits par la province de Murcie; le tableau suivant, emprunté à l'ouvrage de M. Denis de Lagarde, donne approximativement la répartition par origine des minerais produits de 1865 à 1869.

*Production des minerais de plomb de 1865 à 1869.*

| PROVINCES. | ANNÉE 1865 | | ANNÉE 1866. | | ANNÉE 1867. | | ANNÉE 1868. | | ANNÉE 1869. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Minerai ordinaire. | Minerai argentifère. | Minerai ordinaire. | Minerai argentifère. | Minerai ordinaire. | Minerai argentifère. | Minerai ordinaire. | Minerai argentifère. | Minerai ordinaire. | Minerai argentifère. |
| | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. |
| Murcia | 2,112,603 | » | 1,893,656 | » | 2,606,897 | » | 2,223,440 | » | 1,645,135 | » |
| Jaen | 293,876 | » | 387,189 | » | 394,110 | » | 570,852 | » | 672,715 | 782 |
| Almeria | 236,207 | 174,758 | 272,989 | 174,231 | 284,099 | 249,495 | 279,614 | 243,829 | 265,527 | 296,308 |
| Granada | 31,177 | 2,100 | 31,997 | 100 | 33,214 | 100 | 37,145 | » | 40,725 | » |
| Ciudad-Real | 4,706 | 4,697 | 30,305 | 11,481 | 20,670 | 25,241 | 14,720 | 19,625 | 35,320 | 16,164 |
| Badajoz | 893 | » | » | 6,000 | 13,050 | » | 24,300 | 6,200 | 45,600 | 3,400 |
| Cordova | 11,033 | » | 34,286 | » | 7,097 | » | 6,000 | » | 34,000 | » |
| Malaga | 7,460 | » | 10,584 | » | 5,669 | » | 6,317 | » | 17,350 | » |
| Oviedo | » | » | 2,000 | » | 2,000 | » | 150 | » | » | » |
| Lerida | 7,932 | » | 6,070 | 1,000 | 960 | 700 | 2,420 | » | 2,000 | » |
| Castillan | » | » | » | » | 714 | » | 731 | » | 925 | » |
| Tarragona | 175 | » | 687 | » | 521 | » | 656 | » | 560 | » |
| Gerona | 736 | » | 278 | » | 468 | » | 830 | » | 623 | » |
| Barcelona | » | » | » | » | 356 | » | 484 | » | 440 | » |
| Alava | 12 | » | 919 | » | 286 | » | 284 | » | 180 | » |
| Baleares | » | » | » | » | 260 | » | 1,540 | » | 6,550 | » |
| Lugo | » | 828 | » | 70 | 200 | » | 300 | » | » | » |
| Toledo | » | 1,300 | 400 | 1,608 | 200 | 2,250 | 350 | 6,000 | 400 | 4,300 |
| Taragoza | 2,300 | » | » | » | 138 | » | 222 | » | 677 | » |
| Viscaya | 152 | » | 9 | » | 25 | » | 720 | » | 1,015 | » |
| Guypuscoa | » | 6,284 | » | 11,710 | » | 12,000 | » | 11,880 | » | 11,850 |
| Diverses provinces | 3,920 | 3,259 | 3,567 | 6,918 | » | 14,382 | 15,626 | 1,548 | 13,994 | 1,598 |
| TOTAUX | 2,713,182 | 193,226 | 2,674,937 | 213,118 | 3,370,934 | 304,168 | 3,176,701 | 289,082 | 2,783,736 | 334,402 |

Depuis 1869, la production en minerai de plomb s'est d'abord développée; ensuite, comme il a été dit plus haut, elle a diminué depuis la baisse des cours. D'ailleurs, d'une façon générale, mais peut-être plus exactement pour les exploitations plombifères, qui sont les plus anciennes, l'industrie minérale n'a pas pris en Espagne le développement qu'on pouvait attendre des richesses déjà reconnues. Cette situation a tenu en grande partie aux inconvénients d'une législation qui permettait imprudemment au premier venu, pour la somme modique de 80 francs, de recevoir une concession. De là un morcellement excessif des terrains miniers, et comme sur chaque parcelle l'exploitant manquait presque toujours des ressources suffisantes, il se contentait de cribler sa concession d'une infinité de petits travaux superficiels sans importance, et par conséquent de production très-limitée. Lorsque, dans la suite, on chercha à réagir contre cet état de choses et à grouper les efforts éparpillés, les capitaux vinrent échouer dans bien des cas contre des droits acquis; il n'y eut guère que les mines ouvertes plus tard sous l'empire de la législation nouvelle (1868) qui furent sérieusement outillées pour atteindre de grandes productions. Telles sont, par exemple, la plupart des exploitations de gisements blendeux et calaminaires.

Mais il faut bien ajouter que les obstacles créés par les anciennes lois minières ne furent pas les seuls. L'état troublé du pays et l'insuffisance des voies de communication créèrent souvent de bien sérieuses entraves au développement de l'industrie minérale en Espagne. Pour revenir à l'exposé successif de la réparti-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion et de l'importance des divers minerais, voici ce que fournissaient de 1865 à 1869 les principales provinces de la péninsule en *minerais de zinc* :

| PROVINCES. | 1865 | 1866 | 1867 | 1868 | 1869 |
|---|---|---|---|---|---|
| | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. |
| Santander | 424,079 | 388,229 | 428,500 | 822,869 | 676,477 |
| Murcia | 158,073 | 236,168 | 307,139 | 339,813 | 320,000 |
| Almeria | 52,735 | 38,745 | 56,974 | 77,024 | 59,994 |
| Guypuzcoa | 7,566 | 15,140 | 17,700 | 18,220 | 14,507 |
| Vizcaya | 11,000 | 6,671 | 17,000 | 15,320 | 13,300 |
| Truel | » | » | 10,000 | 13,100 | 12,240 |
| Granada | 21,892 | 11,800 | 5,909 | 4,620 | 2,960 |
| Cordova | 11,521 | 21,567 | 5,189 | 1,180 | 461 |
| Castillan | » | » | 4,802 | 7,867 | 3,377 |
| Alava | 8,524 | 2,794 | 4,463 | 7,780 | 10,840 |
| Malaga | 2,500 | 3,600 | 4,100 | 1,500 | » |
| Palencia | 3,690 | 8,600 | 3,758 | 680 | 600 |
| Navarra | » | 920 | 2,000 | 1,600 | 5,090 |
| Baléares | » | » | 500 | » | » |
| Oviedo | » | » | 170 | » | 11,500 |
| Diverses provinces | » | » | » | 2,500 | 3,500 |
| TOTAUX | 701,580 | 734,234 | 868,224 | 1,314,073 | 1,134,846 |

On retrouve donc pour les minerais de zinc, dans ces dernières années, les mêmes oscillations dans la production que pour les minerais de plomb. Mais il n'en est plus de même *pour les minerais de cuivre*. Les seules mines de Huelva ont plus que triplé leur production depuis peu de temps ; elles livrent aujourd'hui annuellement de 7 à 8,000 tonnes de cuivre. Le résumé ci-après, bien que limité en 1869, offre cependant un certain intérêt, car il montre que, de 1861 à 1870, la production totale de l'Espagne en minerais de cuivre avait plus que doublé en passant de 1,512,972 à 3,066,195 quint. métriq.

| PROVINCES. | 1865 | 1866 | 1867 | 1868 | 1869 |
|---|---|---|---|---|---|
| | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. | q. m. |
| Huelva | 2,536,263 | 2,657,504 | 2,174,004 | 2,129,949 | 2,933,354 |
| Sevilla | 129,850 | 63,020 | 118,680 | 88,000 | 67,710 |
| Cordova | 46,083 | 35,204 | 37,825 | 29,028 | 23,695 |
| Coruna | 5,820 | 8,615 | 21,694 | 12,506 | 2,000 |
| Murcia | » | 500 | 10,673 | 6,620 | 7,200 |
| Oviedo | 1,000 | 5,500 | 3,853 | 1,716 | 560 |
| Almeria | 6,410 | 19,705 | 3,744 | 5,759 | 6,184 |
| Santander | 2,700 | 2,500 | 2,700 | 1,310 | 1,200 |
| Saragoza | 2,765 | 552 | 690 | 110 | » |
| Gerona | » | » | 500 | 810 | 1,040 |
| Badajoz | 303 | » | 194 | 957 | » |
| Diverses provinces | 642 | 2,174 | 324 | 550 | 23,252 |
| TOTAUX | 2,731,836 | 2,795,274 | 2,374,881 | 2,277,315 | 3,066,195 |

Comme dernier indice très-caractéristique de l'importance des mines métalliques en Espagne, il est bon de rappeler que vers 1869 il y avait environ 72 % des concessions qui fournissaient des minerais métalliques autres que le fer ; à la même époque on peut estimer qu'il n'y en avait peut-être pas 30 % parmi les concessions françaises.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## ITALIE (1).

L'exposition Italienne ne renfermait pas de produits métalliques fabriqués, mais réunissait un assez grand nombre d'échantillons minéralogiques rappelant que l'Italie possède sur quelques points des richesses minérales importantes; témoins, par exemple, la *Sicile* pour le soufre, la *Toscane* pour le cuivre et la *Sardaigne* pour le zinc.

Malheureusement les données complémentaires indispensables pour bien apprécier une simple exposition de minerais faisaient presque partout défaut, et la commission italienne n'avait pas eu la bonne pensée de combler, par quelques renseignements généraux, les lacunes regrettables laissées par la plupart des exposants. Parmi ces derniers, les compagnies minières de Roccatederighi (Toscane) et de Malfidano (Sardaigne) avaient seules fait exception. En dehors de ces deux exposants, il n'y a plus guère qu'à rappeler pour mémoire :

La *Société de Terricio* (Toscane) qui avait envoyé un certain nombre d'échantillons de pyrites de cuivre, de cuivre panaché, de chalkopyrite et même de cuivre natif, le tout plus ou moins mélangé à une gangue quartzeuse.

La *Société des mines d'Ollomont* (Val d'Aoste) pour ses beaux échantillons de pyrites cuivreuses quelquefois aurifères, et contenant jusqu'à 40 grammes de grenailles d'or dans 100 kilogr. de minerai; la société avait joint aux minerais bruts, des minerais grillés, des mattes de première, deuxième et troisième fusion, et des cuivres noirs obtenus dans l'usine de Valpeline.

La *Société de Montecatini*, bien connue pour ses exploitations de gîtes cuivreux; l'exposition de cette société se composait de quelques pyrites et cuivres panachés avec des produits métallurgiques, le tout malheureusement sans donnée d'aucune sorte.

La Compagnie des *mines de Gênes* et celle de *Monteponi* (Sardaigne) qui s'occupent l'une et l'autre de l'exploitation de minerais de plomb; ces sociétés avaient envoyé quelques galènes fibreuses et, dans le nombre, un certain nombre renfermant de beaux cristaux de sulfate de plomb.

Enfin, diverses *mines de Sardaigne* sur lesquelles il sera dit quelques mots plus loin à propos des gisements blendeux et calaminaires de Malfidano.

Il reste maintenant à revenir plus en détail sur les deux compagnies citées plus haut, les compagnies de Roccatederighi et de Malfidano.

**Mines de cuivre de Roccatederighi.** — Ces exploitations comprennent deux gisements voisins, ceux de Poggio-Alto et de Fossato, l'un et l'autre près du village de Roccatederighi province de Gosseto, à une altitude d'environ 600 mètres. On s'accorde généralement à reconnaître une grande analogie entre ces gisements et celui de Montecatini; comme ce dernier, ils se composent essentiellement d'un filon stéatiteux courant au milieu des gabbros et renfermant des zones métallifères d'épaisseur variable soit au contact seul des gabbros, soit dans la masse supentineuse elle-même; ce filon stéatiteux va s'élargissant dans la profondeur. Bien que remontant comme origine aux époques les plus reculées, l'exploitation des mines de Roccatederighi n'atteint encore qu'une faible profondeur; on avait été bientôt arrêté par les difficultés d'exploitation, et en particulier par l'abondance des eaux. Poggio-Alto et Fossato sont actuellement réunis (1876); on a voulu justement par cette combinaison faciliter l'enlèvement des eaux, en se servant pour l'épuisement de l'ensemble, d'une galerie d'écoulement qui n'a pas moins de 1200 mètres de développement, et qui

(1) Voir tome IX, page 157 et 529.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avait d'abord été établie pour l'exploitation de Fossato. Grâce à cette entente, on a pu créer 4 étages de travaux à des niveaux s'échelonnant jusqu'à 160 mètres de profondeur; néanmoins on est encore dans la période d'aménagement, et l'on ne produit guère plus de 4 à 500 tonnes de minerai par an. Celui-ci est simplement trié et classé en 3 catégories à la sortie du puits : pyrite de cuivre, cuivre panaché et terre cuprifère : les résidus et les terres cuprifères subissent ensuite une préparation mécanique spéciale.

Les teneurs approchées des minerais destinés à la vente sont les suivantes : Erubescite choisie au marteau, 1re et 2e qualité, 48,5 ou 25 % de teneur; pyrite de 1re et 2e qualité à 25,05 et 17,25 %; pyrite lavée au crible contenant d'après sa grosseur de 21,90 à 19 %. Les produits intermédiaires, poussière et rebuts de cribles et terres cuprifères contiennent respectivement 12,5, 3,75 et de 2,20 à 1,45 % de cuivre. Enfin, un certain nombre d'analyses ont permis de constater que la calkopyrite renfermait une proportion d'argent variant de 10 à 60 grammes par tonne de minerai.

**Société de Malfidano.** — Les mines exploitées par la Société sont parmi les plus importantes de la Sardaigne. On aurait à citer entre autres les mines de zinc de *Malfidano* et de *Planu-Sartu* avec celles de Punta-Perdosa, de Toppi-Vacca et de Bega-Sa-Funtana qui sont prises en location; ces mines occupent au total une superficie de 1370 hectares; puis des mines de plomb, celles de *Cabitza* et de *Monte-Scorra* situées près d'Iglésias. Le tableau suivant (1) fait ressortir l'importance relative de la production des deux centres d'exploitation de la société en les comparant aux principales mines de zinc et de plomb en Sardaigne pendant l'exercice 1874-1875 (2).

| NOM de la mine. | NOM des sociétés. | NOMBRE des ouvriers employés. | | QUANTITÉ EXTRAITE. | | TENEUR en 100 kilogr. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Dans la mine. | Au dehors | En minerai de plomb. | En minerai de zinc. | Plomb. | Argent. | Zinc. |
| | | | | q. m. | q. m. | | | |
| Montevecchia. . . | Montevecchia. . . | 448 | 527 | 45,340,72 | » | » | » | » |
| Monteponi . . . . | Monteponi . . . . | 845 | 849 | 104,536,52 | 57,118,75 | 63 | 26,5 | 50 |
| San Giorgio . . . | — . . . . | 107 | 44 | 1,263,12 | 9,063,02 | 68 | 25,43 | 47 |
| San Giovani di Gonesa. . . . . | Gonesa Mining Cy limited. . . . . | 103 | 89 | 9,311,00 | » | » | » | » |
| | | » | » | » | » | » | » | » |
| Pubuxeddu et Enna Murta . . | — — | 123 | 89 | 300,00 | 13,944,00 | » | » | » |
| Divers. . . . . | — — | 130 | 98 | 1,278,64 | 724,97 | » | » | » |
| Malacazetta. . . . | Monte-Santo. . . | 224 | 254 | 25,000,00 | » | 65 | 103,50 | » |
| Masna. . . . . | — . . . | 164 | 237 | 35,448,17 | 9,500,00 | 54 | 50 | 40 |
| Cabitza. . . . . | Malfidano. . . . | 67 | 48 | 8,481,33 | » | 73 | 23,13 | |
| Malfidano et Planu-Sartu . . . . | — . . . . . | 265 | 473 | » | 290,754,00 | » | » | » |
| San Benedetto. . | Vieille Montagne | 28 | 133 | » | 69,800,00 | » | » | » |
| San Duchesa. . . | — — | 19 | 107 | » | 50,000,00 | » | » | » |
| Iglesias. . . . . | — — | 44 | 35 | 445,17 | 18,195 | » | » | » |
| Cungiaus. . . . . | — — | 25 | 11 | » | 8,427,65 | » | » | » |
| Bacceddu. . . . . | | » | » | » | 36,398,10 | » | » | » |
| Canali Ringias. . | Midi de la France | 75 | 73 | 950 | 9,119,50 | 57 | » | » |
| Pianu Dentis. . . | | » | » | » | » | » | » | » |
| Divers . . . . . | Divers (3) . . . . | 1013 | 998 | 58,497,00 | 7,000,00 | » | » | » |

(1) D'après le relevé officiel du bureau central des mines en Sardaigne (Iglesias).
(2) En dehors des mines de zinc et de plomb, seules citées sur ce tableau, la Sardaigne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les exploitations de Malfidano fournissent donc à elles seules la moitié de la production de minerais de zinc en Sardaigne. Les gisements se rencontrent en amas irréguliers ou en couches stratifiées dans des terrains schisteux ou calcaires, appartenant à l'étage silurien, et plus particulièrement dans ces derniers.

La *mine de Malfidano* est la plus importante : elle renferme de la calamine, de la blende, de la galène et du carbonate de plomb, mais surtout de la calamine dont la proportion est environ les $^7/_8$ de la masse totale; l'exploitation s'y fait à ciel ouvert dans un énorme filon presque vertical et disposé parallèlement à la stratification des calcaires encaissants.

A *Planedda*, les travaux sont ouverts sur un gite calaminaire affectant la forme d'un tronc de cône renversé, dont la grande base, placée près des affleurements, mesurait 1200 mètres carrés de surface; l'exploitation en est à peu près terminée sur une hauteur de 105 mètres. Les terres calaminaires sont encore en grande proportion : environ $^4/_7$ de l'ensemble.

A *Monte-Rexio*, on trouve une succession de gîtes de formes irrégulières; c'est là que se trouvait celui de San-Marco, qui a fourni des calamines d'une pureté remarquable.

La mine de *Genna-Arenas* est sur le versant de Monte-Rexio et s'étend sur une série de lentilles calaminaires, tantôt isolées, tantôt réunies entre elles par des veines minérales plus pauvres.

Enfin le groupe de *Planu-Sartu* présente deux centres de travaux : Planu-Sartu Nord et Planu-Sartu Sud. Ce dernier est très-important : ses affleurements se développent sur une longueur de 340 mètres, et sur une largeur de 40 à 50 mètres. De récents travaux ont permis de constater que ce gisement, au lieu de se perdre dans la profondeur, comme on l'a craint un instant, s'y trouve au contraire représenté par des filons d'une grande puissance et d'une régularité remarquable : à 102 mètres de profondeur, c'est-à-dire à peu près au niveau de la mer, le filon a encore $7^m,60$ d'épaisseur; une reproduction en $^1/_2$ grandeur de l'aspect de ce filon avait été exposée.

La composition des minerais de ces diverses exploitations est assez variable : la Compagnie de Malfidano avait envoyé au Champ-de-Mars un très-grand nombre d'échantillons dont le tableau page 402 donne quelques exemples.

---

renferme également, dans les arrondissements de Cagliari et d'Iglesias, des mines de nickel, cobalt et bismuth, des mines de manganèse et des mines de cuivre, mais ces dernières n'ont qu'une faible importance : la valeur de leurs produits ne dépassait guère 130 000 francs en 1874-1875.

(1) Parmi lesquelles les plus importantes sont la société de Sardaigne et celle d'Ingurtosu.



CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| NOM DE LA MINE. | NATURE DU MINERAI. | PERTE par calcination. | ZINC. | PLOMB. |
|---|---|---|---|---|
| Mine de Monte-Rexio. | Calamine.. | 8,4 | 47,99 | » |
| | — | 9 | 46,05 | » |
| | Calamine et zinconite | 30 | 46,15 | » |
| | Calamine et smithsonite compacte. | 8 | 48,48 | » |
| | Smithsonite et zinconite. | 34,5 | 50,90 | » |
| | Smithsonite compacte | 8,6 | 48 | » |
| | Smithsonite et calamine. | 20,4 | 47,69 | » |
| | — — | 32,8 | 42,30 | » |
| | Smithsonite. | 24,5 | 50,66 | » |
| | — | 21,30 | 43,84 | » |
| | Zinconite | 25,8 | 52 | » |
| | Smithsonite et zinconite. | 34,2 | 48,32 | » |
| | — — | 29,8 | 50,82 | » |
| | — — | 11 | 54 | » |
| Planedda. | Calamine | 17 | 47,49 | » |
| | Calamine et smithsonite. | 25,1 | 49 | » |
| | — — | 27,1 | 45,8 | » |
| | — — | 30 | 38,2 | » |
| Genna-Arenas. | Smithsonite. | 33,3 | 49,99 | » |
| | Smithsonite et zinconite | 35,1 | 50,9 | » |
| Malfidano. | Smithsonite | 31,3 | 42 | traces. |
| | — | 31,3 | 49 | 1,3 |
| | — | 33,6 | 49,5 | 2,04 |
| | Calamine et smithsonite. | 29,2 | 32,5 | 17,68 |
| | — — | 32,6 | 48 | |
| | — — | 29,7 | 38 | 9,56 |
| | — — | 31,6 | 48,5 | |
| | — — | 33,5 | 48 | |
| | — — | 30,2 | 42 | 8,88 |
| | — — | 27,5 | 35 | 1,4 |
| | Blende. | | 39 | |
| | Calamine | 31,9 | 43 | 4,09 |
| | — | 30 | 40 | 9,56 |
| | — | 31,4 | 48 | |
| Monte-Rexio | Calamine et zinconite | 30,1 | 32,3 | traces. |

En dehors des diverses analyses jointes aux échantillons exposés, la société de Malfidano indiquait, comme moyenne de ses minerais, les teneurs suivantes :

1° *Pour les minerais en roche.*

| COMPOSITION. | Mine de Malfidano | Mine de Caitas. | Mine de Planedda. | Mine de Monte-Rexio. | Mine de Genna-Arenas. | Mine de Planu-Sartu. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Acide carbonique et eau de constitution. | 26,4 | 23 | 22 | 15 | 27,8 | 29,40 |
| Zinc. | 40 | 35 | 46 | 47 | 44 | 48 |
| Oxygène | 10,06 | 9,18 | 11,29 | 11,59 | 10,63 | 11,81 |
| Silice. | 5 | 8 | 10 | 15 | 6 | 3 |
| Plomb. | 5,54 | 8,12 | 1,66 | 2,31 | 2,77 | 2,59 |
| Oxyde de fer et alumine. | 6,50 | 8 | 5 | 4 | 4,60 | 3,10 |
| Chaux et magnésie | 4,40 | 6 | 4 | 5 | 3,60 | 2 |
| Soufre. | 2 | 2,50 | » | » | 0,50 | traces. |
| Cuivre. | » | » | » | » | » | traces. |
| Cadmium. | » | » | traces. | » | » | » |
| TOTAL. | 99,90 | 99,80 | 99,95 | 99,90 | 99,90 | 99,90 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° *Pour les terres calaminaires.*

| MATIÈRE. | A PLANEDDA. | A PLANU-SARTU. |
|---|---|---|
| Acide carbonique et eau de constitution. . . . . | 20,00 | 29,35 |
| Zinc . . . . . | 40,00 | 40,61 |
| Oxygène. . . . . | 9,93 | 10,14 |
| Silice. . . . . | 15,00 | 5,95 |
| Plomb. . . . . | 2,77 | 3,50 |
| Oxyde de fer et alumine . . . . . | 5,00 | 8,65 |
| Chaux et magnésie.. . . . . | 5,00 | 1,75 |
| Cuivre et cadmium. . . . . | 2,50 | traces. |
| TOTAL. . . . . | 100,20 | 99,95 |

3° *Pour les minerais zinco-plombeux*

| | |
|---|---|
| Teneur en zinc.. . . . . | 34,50 environ. |
| — en plomb. . . . . | 20,50 — |
| — en argent. . . . . | 150 gr. par t. de min. |

*Composition des éléments constituant le filon de Planu-Sartu (Sud)* fig. 1 p. 404.

| NUMÉROS d'ordre. | NATURE DE L'ÉCHANTILLON. | PERTE par calcination. | ZINC. | PLOMB. | OXYGÈNE. | OXYDE de fer. | CHAUX. | SILICE. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Smithsonite. . . . . | 30 | 43,63 | » | » | » | » | » |
| 2 | Calamine.. . . . . | 25 | 37,50 | 13,98 | 9,17 | 3,9 | 3,8 | 6,5 |
| 3 | Smithsonite. . . . . | 34,4 | 41,25 | 5,39 | 10,10 | 4 | 3.4 | 1 |
| 4 | Zinconite . . . . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 5 | Smithsonite. . . . . | 35 | 41,25 | 4,3 | 10,1 | 4 | 4 | 1 |
| 6 | Smithsonite verdâtre. . . | 34,2 | 47,30 | 3.23 | 11,62 | 1,5 | 1 | 0,6 |
| 7 | Calamine noirâtre. . . . . | 29,2 | 43,75 | 1,61 | 10,7 | 2,5 | 0,5 | 11,6 |
| 8 | Smithsonite verdâtre. . . | 33,4 | 46.15 | 2,17 | 11,27 | 4.2 | 2,1 | 0,5 |
| 9 | Zinconite. . . . . | 34,6 | 49,22 | » | 12,02 | 2,7 | » | » |
| 10 | Galène et smithsonite . . | 29,5 | 42,5 | 13,23 | 10,39 | 2 | 0,5 | 1.5 |
| 11 | Smithsouite. . . . . | 32,2 | 47,4 | 2,17 | 11,6 | 4 | 1 | 1,4 |
| 12 | Zinconite . . . . . | 34,4 | 49.22 | traces | 12.02 | 4 | traces | traces |
| 13 | Smithsonite. . . . . | 34,20 | 47,69 | traces | 11.65 | 6,5 | traces | traces |
| 14 | Zinconite . . . . . | 34,20 | 47,69 | traces | 11,65 | 6.5 | traces | traces |
| 15 | Zinconite.. . . . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 16 | Calamine. . . . . | 17,8 | 18,51 | 9,69 | 4,27 | 22,2 | 2,4 | 25 |
| 17 | Calamine.. . . . . | 33,6 | 49,22 | traces | 12,02 | 3 | traces | 2,00 |
| 18 | Calamine.. . . . . | 27,8 | 49,5 | 3,23 | 11,62 | 2,5 | 2 | 5 |
| 19 | Smithsonite. . . . . | 32,2 | 42,69 | 4,84 | 10,42 | 5,5 | 3 | 1 |
| 20 | Blende, galène et smithsonite . . . . . | 28,2 | 34,61 | 23,22 | 13.05 | 0,9 | » | » |
| 21 | Calcaire cristallin. . . . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 22 | Schistes . . . . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 23 | Calcaire dolomitique. . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 24 | Argile . . . . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 25 | Calcaire dolomitique. . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 26 | Calcaire spathique. . . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 27 | Calcaire. . . . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 28 | Argile . . . . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 29 | Calcaire dolomitique. . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 30 | Argile . . . . . | » | » | » | » | » | » | » |
| 31 | Calcaire cristallin. . . . . | » | » | » | » | » | » | » |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 4. — Section du filon.

Les terres calaminaires et les minerais zinco-plombeux sont vendus à l'état cru ; les calamines en roches sont calcinées à Buggerru, au charbon de bois, dans huit fours à cuve de 3 mètres de diamètre au ventre et 6 mètres de hauteur. On obtient actuellement par an environ 25,000 tonnes de minerai calciné, dont on estime comme suit la teneur moyenne :

| | |
|---|---|
| Perte par calcination . . . . . | 2,80 |
| Zinc . . . . . | 54,40 |
| Plomb . . . . . | 6,00 |
| Oxygène . . . . . | 13,75 |
| Oxyde de fer et alumine . . . . | 6,80 |
| Chaux et magnésie . . . . . | 6,60 |
| Silice . . . . . | 9,40 |
| TOTAL . . . . | 99,75 |

Depuis l'origine jusqu'à la fin de l'exercice de 1877, il a été préparé 195,603 tonnes de calamine calcinée; quant à l'ensemble de la production, on l'évalue comme suit :

1° *Minerai en roche.*

| | |
|---|---|
| 1866-1867. . . . . | 28,753,168 kilogr. |
| 1868. . . . . | 35,966,656 — |
| 1869. . . . . | 33,967,780 — |
| 1870. . . . . | 16,287,300 — |
| 1871. . . . . | 15,289,810 — |
| 1872. . . . . | 26,877,732 — |
| 1873. . . . . | 29,073,245 — |
| 1874. . . . . | 31,458,645 — |
| 1875. . . . . | 35,118,935 — |
| 1876. . . . . | 42,364,350 — |
| 1877. . . . . | 45,598,380 — |
| TOTAL. . . | 340,756,001 kilogr. |

2° *Terres calaminaires.* Pendant la même période, la production en terres calaminaires, d'une teneur en zinc suffisante pour être vendues à l'état cru, s'est élevée à 59,101,944 kilogr.

Maintenant, à côté de ce total de 399,000 tonnes de minerais, tant en roche qu'en terres calaminaires, vendues à l'état cru, il faudrait ajouter environ 200,000 tonnes de terres et menus à laver, pour lesquels on construit à Buggerru des ateliers de préparation mécanique. Cette production de 399,000 tonnes se répartit d'ailleurs, comme l'indique le tableau suivant (page 405), au point de vue de l'origine.

Pour répondre à cette production considérable, la société occupe encore en ce moment (1878) : 1465 ouvriers, dont 1125 dans les mines de Malfidano et établissements de Buggerru; 165 dans les mines de Cabitza et Monte-Scorra; 175 dans les établissements de Carloforte et Toccarossa.

La société avait exposé, comme il a été dit plus haut, une série d'échantillons de ses divers minerais, la plupart accompagnés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une analyse sommaire, d'ailleurs très-suffisante pour en caractériser la qualité. Elle y avait ajouté des plans donnant l'ensemble de l'exploitation, et un tableau représentant graphiquement les phases successives de la production. Mais un des côtés les plus intéressants de cette exposition était certainement la reproduction, en demi-grandeur, et avec les roches naturelles, d'un des filons de la mine de Planu-Sartu sud. Les roches encaissantes et les minerais de ce filon, qui ne mesure pas moins de 7,60, étaient disposés dans l'ordre même que l'on rencontre dans la mine. La fig. 1 (p. 404) donne une idée de la section qu'on avait représentée; des numéros inscrits sur les différents points de cette section permettent de retrouver sur le tableau des analyses (p. 403) la composition des roches et minerais qu'on a voulu reproduire.

| ORIGINE. | MINERAIS en roche. | TERRES calaminaires. |
|---|---|---|
| Malfidano. . . . . | 193,577,498 kil. | 2,197,740 kil. |
| Caïtas. . . . . | 5,526,410 » | 1,490,490 » |
| Planedda . . . . . | 18,645,268 » | 25,211,355 » |
| Monte-Rixio. . . . . | 26,070,343 » | 3,006,075 » |
| Genna-Arenas. . . . . | 5,957,560 » | » |
| Planu-Sartu . . . . . | 90,978,922 » | 27,196,284 » |
| TOTAL. . . . . | 340,756,001 kil. | 59,101,944 » |

## BELGIQUE (1).

La Belgique n'est pas seulement riche en mines de houille, son sol renferme aussi d'importantes mines métalliques. La galène se rencontre dans beaucoup de filons du terrain rhénan, ainsi que dans d'autres gisements, amas ou filons, des terrains carbonifères ou dévoniens; on peut citer, par exemple, ceux qui sont situés entre Sambre-et-Meuse, ou encore sur le long de la Meuse, de Namur à Chokier, et au Bleyberg près Moresnet. Les minerais de zinc sont encore plus abondants; la calamine et la blende sont exploitées sur beaucoup de points, mais toujours dans les terrains primaires, surtout le dévonien et le calcaire carbonifère; ces minerais de zinc sont presque toujours associés à une certaine quantité de galène et de pyrite. C'est principalement entre Huy et Chokier et dans la partie orientale de la province de Liége, que sont les principales exploitations : à Ampsin, Corphalie, la Mallieue, Engis, Angleur, Verviers, Membach, Welkenraed, Moresnet, Rocheux, Oneux, etc., etc.

Pour faire ressortir l'importance relative de la production minière de leur pays, les ingénieurs belges avaient fait paraître, à propos de l'Exposition de 1878, des tableaux donnant, en 1876, la production totale des principaux centres miniers de l'Europe et la répartition de cette production dans les mêmes contrées par kilomètre carré (2).

(1) Voir tome IX, pages 331, 519, 523.
(2) *Industrie minérale belge.* Catalogue spécial, p. 57 et 58.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Plomb.*

| PRODUCTION TOTALE EN 1876. — | tonnes. | PRODUCTION PAR KIL. CARRÉ EN 1876. — | tonnes. |
|---|---|---|---|
| Espagne | 101,522 | Belgique | 0,236 |
| Prusse | 70,207 | Espagne | 0,203 |
| Grande-Bretagne | 59,606 | Prusse | 0,201 |
| Etats-Unis | 58,125 | Grande-Bretagne | 0,189 |
| France | 21,329 | France | 0,040 |
| Belgique | 6,963 | Autriche | 0,014 |
| Autriche | 4,291 | Etats-Unis | 0,006 |
| Russie | 1,083 | Russie | 0,0002 |

*Zinc.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Prusse | 83,634 | Belgique | 1,7 |
| Belgique | 49,960 | Prusse | 0,24 |
| France | 17,434 | Grande-Bretagne | 0,21 |
| Etats-Unis | 16,091 | Autriche | 0,13 |
| Grande-Bretagne | 6,747 | Espagne | 0,06 |
| Russie | 3,990 | France | 0,03 |
| Autriche | 3,979 | Etats-Unis | 0,02 |
| Espagne | 2,940 | Russie | 0,007 |

En Belgique, la province de Liége est la plus importante au point de vue de la production du plomb et du zinc; elle seule d'ailleurs avait pris part à l'Exposition. Cette province possède 5 usines à plomb dont la production a été en 1876 de 6,640 tonnes, et 21 usines à zinc qui fournissent 70,309 tonnes de métal; on estime que sa production d'ensemble, en 1876, a été de :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Minerai de plomb | 1,404,003f | Zinc brut | 29,370,290f |
| — de zinc | 2,555,024 | — ouvré | 13,768,886 |
| Pyrite | 185,913 | Cuivre et laiton | 3,960,000 |
| Plomb pur | 3,521,252 | | |

Pour faire mieux comprendre l'importance de cette production, on avait envoyé une série de cartes statistiques disposées par moyenne quinquennale, depuis 1847.

Voici maintenant quelques notes sur les principales sociétés qui s'étaient fait représenter à l'Exposition.

**Société de la Vieille Montagne.** — La nomenclature des établissements de la société est assez longue; elle comprend :

*Sur le territoire neutre.* — *Moresnet*, avec son gisement important de calamine; un atelier de préparation mécanique, des fours à calciner, une fonderie de zinc.

*En Belgique.*— *Welkenraed*, gisement de calamine, blende et plomb, préparation mécanique, fours à calciner. — *Angleur*, fonderie de zinc, laminoirs. — *Tilff* (près Liége), laminoirs. — *Saint-Léonard* (à Liége), fonderie de zinc. — *Valentin Cocq* (station de Jemeppe), fonderie de zinc, usine à blanc de zinc et charbonnage. — *Flône* (station de Hermalle), mine de zinc et de plomb, grillage de blendes, fonderie de zinc. — *Baldaz-Lalore* (station de Flémalle), charbonnage et fours à coke.

*En Allemagne.* — *Borbeck* (près Essen), fonderie de zinc. — *Oberhausen*, laminoirs et grillages de blendes. — *Bensberg*, mines de blende et plomb, préparation mécanique. — *Uckerath* (cercle de Siégen), mines de blende, plomb et cuivre, préparation mécanique. — *Mayen* (près Coblence), mines de blende plomb et cuivre, préparation mécanique. — *Wiesloch* (près Manheim), gisement calaminaire, préparation mécanique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*En France.* — *Asnières,* usines de blanc de zinc. — *Bray* (Eure), *Sainte-Marie* (Oise), *Droitecourt* (Oise), *Panchot* (Aveyron), avec des laminoirs à zinc. — *Viviez* (Aveyron), fonderie de zinc.

*En Suède.* — *Ammeberg* (près Askersund), mines de zinc, cuivre et cobalt. Ateliers de préparation mécanique. Usine de grillage des blendes.

Enfin, diverses exploitations calaminaires, appartenant entièrement ou seulement en partie à la société :

*En Algérie,* à *Hammann* et *Aïn-Safra* (province de Constantine).

*En Sardaigne,* dans le district d'*Iglésias.*

*En Espagne,* dans les districts de *Carthagène, Almeria* et *Santander.*

En somme, ces divers établissements, occupent ensemble plus de 7,000 ouvriers, et renferment 179 moteurs, représentant une force collective de 4,523 chevaux-vapeur.

Pour bien caractériser le développement progressif de cette importante société, voici le tableau résumant les chiffres de production, d'achats et de vente pendant la période de 1860 à 1877 :

| ANNÉES. | MINES DE LA VIEILLE-MONTAGNE. | | | MINERAIS de zinc achetés, | GRILLAGE des blendes, | CALCINATION des calamines, | FABRICATION, | LAMINAGE. | FABRICATION, | VENTES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Minerais de zinc, calamines et blendes. | Minerai de plomb. | Charbon. | calamines et blendes. | quantité de minerai grillé. | quantité de minerai calciné. | de zinc brut. | | de blanc de zinc. | de zinc et blanc de zinc. |
| | tonnes. | tonnes. | tonnes. | tonnes. | tonnes. | tonnes. | tonnes. | tonnes. | tonnes. | tonnes. |
| 1860 | 47,095 | 1,268 | 98,697 | 31,024 | 11,670 | 30,196 | 28,925 | 20,847 | 3,683 | 26,169 |
| 1861 | 52,009 | 1,808 | 97,873 | 12,243 | 11,741 | 33,096 | 25,691 | 22,074 | 3,317 | 30,849 |
| 1862 | 54,081 | 1,755 | 92,959 | 27,867 | 18,819 | 31,841 | 23,875 | 21,735 | 3,885 | 26,885 |
| 1863 | 51,202 | 2,010 | 97,824 | 29,375 | 20,863 | 28,469 | 27,553 | 23,303 | 4,362 | 33,888 |
| 1864 | 54,640 | 2,230 | 89,811 | 41,094 | 20,312 | 26,211 | 28,115 | 20,795 | 4,954 | 30,582 |
| 1865 | 54,876 | 2,275 | 97,942 | 50,015 | 30,259 | 24,127 | 30,592 | 21,857 | 4,860 | 37,207 |
| 1866 | 53,113 | 2,261 | 106,280 | 37,587 | 33,528 | 21,249 | 31,722 | 22,054 | 5,633 | 37,462 |
| 1867 | 53,362 | 2,721 | 97,800 | 50,175 | 32,470 | 22,272 | 36,260 | 23,468 | 5,242 | 36,083 |
| 1868 | 64,402 | 2,736 | 89,816 | 61,026 | 28,898 | 30,669 | 40,219 | 24,976 | 5,419 | 39,367 |
| 1869 | 67,314 | 2,499 | 89,452 | 57,901 | 26,603 | 27,472 | 42,037 | 28,246 | 5,965 | 44,441 |
| 1870 | 66,426 | 2,581 | 96,987 | 94,494 | 27,048 | 35,522 | 42,112 | 25,392 | 5,732 | 47,108 |
| 1871 | 63,197 | 3,498 | 93,913 | 46,212 | 26,007 | 33,925 | 41,129 | 26,228 | 6,849 | 42,564 |
| 1872 | 63,551 | 4,165 | 94,626 | 78,968 | 22,276 | 38,912 | 39,663 | 31,102 | 6,851 | 43,458 |
| 1873 | 51,824 | 4,388 | 87,135 | 66,026 | 15,993 | 30,311 | 40,295 | 32,204 | 5,666 | 39,539 |
| 1874 | 54,298 | 4,746 | 77,338 | 67,184 | 20,251 | 35,414 | 40,269 | 31,061 | 6,041 | 42,845 |
| 1875 | 53,921 | 5,329 | 51,690 | 69,794 | 22,066 | 26,180 | 41,658 | 34,990 | 6,591 | 43,385 |
| 1876 | 54,569 | 5,914 | 78,110 | 65,161 | 29,368 | 16,694 | 38,518 | 35,416 | 4,934 | 40,194 |
| 1877 | 68,095 | 6,833 | 53,499 | 85,137 | 32,600 | 28,440 | 43,238 | 35,987 | 5,689 | 42,903 |

L'exposition de la société de la Vieille Montagne offrait un ensemble très-intéressant, depuis les minerais et les produits bruts, jusqu'aux diverses applications du zinc : couvertures, doublage et clouage des navires, fils et clous, fontes d'art, objets en zinc estampé et repoussé, blanc de zinc, etc. Les modèles de couvertures en zinc étaient nombreux : on a pu remarquer celui d'un hangar, établi avec charpente en fer, et muni d'un type de couverture en zinc ondulé et cannelé, ayant le double avantage de n'employer que des matières métalliques, c'est-à-dire incombustibles, et d'éviter que l'eau de condensation ne retombe dans l'intérieur du bâtiment. Parmi les feuilles de zinc laminé exposées, on remarquait des feuilles planes destinées au commerce ou au doublage de navires;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'autres pour l'impression ou le satinage ; quelques-unes enfin perforées de divers dessins, pour servir plus particulièrement au classement des poudres et des minerais ; plus loin, des feuilles cannelées et ondulées ; des clous, des fils et des pointes de dimensions variées ; en un mot, presque tous les éléments d'une construction exclusivement en zinc, si on ajoute les plaques de revêtement, les tuyaux d'aérage et de descente, etc.

Il faut signaler aussi comme application récente, la peinture *silicatée* à *base* de *zinc*. Dans cette peinture, le silicate liquide remplace l'huile, et sert de véhicule aux différentes poudres qui constituent la couleur : c'est ainsi que l'on emploie, par exemple, l'oxyde de zinc pierreux qui sert à imiter le ton et le grain de la pierre : cette peinture s'applique sur mortier, ciment, pierre, toile, brique, bois, zinc ou autres métaux ; plusieurs échantillons avaient été exposés, entre autres quatre plaques de zinc sur lesquelles on avait peint des imitations de bois de chêne, noyer, érable et acajou, deux vases imitation de faïence, une balustrade et toute une façade de pavillon.

Enfin, la société de la Vieille Montagne, directement intéressée à l'emploi du zinc pour la désincrustation des chaudières, avait exposé un lingot ayant séjourné 6 mois dans l'une de ses chaudières ; elle ajoutait comme renseignement que, d'après des expériences récentes, la proportion de zinc à employer avait été trouvée de 20 kilogrammes par 100 chevaux-vapeur pour trois mois de marche.

Parmi ses nombreuses exploitations, la société avait choisi celle de Moresnet pour faire l'objet d'une exposition spéciale, qui comprenait : une carte géologique, une collection de photographies, et des échantillons de minéraux recueillis sur la concession. Le gite et l'usine à zinc de Moresnet ont, en effet, une grande importance : le premier est situé dans les couches inférieures dolomitiques du calcaire carbonifère ; il mesure 450 mètres de long et 100 à 150 mètres de large, et affecte la forme d'une cuvette, en grande partie remplie de carbonate de zinc d'une pureté remarquable. Jusqu'en 1846, l'exploitation fut assez mal conduite ; mais, à partir de cette époque, on inaugura un travail sérieux et régulier qui donnait, en 1855, la production importante de 137,000 tonnes de minerai brut.

En 1850, on adjoignit un atelier de préparation mécanique qui servit à traiter les matières terreuses. Cette installation comprend : un premier atelier de débourbage et de gros classement, un second pour l'enrichissement des grosses grenailles ; un troisième servant à achever l'enrichissement des fines grenailles, sables et schlamms ; la production atteint 80 tonnes de minerai enrichi par 10 heures. L'usine à zinc comprend : 4 massifs de fours liégois avec 130 creusets chacun, et chargeant en moyenne 2,400 kilogrammes de minerai, ce qui correspond à une production d'environ 850 kilogrammes de métal, et à une consommation de 3,300 kilogrammes de combustible par 24 heures ; sur ce dernier, on compte 20 % de charbon maigre pour la réduction ; il est à remarquer que c'est l'usine de Moresnet qui produit le métal employé de préférence, à cause de sa pureté, pour la fabrication du blanc de neige et de la fonte d'art.

*Usine de MM. Œscher Mesdach et C^ie^, à Ougrée.* — On retrouvait cette maison parmi les exposants belges, pour l'usine à zinc et blanc de zinc d'Ougrée, usine qui a été signalée à propos de l'exposition de ces messieurs dans la section française ; l'usine est au milieu du bassin houiller de Liége ; elle occupe 2 hectares et demi, et comprend 22 fours de réduction pour le zinc, 12 fours de réduction pour le blanc de zinc, par procédé direct breveté. Elle renferme aussi, bien entendu, tous les accessoires nécessaires, fours à creusets, séchoirs,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

magasins, etc., etc.; elle emploie 150 ouvriers et peut donner annuellement 3,000 tonnes de zinc et 1,200 tonnes de blanc de zinc.

MM. Œschger, Mesdach et Cie, à côté de quelques échantillons des produits de cette usine, avaient exposé les plans d'un hôtel-restaurant qui lui est annexé, où l'ouvrier est logé, nourri et blanchi, moyennant 1f,30 par jour.

*Société de Bleyberg es-Montzen.* — La société de Bleyberg, fondée en 1853, exploite l'important gisement de zinc et de plomb, découvert entre les villages de Moresnet-Belge et du Bleyberg. Le gîte se compose d'un filon situé dans le calcaire carbonifère et dans le terrain houiller, et accompagné d'amas de contact; l'exploitation en est rendue particulièrement difficile par la nature ébouleuse des terrains, et l'effrayante quantité d'eau qu'on y rencontre. On sait, en effet, que la rivière la Gueule et ses affluents ont des cours parallèles à la fracture, ou aux lignes de jonctions qui proviennent d'arrachements latéraux à la fente principale; aussi, malgré des travaux de canalisation considérables, plus de 4,000 mètres pour la Gueule et 12,000 mètres pour les affluents, et tout le soin qu'on a mis à en rendre les lits imperméables, on est encore obligé de consacrer à l'épuisement 3,300 chevaux de force, et une dépense annuelle d'environ 500,000 francs.

Depuis 1853, ces mines ont produit 86,850 tonnes de minerai de zinc, et 86,876 tonnes de minerai de plomb. On peut citer cette société comme un exemple de succès industriel remarquable (1).

La préparation mécanique des minerais se fait sur la mine même : elle emploie 45 chevaux de force et 800 mètres cubes d'eau à l'heure. Elle se compose principalement de 6 cônes débourbeurs suivis de classeurs, donnant 19 catégories; de concasseurs et de cylindres broyeurs accompagnés de nouveaux classeurs. Les matières fines et les boues sont traitées dans des classeurs à eau, et réparties en 11 catégories. Pour les autres matières, les grenailles passent aux cribles à secousses, quand elles sont comprises entre 33 et 6 $^{m}/_{m}$. Ces cribles sont presque tous continus : ils donnent 3 classes de produits, et achèvent 4,500 kilogrammes de matière à l'heure et par appareil. Les gros sables jusqu'à $^{3}/_{4}$ de millimètre, sont passés aux cribles du Hartz à 4 compartiments et marchant à longues amplitudes : les cribles traitent 1,500 kilogrammes par heure. Les fins au dessous de $^{3}/_{4}$ de millimètre, classés aux appareils à eau, sont triés à d'autres cribles du Hartz semblables aux précédents, mais recevant par heure 1,200 kil. : ces cribles remplacent en grande partie les tables à secousses primitivement employées. Enfin, les minerais les plus fins et de composition complexe passent sur les tables Rittinger, à secousses latérales.

Au total, cet atelier, en occupant 180 ouvriers, prépare en 10 heures, 180 tonnes de matières : la dépense est de 14 francs par tonne de minerai enrichi, en partant d'une richesse moyenne de 18 % et, en arrivant à des teneurs d'environ 45 % pour les minerais de zinc, de 80 % pour la galène, et de 65 % pour les carbonates et phosphates de plomb.

La société du Bleyberg traite elle-même la plus grande partie de ses minerais. La fonderie de zinc comprend 12 fours de grillage à double sole de 8 mètres de long et 3 mètres de large, et 12 fours de réduction à 70 creusets : le chauffage de ces derniers s'obtient avec des charbons menus passés dans des gazogènes.

(1) D'après les renseignements fournis par cette société, le capital est de 2,750,000 fr. — De 1853 à 1877, on a réalisé 18,613,607 francs de bénéfice, dont 6,671,002 francs ont été employés dans des agrandissements et améliorations de matériel, et 11,941,575 ont été distribués.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le traitement des minerais de plomb se fait grillage et par réaction. Le minerai contient pour 100 kilogrammes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Plomb | 75 à 80k | Cuivre | 0,k70 |
| Argent | 12,5 | Un peu de blende, de pyrite et de quartz. | |
| Antimoine | 0,76 | | |

On retire du four à réverbère les $^2/_3$ du plomb contenu; ce plomb offre la composition suivante pour 100 kilogrammes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Antimoine | 0k,007 | Fer | 0k,0039 |
| Cuivre | 0 ,0120 | Argent | 0 ,02 |

Les résidus riches passent dans un four à manche avec les fumées des carbonates et des pyromorphytes pauvres (phosphates); le plomb obtenu est alors moins pur et renferme par 100 kilogrammes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Antimoine | 2k,1 | Argent | 0k,004 |
| Fer | 0 ,7 | Soufre | 0 ,005 |
| Cuivre | 0 ,54 | | |

Viennent ensuite le raffinage et la désargentation, puis la coupellation des plombs riches; les plombs marchands obtenus sont purs, si l'on doit considérer comme moyennes les analyses communiquées par la société :

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Argent | 0,000,25 | 0,000,213 | 0,000.266 | 0,000,33 | traces | 0,000,23 | 0,000,43 |
| Cuivre | 0,000,24 | 0,000,396 | 0,000,403 | 0,000,75 | » | 0,000,47 | traces |
| Antimoine | 0,000,15 | 0,000,462 | 0,000,391 | traces | 0,000,34 | traces | » |
| Fer | 0.000,83 | 0,000,319 | 0,000,694 | 0.000,91 | 0.000,61 | 0.000,91 | 0,000,91 |
| Zinc | 0.000,37 | 0,000,415 | 0,000,415 | 0,000,47 | 0,000,77 | 0,000,43 | 0,000,44 |
| Total des matières étrangères | 0,001,84 | 0,001,805 | 0,002,169 | 0,002,46 | 0,001,72 | 0,002,04 | 0,001,78 |

La production des usines a été, depuis 1853, de 59940 tonnes de plomb et de 20934 tonnes de zinc.

L'exposition de la société du Bleyberg renfermait un ensemble d'échantillons, les uns pris dans les matières premières et les roches caractéristiques du gisement, d'autres choisis pour montrer les produits intermédiaires de la préparation mécanique; chaque type portait l'indication des appareils dont il provenait; on y avait joint des blendes grillées, des plombs bruts désargentés ou non, du minium, des litharges, etc., répondant aux diverses périodes du travail.

Enfin, pour terminer l'examen de l'exposition belge, il reste à signaler les envois de la société Montefiore-Lévy et Cie, pour son bronze phosphoreux (1) ou *métal montefiore*; ici, comme dans l'exposition anglaise, on avait voulu prouver par des faits les résultats qu'on pouvait espérer dans l'emploi du bronze phosphoreux : on voyait, entre autres pièces, un pignon de train, provenant de chez M. Gilliaux de Charleroy, et qui, placé en août 1874 à un laminoir à tôles et larges plats, avait servi à laminer 25,000 tonnes de produits : les arêtes des dents étaient seulement un peu détériorées, et le pignon devait être remis en place.

(1) La fabrication du bronze-phosphoreux remonte aux recherches de MM. de Ruoltz et de Fontenay, puis de MM. Montefiore-Lévy et Cie; on le fabrique aujourd'hui chez MM. Montefiore-Lévy à Liége; chez M. G. Hoper et Cie à Iserlohn en Allemagne; dans les ateliers de la phosphor-bronze, Co à Fihsburg, aux Etats-Unis, et dans ceux de la phosphor-bronze, Co, Canon-street, 110, à Londres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## RUSSIE (1).

L'exposition russe renfermait des échantillons nombreux, et groupés avec soin, de toutes les richesses minérales du pays. On n'y trouvait guère, il est vrai, que des renseignements minéralogiques, les usines de Nijné-Taguilsk, de M. Demidoff, étant à peu près les seules qui aient envoyé des produits fabriqués, mais le service des mines avait mis une très-grande libéralité à fournir toutes les données statistiques et descriptives nécessaires pour apprécier les immenses ressources dont disposera un jour la Russie, au point de vue des gisements métalliques (2).

L'Oural et l'Altaï ainsi que les montagnes de Nertchinsk, qui peuvent en être considérées comme le prolongement, doivent être comptés parmi les centres les plus riches en dépôts métallifères; on y rencontre à la fois l'or, le platine, l'argent, le cuivre, le plomb et le fer. Néanmoins, la Russie est encore assez loin de pouvoir suffire à ses besoins, même pour les métaux bruts; voici en effet, le relevé du commerce en 1876.

| MÉTAUX. | IMPORTATION | | EXPORTATION | |
|---|---|---|---|---|
| | avec l'Europe. | avec l'Asie. | avec l'Europe. | avec l'Asie. |
| | kil. | kil. | kil. | kil. |
| Platine | » | » | 1,083 | » |
| Cuivre | 5,868,208 | 17,870 | 201,539 | 108,468 |
| Plomb | 22,182,271 | 160,015 | » | 3,933 |
| Zinc | 601,539 | 13,939 | » | 1,721,652 |

Mais cette situation ne peut être que momentanée; l'abolition du servage, la construction des nouvelles lignes de chemins de fer (3) et la découverte de gisements importants de combustible minéral, dont l'emploi se substitue rapidement au combustible végétal, vont permettre de donner bientôt à l'exploitation des mines un développement beaucoup plus considérable.

**L'or** se rencontre fréquemment en Russie et, sur quelques points, il est l'objet d'exploitations assez importantes; c'est surtout dans l'Oural que ces exploitations sont concentrées. Les gisements se présentent dans des filons quartzeux, soit au milieu des diorites ou des serpentines, soit surtout dans des sables d'alluvions, provenant de ces roches minéralisées et entraînées quelquefois assez loin.

Les *gisements primitifs* sont exploités actuellement dans l'Oural: dans le district de Bérésowsk non loin d'Ekaterinembourg; au sud de l'Oural sur les territoires des Cosaques et des Bachkirs; dans les districts de Werkh-Issetsk, Newiansk et Goroblagodatsk.

Dans le district de Bérésowsk, on rencontre d'abord les mines mêmes de

(1) Voir tome IX, page 290.

(2) Tableaux statistiques, par C. Skalkovsky ingénieur des mines. — Richesses minérales du Turkestan, par M. J. Mouchkétoff. — Richesses minérales de la Russie d'Europe, par le département des mines.

(3) Il y a en ce moment en Russie environ 20,000 verstes ou 21,320 kilom., de voie. (Tableaux statistiques publiés par M. Skalkovsky à propos de l'Exposition).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bérésowsk ; l'or y est disséminé dans la masse de filons quartzeux qui traversent des schistes talqueux et chloriteux; les gisements occupent une étendue de 56 kilom. carrés autour de l'usine de Bérésowsk; la teneur en or se tient en général entre 2 et 25 grammes à la tonne, et atteint même quelquefois 250 grammes; l'or est accompagné de pyrite de fer, de galène, de cuivre gris, de pyromorphite, de divers oxydes de fer, de soufre natif, etc...

Parmi les autres gisements exploités dans cette région, on peut citer celui de Smolensk à 30 kilom., environ de l'usine de Miassk près du village de Nepriahina composé essentiellement de deux filons quartzeux parallèles et fortement inclinés, traversant les schistes talqueux dans une direction très-voisine de la méridienne; leur puissance est variable, ainsi que leur teneur; celle-ci a atteint jusqu'à $2^{k},500$ à la tonne. D'autre part, à 50 ou 60 kilom., N.-O., de la ville de Troitzk et non loin du village de Katchkar, se trouvent plusieurs exploitations, entre autres la mine d'Ouspensk dont le filon dirigé N. 75° E., et incliné de 70° au S.-E., a une épaisseur variant de 0,60 à $2^{m},50$; les travaux sont déjà à plus de 70 mètres de profondeur; certains éléments de ce filon analysés ont renfermé à la tonne 420 à 500 et même 720 grammes d'or; en résumé de 1871 à 1876 on a extrait sur ce point près de 1,300 kilog., d'or.

Les *sables aurifères* sont constitués par de l'argile pure ou sablonneuse renfermant des débris ou des blocs roulés de diverses roches aurifères; leur épaisseur varie dans l'Oural de 0,5 à 1 mètre, leur étendue individuelle dépasse rarement 500 mètres; les gisements de Balbouk et de Stolbensk, ce dernier sur la Neiwa l'autre sur l'Ouï, ont respectivement 4,500 et 6,000 mètres de long; les sables aurifères sont souvent recouverts d'une couche stérile mesurant 0,50 à 4 mètres et même beaucoup plus, comme à Chabrowsk (district d'Ekaterinembourg). La richesse varie de 0,8 à $2^{g},06$ à la tonne. Cependant on a découvert quelques pépites assez volumineuses, témoin celle de Zarewo-Alexandrousk, dans le district de Miassk qui pesait 36 kilog. On trouve presque toujours dans les sables aurifères : du platine, des grenats et du fer magnétique ou oligiste, quelquefois on a rencontré du zircon, du disthène et même du diamant.

D'après les renseignements officiels, on a extrait en 1875 plus de 5,300 kilog. d'or de 4,240,000 tonnes de sables aurifères, ce qui correspond à une richesse moyenne d'environ $1^{g},3$ à la tonne.

Voici du reste un tableau donnant depuis 1867, la production totale de l'or dans les gisements aurifères en Russie.

| ANNÉES. | NOMBRE d'exploitations. | QUANTITÉ de sables ou de minerai lavé en tonnes. | QUANTITÉ d'or obtenue en kilogr. |
|---|---|---|---|
| 1867 | 878 | 15,876,213 | 27,018 |
| 1868 | 993 | 19,307,523 | 28,030 |
| 1869 | 1,129 | 17,294,948 | 32,866 |
| 1870 | 1,208 | 16,128,990 | 35,323 |
| 1871 | 978 | 17,736,897 | 39,308 |
| 1872 | 1,055 | 17,122,042 | 38,175 |
| 1873 | 1,018 | 15,656,227 | 33,162 |
| 1874 | 1,035 | 15,376,227 | 33,202 |
| 1875 | 1,092 | 16,319,605 | 32,687 |
| 1876 | 1,130 | 16,769,705 | 33,644 |

La richesse moyenne, pour les 10 dernières années, est donc voisine de 2 grammes d'or par tonne. La répartition de cette production est indiquée ci-dessous pour l'année 1876.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| TERRITOIRES. | NOMBRE d'exploitations. | PRODUCTION annuelle en kilogr. |
|---|---|---|
| Jakoutsk | 35 | 10,278 |
| Jenisseïsk et Irkoutsk | 336 | 6,316 |
| Transbaïkal | 64 | 3,832 |
| Perm | 197 | 2,891 |
| Amoir | 10 | 2,807 |
| Orenburg | 263 | 1,795 |
| Tomsk | 126 | 1,752 |
| Littoral | 3 | 201 |
| Semipalatinsk | 24 | 198 |
| Akmolinsk | 6 | |
| Ulcaborg | 9 | |

Le **platine** est rarement seul, mais presque toujours avec l'or dans des sables d'alluvions qui renferment, comme éléments principaux, des schistes chloriteux et talqueux, du fer chromé du péridot, de l'iridium et de l'osmiure d'iridium, etc.; le platine est à l'état de grains et de pépite, la plus grosse qu'on ait trouvé pesait 10 kilog.; la teneur moyenne des sables platinifères est de 6 à 8 grammes et exceptionnellement cette teneur atteint 40 grammes; depuis la découverte des sables platinifères dans le district de Nijné-Taguilsk, c'est-à-dire de 1825 jusqu'à 1877, on a extrait 67,500 kilog., de platine. On n'exploite guère le platine que dans les districts de Taguilsk, de Goroblagodatsk et de Bisersk, mais il semble probable qu'il existe également dans l'Oural du sud, car on y a découvert dans ces derniers temps des roches à base de péridot (montagnes de Narali et Talowsk), qui paraissent caractéristiques de ce genre de gisement.

Le tableau suivant résume l'importance de la production de ce métal précieux.

| ANNÉES. | NOMBRE d'exploitations. | QUANTITÉ de sables platinifères lavés en tonnes. | QUANTITÉ approximative de platine obtenu en kilog. |
|---|---|---|---|
| 1867 | » | 189,000 | 1785 |
| 1868 | » | 292,800 | 1998 |
| 1869 | 6 | 221,800 | 2341 |
| 1870 | 6 | 157,700 | 1949 |
| 1871 | 6 | 170,900 | 2220 |
| 1872 | 5 | 135,000 | 1507 |
| 1873 | 6 | 124,900 | 1572 |
| 1874 | 5 | 162,900 | 1998 |
| 1875 | 7 | 143,900 | 1539 |
| 1876 | 5 | 168,500 | 1572 |

L'**argent** se rencontre surtout dans l'Oural; on connaît encore quelques mines de plomb argentifère dans les environs d'Olkusz de Slawkow et de Boleslaw en Pologne, mais leur exploitation est aujourd'hui très-limitée. Dans l'Oural même, on n'a pas encore découvert de gisements de grande importance et l'argent s'y trouve rarement à l'état natif, ou dans des combinaisons isolées, il est presque toujours avec le plomb et le cuivre. Les principaux gisements sont dans les districts d'Ekaterinembourg ou de Nijné-Taguilsk; on a également découvert dans ces derniers temps dans le groupe de Katchkar, à environ 50 kilom. de Troitzk, un filon quartzeux vertical N. 75° O., épais de moins de 1 mètre, dont les salbandes contiennent des chlorure et bromure d'argent, de l'argent et de l'or

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

natifs ; les premiers travaux ont fourni des minerais dont la richesse en argent a atteint, en 1874, 2k,6 d'argent à la tonne et, en 1876, près de 4 kilogrammes.

Le **plomb** est exploité en Pologne aux points indiqués plus haut à propos de l'argent ; il l'est également dans l'Oural, soit en même temps que l'argent à Perwoblagodask, à Preobragensk à Sanarsk, etc., soit seul, à Melkoserowa et à Ecmakowa, dans le district d'Alapaewsk, par exemple ; on signale également un assez grand nombre d'autres gisements dans le Turkestan. Voici d'ailleurs un tableau résumant la production de l'argent et du plomb en Russie dans les dix dernières années.

| ANNÉES. | NOMBRE de mines de plomb argentifère. | QUANTITÉ de minerai extrait en tonnes. | QUANTITÉ d'argent produit en tonnes. | QUANTITÉ de plomb produit en tonnes. |
|---|---|---|---|---|
| 1867 | » | 42,400 | 18,00 | 1740 |
| 1868 | 29 | 46,900 | 17,80 | 1640 |
| 1869 | 17 | 50,500 | 12,60 | 1060 |
| 1870 | 26 | 34,550 | 14,10 | 1640 |
| 1871 | 23 | 35,500 | 13,5 | 1690 |
| 1872 | 25 | 30,700 | 12.3 | 1220 |
| 1873 | 19 | 30,700 | 9,9 | 940 |
| 1874 | 22 | 33,700 | 11,8 | 1320 |
| 1875 | 24 | 25,800 | 9,8 | 1080 |
| 1876 | 24 | 34,300 | 11,1 | 1160 |

Le **cuivre** est un métal abondant en Russie. La Pologne en renferme quelques gisements constitués par de la Malachite et de l'Azurite, ce sont ceux de Kiélcé, de Miedziana-Gora, de Karczovska ; mais les plus importants sont dans l'Oural et le Caucase.

Dans l'Oural, le cuivre se rencontre soit dans des filons, soit dans des couches subordonnées aux formations sédimentaires ; les gisements en filons sont nombreux ; on peut citer ceux *du district de Bogoslowsk*, filons dioritiques et porphyriques, dans des calcaires siluriens ; le minerai formé principalement de pyrites de fer et de cuivre, de cuivre gris et de malachite, se trouve en veines irrégulières au contact des roches éruptives et du calcaire. La découverte de ces mines remonte au siècle dernier ; on traita d'abord des minerais rendant 15 % de cuivre, plus tard cette teneur descendit à 10 %, elle n'était plus que de 3,41 % en 1866 ; mais de nouvelles et récentes découvertes font espérer que cette teneur s'améliorera. On peut citer également les gisements du district de Goroblagodatsk, avec les cuivres panachés de Wolkowsk contenant en moyenne 3,35 % et les filons de Kouchaïsk au milieu des schistes talqueux, avec mélange de pyrites de fer et de cuivre renfermant jusqu'à 6 % de cuivre ; et enfin les gisements du district de Nijné-Taguilsk, dont le plus connu est celui de Roudiansk, près de l'usine du même nom ; ce dernier est, à la partie supérieure, riche en minerai oxydé et d'une étendue considérable (120 mètres de largeur) ; il a fourni des amas de malachite, bien célèbres, l'un d'eux a atteint 330 tonnes (1836), mais sa teneur moyenne n'est que de 2,3 %, en dehors de la malachite qui est vendue directement comme pièce précieuse d'ornementation ; de 1814 à 1877, on a extrait dans cette exploitation 2,576,000 tonnes de minerai ; il en sera de nouveau question à propos de l'exposition des usines de Nijné-Taguilsk.

Parmi les gisements du district d'Ekaterinembourg, on peut signaler : celui de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Swiato-Tchoudowsk (carbonate vert et bleu, cuivre natif, associé à des hématites) au milieu du calcaire carbonifère et riche en moyenne à 1,5 ou 2 % de cuivre; celui de Chilowsk découvert en 1703, qui fournit au début, des minerais à 60 % de cuivre, mais dont la teneur est descendue à 2,8 %; celui de Krasnogorsk, dont les minerais sont à 4,5 % de cuivre et qui a fourni des blocs de malachite remarquables, entre autres celui de 2,800 kilog., d'où fut tiré l'échantillon de 1,485 kilog., figurant au musée de l'École des mines de Saint-Pétersbourg.

Les *gisements de cuivre en couches* se rencontrèrent surtout dans les gouvernements de Perm, de Wiatka, de Kazan, d'Oufa, de Samara, etc., ils sont liés en général à des grès qui appartiennent aux formations Permienne ou Triasique. Le cuivre se trouve presque toujours dans ces gisements à l'état de carbonate bleu et vert, de cuivre oxydé noir et de malachite, on estime que les minerais sulfurés n'occupent guère que le dixième de la masse totale; le minerai quel qu'il soit se présente d'ailleurs en veinules, nids ou imprégnations dont l'ensemble constitue de petites couches ordinairement de 60 à 70 centimètres d'épaisseur, de richesse très-inégale,et situées à de faibles profondeurs; leur teneur se tient en moyenne de 2,5 à 4 %. Comme mines importantes : celle de Kargalinsk à 40 kilom., d'Orembourg et celle de Jougowsk; cette dernière appartient au Gouvernement. On peut ajouter que le nombre de ces gisements est considérable; leur production a été de 20,000 tonnes de minerai en 1875 d'où l'on a extrait environ 800 tonnes de cuivre de grande pureté.

Au *Caucase* les gisements de cuivre occupent la première place, dans les richesses minérales du pays; on les rencontre dans la chaîne méridionale en filons et plus rarement en amas; ce sont par exemple, les filons d'Alwerd, de Katar, de Kawart, etc., et les amas de Kiadabek.

Il n'est pas possible de donner ici de grands détails sur ces exploitations; on peut dire cependant, pour le gisement d'Alwerd par exemple, que le travail se concentre sur deux renflements d'un filon N. 29° O., ayant 80 et 120 mètres de longueur et 14 mètres de largeur; le minerai atteint en général une richesse de 10 % et exceptionnellement 20 %; la préparation mécanique est jusqu'ici très-sommaire et l'on a rejeté des montagnes de minerais contenant de 4 à 6 % de cuivre. D'ailleurs, la production annuelle n'équivaut qu'à 160 tonnes de cuivre, et la profondeur des travaux n'atteint encore que 80 mètres environ. Pour le gisement de Katar, situé dans le gouvernement d'Elisabethpol, le filon presque vertical N. 75° O., est situé dans un porphyre feldspathique; il mesure 1,50 de puissance dans les régions supérieures et diminue à 0,70 dans la profondeur; la teneur moyenne du minerai est de 7 %; les travaux atteignent aujourd'hui le niveau de 60 mètres, ils fournissent annuellement environ 500 tonnes de minerai; attenant à la mine, est une usine composée d'un four de fusion, d'un four d'affinage et 36 fours de grillage. Enfin pour le gisement de Kaward, situé à 6 kilom., N.-O., du précédent, l'exploitation est répartie sur une série de petits filons de 30 et 40 centimètres d'épaisseur et presque horizontaux; le minerai tient en moyenne 10 % de cuivre; le tonnage extrait, par an, est d'environ 1,300 tonnes que l'on traite dans une usine qui dépend de la même Compagnie, et d'où l'on retire 130 tonnes de cuivre.

Pour le gisement de Kiadabek, appartenant à MM. Siemens frères et C^ie^, l'importance de la production est plus élevée; il en est de même de l'usine dont l'installation est de beaucoup supérieure à ce que l'on rencontre en moyenne dans le Caucase; le gisement de Kiadabek est à 60 kilom., au S.-O., d'Elisabethpol et à 212 kilom., de Tiflis; il est formé d'amas isolés, dans un quartzite à grains fins; les plus importants sont ceux de Werner et d'Esel. Ce dernier, de forme elliptique, dirigé E.-O., et mesurant 70 mètres sur 30 mètres, renferme un mélange de pyrite de fer et de blende cimentés par de la pyrite

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de cuivre; la teneur est de 3 à 5 % de cuivre vers le centre et s'élève à 12 % vers le toit. L'amas de Werner N. 30° O., de 50 mètres sur 10 vers la région supérieure renferme les mêmes éléments minéralisateurs disséminés assez régulièrement dans un filon quartzeux; on en retire deux catégories de minerai, l'une à 5, l'autre à 10 % de cuivre. La production totale des mines de Kiadabek peut atteindre 1,300 tonnes par mois.

L'usine de Kiadabek étant la seule montée avec les appareils ordinairement employés dans l'Europe occidentale ; il n'est peut-être pas sans intérêt de donner en quelques mots la méthode employée dans les autres usines, et dite « *asiatique.* » Dans cette méthode, on grille le minerai sulfuré d'abord en tas, puis dans des fours cylindriques appelés *fouliques*. ayant 1m,65 à 2m,00 de diamètre intérieur avec 2m,00 à 2m,60 de hauteur; le grillage dans les fouliques est répété jusqu'à 6 fois; pour chaque opération on dispose successivement des couches de bois et de minerais en proportion variant d'après le degré d'avancement du grillage; ainsi pour griller 5 tonnes de minerai, on emploie environ les quantités suivantes de bois et de charbon.

| CATÉGORIES. | | TONNES et bois. | TONNES de charbon. |
|---|---|---|---|
| Pour le | 1er grillage. . . . . | 0,50 | 0,30 |
| | 2e grillage. . . . . | 0,33 | 0,37 |
| | 3e grillage. . . . . | » | 0,90 |
| | 4e grillage. . . . . | » | 1,35 |
| | 5e grillage. . . . . | » | 1,50 |
| | TOTAL . . . . . | 0,83 | 4,42 |

Après chaque opération on a le soin de trier et de grouper les morceaux de minerai suivant l'avancement du grillage; après le cinquième grillage, les $^3/_4$ du minerai sont bons à fondre, le tout a une durée de 15 à 20 jours. La fusion s'opère dans des fours établis grossièrement avec quatre murs en pierres brutes, distants de 0,70, hauts de 1m,65 et enduits d'une couche de terre glaise. Une ouverture pour la tuyère est réservée dans le mur d'arrière, le vent est donné à l'aide de soufflets de forge mus par des hommes, ou à l'aide des roues hydrauliques. Un four peut fondre 2 à 3 tonnes de minerai et donner 250 à 300 kilog., de cuivre noir. Le raffinage se fait dans des feux de forge ordinaires où l'on peut charger 200 à 250 kilog., de cuivre noir.

Les minerais de cuivre sont également très-abondants dans le *Turkestan,* mais ils sont encore inexploités ; il n'y a donc qu'à citer en passant les gisements qui paraissent donner le plus d'espoir, soit par exemple, celui d'Oura-Tioubé, sur le territoire de sir Daria, ceux des rives du Djeï-Sou et du Miss-Sou, qui ont fourni des quantités importantes aux anciennes usines chinoises, et enfin celui d'Abket, district de Serguiopol, ou l'on a exploité un minerai rendant jusqu'à 20 et 30 % de cuivre.

Pour terminer cette nomenclature sur les principaux gisements de cuivre en Russie, voici quelques données statistiques sur la production en cuivre pendant ces dernières années.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| ANNÉES. | NOMBRE de mines de cuivre. | QUANTITÉ de minerai extrait en tonnes. | QUANTITÉ de cuivre produit en lingots en tonnes. | QUANTITÉ de cuivre produit en feuilles en tonnes. |
|---|---|---|---|---|
| 1867 | » | 12,700 | 4,200 | 298 |
| 1868 | 229 | 13.250 | 4,380 | 506 |
| 1869 | 98 | 13,100 | 4,170 | 353 |
| 1870 | 71 | 10,480 | 5,005 | 484 |
| 1871 | 77 | 10,180 | 4,250 | 347 |
| 1872 | 81 | 9,710 | 3,730 | 257 |
| 1873 | 64 | 9,800 | 3,650 | 309 |
| 1874 | 77 | 8,500 | 3.260 | 362 |
| 1875 | 79 | 9.010 | 3,630 | 478 |
| 1876 | 71 | 10,360 | 3,630 | 382 |

Au point de vue géographique, la production de 1876 se répartit comme suit, dans les divers gouvernements et territoires.

| NOM DU GOUVERNEMENT ou du territoire. | NOMBRE des usines. | PRODUCTION du cuivre en tonnes. |
|---|---|---|
| Perm. . . . . | 4 | 123 |
| Elisabethpol . . . . . | 5 | 86 |
| Oufa . . . . . | 4 | 61 |
| Tomsk . . . . . | 1 | 55 |
| Akmolinsk . . . . . | 1 | 46 |
| Tiflis. . . . . | 2 | 7,40 |
| Divers . . . . . | 6 | 3,60 |
| TOTAL. . . . . | | 382,00 |

Pour les autres produits métalliques, le zinc excepté, la production est assez faible; ainsi pour l'*étain* on n'a produit que 37t,7 de minerai en 1875; pour le *nickel* et le *cobalt* on a extrait en 1876, 7t,52 de minerai de cobalt et 173 tonnes de minerai de nickel; l'on a produit 30t,6 du premier métal et 40t,6 du second; les minerais de cobalt sont exploités et travaillés dans le gouvernement d'Elisabethpol, au Caucase; ceux de nickel dans le gouvernement de Perm, dans l'Oural.

Pour le *zinc*, la production annuelle atteint un chiffre assez élevé, ainsi que le montre le tableau suivant:

| ANNÉES. | NOMBRES de mines. | MINERAI de zinc extrait. | ZINC brut obtenu. | ZINC laminé. |
|---|---|---|---|---|
| | | tonnes. | tonnes. | tonnes. |
| 1870 | 6 | 43.600 | 3780 | 438 |
| 1871 | 6 | 43,000 | 2720 | 491 |
| 1872 | 6 | 71.700 | 2330 | 499 |
| 1873 | 7 | 71.800 | 3380 | 620 |
| 1874 | 9 | 100.700 | 4110 | 491 |
| 1875 | 6 | 66.000 | 3960 | 491 |
| 1876 | 6 | 61,200 | 4600 | 382 |



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Presque tout le tonnage appartient aux gouvernements de Pétrokov et de Kielcé (Pologne) qui confinent à la Haute-Silésie et à l'Autriche; les mines principales sont celles de Zychcicé, Woïkowicé, Czichow, Rogoznik, etc., vers l'Ouest et celles de Slawkow, Bukowno, Starczynow qui s'étendent depuis Siewierz jusqu'à Olkusz; presque tous ces gisements se composent de carbonate et silicate de zinc, en amas, au milieu d'une dolomie qui appartient au Muschelkalk; la teneur en zinc est en général assez faible, elle se tient tout au plus dans les environs de 12 à 14 %; un enrichissement préalable est donc indispensable, c'est ainsi que les 60,000 tonnes en nombre rond, extraites en 1876, ont produit environ 15,000 tonnes de calamine bonne à fondre.

**L'Exposition russe** comprenait surtout, ainsi qu'il a été dit en commençant, des échantillons des minéraux rencontrés tant dans la Russie d'Europe que dans la Russie d'Asie. On aurait à signaler tout particulièrement, à propos de cette dernière, le soin qu'on avait mis à réunir les témoins des richesses minérales de Turkestan. En dehors de ces collections minéralogiques, il n'y a guère à citer que l'exposition du prince Demidoff qui offrait d'ailleurs un intérêt tout particulier par l'importance et la multiplicité des installations industrielles qu'elle représentait.

*Usines de Nijné-Taguilsk.* — Les usines sont situés sur les immenses propriétés que M. Demidoff, prince de San-Donato, possède dans le gouvernement de Perm; l'ensemble de ces propriétés comprend une étendue de près de 180 kilom., de long, sur 43 kilom., de large, soit exactement 697,312 hectares, divisée en deux parties inégales par la chaîne de l'Oural. Au point de vue géologique, cette région renferme les différents terrains qui constituent les deux versants de l'Oural, terrains carbonifère, dévonien et silurien. Ce dernier qui appartient au versant Est, est traversé par de grandes masses de porphyre, de diorite et de serpentine disposées presque parallèlement à la chaîne principale. C'est principalement au contact de ces roches éruptives et des terrains anciens que se trouvent les gisements métallifères.

L'*or* se rencontre dans des veines quartzeuses recoupées par de la serpentine, du talc et de la chlorite schisteuse; il a été jusqu'ici peu abondant; de 1823 à 1877, on en a retiré 21,785 kilog. et la production actuelle n'est guère que de 49 à 50 kilog., par an.

Le *platine* se trouve en grains de petites dimensions dans des terrains d'alluvions provenant de roches serpentineuses et de schistes chloriteux pénétrés de fer chromé. C'est en 1825 qu'on a commencé à l'exploiter, on en a extrait jusqu'à 1877 environ 67,400 kilog., la production actuelle est de 1,150 kilog., par an.

Le *cuivre* est abondant et, comme il est dit plus haut, c'est au contact des terrains siluriens et des diorites ou des porphyres qu'on a découvert les gisements de cuivre; actuellement la mine de Roudiansk est seule en activité; on en a retiré de 1814 à 1877, 2,576,246 tonnes de minerai à 2 ou 3 % de teneur, pyrites de fer et de cuivre mélangées, avec diverses combinaisons oxydées. On a rencontré également dans cette région des dépôts importants de fer magnétique, d'hématite et de limonite, ainsi qu'un gisement de manganèse, ce qui a permis de s'occuper aussi activement de la fabrication du fer que de celle du cuivre; annuellement on peut produire, avec les ressources de combustible végétal dont on dispose : en cuivre de 1,100 à 1,200 tonnes; en fer et en acier, de 25 à 30,000 tonnes. Ces résultats sont obtenus dans 8 petites forges fondées dans le cours du XVIII^e^ siècle et 3 usines nouvelles établies

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour le laminage du fer et du cuivre de 1850 à 1873; le nombre total des ouvriers employés dans les travaux des mines et usines n'est pas moins de 12,000.

L'exposition renfermait de nombreux échantillons de minerais de cuivre de la mine de Medno-Roudiansk, variant de 1 à 6 % de teneur et ne contenant que des traces d'arsenic. On y avait ajouté divers produits du travail des usines correspondant aux étapes successives de la fabrication; on avait donné pour chacun d'eux une analyse détaillée, ce qui permettait de suivre les diverses opérations métallurgiques; ces renseignements ont été résumés sur le tableau ci-après.

*Analyses des produits intermédiaires de la fabrication du cuivre à Nijné-Taguilsk.*

| MATIÈRES. | Silice. | Alumine. | Protoxyde de fer. | Protoxyde de manganèse | Chaux | Magnésie | Cuivre | Fer. | Soufre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Scories de fusion crue pour matte | 34,715 | 10,550 | 44,089 | 1,661 | 3,293 | 2,426 | 0,400 | » | » |
| | 33,060 | 13,819 | 45,259 | » | 0,593 | » | 0,375 | » | 0,497 |
| Scories de fusion crue pour cuivre noir | 32,883 | 12,738 | 46,143 | 0,868 | 2,964 | 2,444 | 0,425 | » | » |
| | 33,634 | 21,914 | 45,663 | » | 0,420 | 0,004 | 0,450 | » | 0,525 |
| Scories de fusion crue acides | 34,525 | 20,890 | 42,280 | » | 0,848 | » | 0,450 | » | 0,410 |
| | 40,342 | 20,000 | 32,928 | » | 1,305 | » | 0,750 | » | 1,423 |
| Scories de fusion crue basiques | 40,020 | 18,542 | 33,344 | » | 2,641 | » | 0,502 | » | 0,265 |
| | 30,445 | 21,420 | 45,713 | » | 1,012 | » | 0,300 | » | 0,605 |
| | 26,755 | 16,525 | 54,223 | » | 1,003 | » | 0,2 0 | » | 0,298 |
| Matte, produit de la fusion crue pour matte | 0,982 | » | » | » | » | » | 49,895 | 26,636 | 22,012 |
| | 1,253 | 5,205 | » | » | » | » | 50,125 | 22,152 | 21,083 |
| | » | » | » | » | » | » | 54,160 | 16,230 | 19,495 |
| | » | » | » | » | » | » | 48,970 | 16,500 | 19,982 |
| Matte, produit de la fusion crue pour cuivre noir | 2,715 | 2,520 | » | » | » | » | 50,806 | 16,464 | 27,055 |
| | » | » | » | » | » | » | 48,970 | 17,950 | 26,122 |
| Matte grillée | » | » | » | » | » | » | 29,370 | 25,080 | 5,820 |
| Matte, produit de la fusion des mattes grillées | » | » | » | » | » | » | 50,200 | 18,420 | 21,460 |
| | » | » | » | » | » | » | 52,700 | 17,080 | 24,010 |
| Cuivre noir, produit de la fusion crue pour cuivre noir | 0,0494 | » | » | » | » | » | 86,290 | 12,615 | 0,304 |
| Cuivre noir, produit de la fusion des mattes grillées | » | » | » | » | » | » | 89,800 | 3,370 | » |

Les usines de Nijné-Taguilsk avaient également exposé quelques pièces travaillées en tôle de cuivre, des échantillons d'un bronze « dit de Nijné-Taguilsk » contenant: Fer, 4,361; cuivre, 87,550; étain, 3,145; zinc, 3,246 et quelques roches caractéristiques des gisements, avec leur composition; en voici deux exemples.

| MATIÈRES. | SILICE. | ALUMINE. | OXYDE de fer. | MAGNÉSIE. | CHAUX. | OXYDE de manganèse |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Roche platinifère | 41,33 | traces. | 7,60 | 48,08 | » | |
| Roche caprifère | 55,00 | 15,94 | 13,75 | 2,45 | 2,35 | 0,25 |

Enfin on avait joint à cette exposition quelques types de combustibles.

La tourbe de Nijné-Saldinsk contenant: 0,93 à 6,00 % de cendres.
La tourbe de Werchné-Saldinsk » 2,00 à 7,80 —
La tourbe de Tcherno-Istotchinsk » 1,20 à 7,80 —

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## GRÈCE.

Le bruit qui s'est fait autour de certaines exploitations minières de la Grèce et l'intérêt particulier qui s'attache à l'une d'entre elles, affaire toute française d'origine et de capitaux, devaient nécessairement donner à l'exposition minérale de ce pays une importance toute d'actualité.

L'industrie minérale en Grèce ne date guère que de la promulgation de la loi sur les mines (1861). Le premier réveil du peuple grec, pour cette industrie, se traduisit d'abord par un enthousiasme exagéré ; de 1861 à 1875, on accorda environ 365 concessions de mines de plomb, de zinc, de cuivre, etc., d'une superficie de plus de 1,800,000 hectares ; de 1869 à 1873, l'exploitation de ces concessions amena la formation de 30 Sociétés représentant un capital nominal de 18,000,000 de francs, qu'on dépensa en travaux ; ce chiffre est d'autant plus considérable qu'il ne comprend pas les capitaux des Sociétés en commandite, ni ceux de la Société française des mines du Laurium constituée le 28 août 1873 avec un capital nominal de 13,500,000 fr. Malheureusement, parmi toutes ces entreprises, un assez grand nombre devaient avorter, faute de ressources et d'expérience.

On rencontre en Grèce, la plupart des métaux, l'or, l'argent, le plomb, le zinc et le cuivre, mais plus particulièrement le zinc et le plomb (1).

L'*or* n'est pas très-abondant ; on ne l'exploite nulle part d'une façon régulière, on a simplement signalé sa présence dans les sables d'un ruisseau près de Skyros et dans un gîte de pyrite de fer, près du village de Doliana, dans le Péloponèse.

L'*argent*, le *plomb* et le *zinc* se trouvent en général plus ou moins mélangés et dans les mêmes gîtes ; on n'a pas encore trouvé d'argent natif ; l'argent est uni au plomb dans des proportions variables : 1,000 à 10,000 grammes par tonne de plomb dans les exploitations du Laurium, et au maximum 2,500 gr., dans les autres mines. La galène argentifère en question se rencontre dans les micaschistes, les calcaires, les granits et les trachytes tantôt en amas, tantôt en filons. Les minerais de zinc datent de 1870 ; ils furent alors découverts dans les mines de Laurium, intercalés entre des schistes et des calcaires, en amas indépendants, ou bien enchevêtrés et mélangés aux minerais de plomb argentifère. Après la découverte des minerais de zinc au Laurium, on en trouva également sur le versant oriental du Mont-Hymette, à l'île d'Antiparos et sur quelques autres points.

*Mines du Laurium.* — Les mines du Laurium sont situées sur un massif de l'Attique, le long de la côte orientale de la mer Égée ; le début de leur exploitation remonte à une époque très-reculée ; on croit pouvoir admettre que, dès l'an 600 avant Jésus-Christ, les Athéniens commencèrent à s'occuper des minerais de plomb argentifère de cette région et, pendant longtemps, ils ont dû en retirer des quantités considérables, à en juger par les immenses tas de minerais pauvres et de scories plombifères qu'on trouve aujourd'hui à la surface et tous les travaux de mines que l'on a rencontrés quand on a repris l'exploitation. On estime à plus de 2,000 le nombre des puits et galeries inclinées que les anciens ont établis sur les 20,000 hectares de terrains métallifères du Laurium. De cette mul-

(1) Voir la *Grèce* sous le *Rapport géologique et minéralogique*, par M. A. Cordella, ingénieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

titude de travaux d'attaque, dont la section moyenne est d'environ 4 mètres et la profondeur de 20 à 120 mètres, partaient de petites galeries très-irrégulières, taillées dans des calcaires très-durs, et aboutissant le plus souvent à de longues chambres d'exploitation, dont la hauteur atteignait 10 mètres et la longueur de 40 à 50 mètres. Cette activité industrielle disparut vers le commencement de l'ère chrétienne, et ce n'est plus qu'en 1865 qu'un hasard appela l'attention sur les richesses métalliques contenues dans ces résidus miniers et industriels, rejetés par les anciens et, comme conséquence, remit en honneur les gisements eux-mêmes. Les résidus ont, en effet, une importance considérable; des rapports officiels ont évalué la masse des scories plombeuses à 1,555,107 tonnes et leur richesse à 10,67 %; le tonnage peut même être porté aujourd'hui à 2,000,000 de tonnes par suite de nouvelles découvertes faites dans ces dernières années.

Pour les résidus de mines ou « Ekvolades, » sur la seule concession de Camaresa, les rapports en signalent 7,000,000 de tonnes et comme la superficie de cette concession n'est guère que le $^1/_{15}$ de la surface métallifère du Laurium, c'est à près de 105,000,000 de tonnes que l'on évaluerait l'importance de ces résidus (1).

Le développement de travaux que ces évaluations font supposer, s'explique assez bien par la nature même du gisement que l'on avait à exploiter. L'ensemble du terrain comprend une alternance de 3 couches de calcaire marmoréen et de 2 couches schisteuses; le calcaire supérieur a été en grande partie enlevé par érosion; le calcaire moyen et les deux couches de schistes qui l'entourent affleurent donc sur une assez grande étendue, le calcaire inférieur lui-même vient apparaître sur plusieurs points; or, les gisements métalliques, se trouvant au contact du calcaire et des schistes emergeaient en même temps qu'eux à la surface et se prêtaient dès lors à une attaque à ciel ouvert, partout où ces calcaires et ces schistes venaient au niveau du sol. Le premier travail des anciens exploitants ne présenta donc aucune difficulté. Après avoir commencé par ces amas superficiels, on en vint ensuite à suivre les nombreuses veines, *griffons*, qui traversent les roches du mur et l'on atteignit les amas inférieurs qui semblent avoir été d'une richesse considérable; dans tous les cas, chose remarquable, tous ces anciens travaux sont encore dans un état parfait de conservation et les nombreux puits, qui ont servi à les entreprendre, deviennent aujourd'hui d'un précieux secours pour l'étude de l'allure et de la richesse des gîtes.

Les minerais de plomb argentifère se trouvent surtout à l'état de sulfure mélangés de blendes. On rencontre également des carbonates de plomb et de zinc, des sulfates et quelques sels de cuivre. Le remplissage est formé d'oxydes de fer, de fer spathique, de chaux carbonatée, de spath fluor, de pyrites diverses, de quartz, etc... La teneur des métaux contenus varie de 8 à 35 % de plomb et de 1,000 à 11,000 grammes d'argent par tonne de plomb.

Les minerais de zinc se rencontrent tantôt à la surface, tantôt au mur des gîtes plombifères, comme dans la mine de Camaresa; ils sont aussi, quelquefois, intercalés dans la masse plombifère, et contiennent alors une petite quantité de plomb, d'arsenic et de cuivre; la teneur des minerais de zinc varie de 38 à 50 %, leur aspect offre une variété de couleur et de texture si grande qu'il est souvent fort difficile de les distinguer. Le Laurium offre donc des richesses minérales considérables; mais, néanmoins, parmi les diverses Sociétés qui se sont créées pour

(1) Dans une note spéciale sur le Laurium d'où sont tirés ces renseignements, M. Cordella, ingénieur des mines, en se basant sur les chiffres qui précèdent, évalue la production des anciens exploitants à environ 4,400,000 tonnes de minerais bons à fondre, 2,100,000 tonnes de plomb d'œuvre et 8,400,000 kil. d'argent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les exploiter, celles du *Sunium* et la *Société française des mines du Laurium*, sont les seules qui continuent activement leurs travaux, toutes les autres Sociétés (Périclès, Nikias, Olympe, Lauriotique, Legrénat), ont à peu près disparu.

*La Société française* date de 1875, elle exploite les mines les plus importantes du Laurium dont la superficie métallifère est d'environ 32,000 hectares; cette Société succède à une première Compagnie qui, pendant huit ans, avait déjà beaucoup développé son extraction en minerais de plomb, commencé l'exploitation et la calcination de la calamine, ainsi que l'installation d'une laverie; la Société française a poursuivi l'œuvre commencée, a achevé la laverie Cypriano, augmenté le nombre des fours; en 1877, elle a mis en activité la laverie mécanique qui produit par jour 5 à 8 tonnes de minerai de plomb à 50 et 60 % de plomb et 2,500 à 3,000 grammes d'argent à la tonne de plomb; elle occupe environ 1,300 ouvriers; au total, jusqu'au début de 1878, elle a exporté 6,000 tonnes de calamine crue à 35 et 42 % de zinc et 25,000 tonnes de calamine calcinée s'élevant aujourd'hui à 62 %.

*La Société de Sunium* a été constituée en 1873 ; elle exploite les concessions de Sunium et de Bromopussi où l'on trouve un minerai à 8 % de plomb au moins et quelquefois s'élevant à une teneur de 50 %, avec 800 à 1,200 grammes d'argent; on n'a pas encore trouvé dans ces gisements la succession des gîtes de plomb et de calamine constatée dans les gisements précédents et l'on craint qu'on ne puisse les trouver que beaucoup plus bas. Cette Société possède également une laverie produisant par jour 2 tonnes de minerai lavé à 50 et 60 % de plomb et 4 à 6 %, de zinc.

*La Société Périclès* exploite des mines étendues et paraît-il assez riches en plomb, zinc et argent; elle a une laverie et une fonderie à Thorico ; malheureusement on a manqué d'argent, les travaux sont suspendus. Les autres Sociétés sont moins importantes et presque toutes, malgré des débuts qui semblaient promettre, ont dû s'arrêter faute de capitaux.

En dehors du Laurium, il y a encore un assez grand nombre de richesses minérales reconnues; ainsi, sur le *versant occidental du Mont-Hymette*, dont la constitution géologique se rapproche beaucoup de celle du Laurium, une Société écossaise Iwan et C^ie^, exploite depuis peu des minerais de zinc intercalés entre des bancs de calcaire; à Moutoula et à Caloiéro, la Société dite de *Seriphos* a, vers 1873, découvert d'importants gîtes de plomb argentifère; dans l'*Eubée*, on signale également des gisements de plomb argentifère et de cuivre au milieu des calcaires et des micaschistes; le centre des travaux est à 6 lieues du port de Karysto à 900 mètres au-dessus du niveau de la mer ; le minerai contient 15 à 20 % de plomb et de 800 à 1,000 grammes d'argent par tonne de plomb.

Dans l'*île d'Antiparos*, plusieurs Sociétés minières exploitent des plombs argentifères; un filon situé à 1,000 mètres du port de Saint-Georges a été plus particulièrement productif; il a été exploré sur 1,500 mètres en direction et 45 mètres en profondeur; dans sa partie N.-O, on a rencontré de la galène pure sur 150 mètres de long, 0^m^,45 à 0^m^,50 d'épaisseur et 10 à 15 mètres de hauteur; le remplissage est quartzeux et la teneur du minerai s'élève à 35 et même jusqu'à 65 % de plomb avec 800 à 2,000 grammes d'argent à la tonne de plomb.

Pour terminer cette nomenclature, il faudrait encore citer les travaux, d'ailleurs moins importants qui ont été entrepris dans l'île Milo, dans celles de Santorin, d'Anaphé et de Siphante, etc.

Le *cuivre* a été découvert sur un assez grand nombre de points, tantôt mélangé avec le minerai de plomb, tantôt en gisements distincts, renfermant surtout des sulfures et des carbonates; malheureusement le cuivre s'est rare-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment rencontré en masse assez importante, pour se prêter à une exploitation spéciale et continue. Dans le *Laurium* on signale la présence de veinules de chalcopyrite au milieu des micaschistes de Camarésa et dans l'amas plombifère, exploité par le puits Jean-Baptiste de la Société française; sur ce dernier point la teneur en cuivre des minerais de plomb,s'élève à 6 et même jusqu'à 12 %.

Dans les concessions de la Société de Karystos, on a trouvé également le cuivre pyriteux avec la galène; certains minerais ont une teneur de 5 à 18 %, de cuivre; enfin, on a découvert et exploré des gisements de cuivre sur le versant oriental du Mont-Hymette près du port de Coundouros (Société de Scriphos); dans l'Éparchie de Phthiotide, près des villages de Limogardi et de Bosoni; enfin, à l'extrémité du Mont-Amès, non loin de l'ancienne Épidaure. Sur ces trois derniers points le minerai se présente dans de bonnes conditions et des Sociétés se sont déjà occupé de la mise en exploitation.

Telles sont, rapidement résumées, les principales richesses minérales de la Grèce dont venaient d'ailleurs témoigner les nombreux minerais envoyés à l'Exposition. Parmi ceux-ci on aurait à citer d'abord, les *calamines* et *galènes*, dont on avait envoyé les types les plus variés; aussi, a-t-il paru intéressant de résumer sur le tableau suivant quelques-uns des renseignements fournis par ces échantillons:

| PROVENANCE. | TENEUR. | | | RENSEIGNEMENTS DIVERS. |
|---|---|---|---|---|
| | ZINC. | PLOMB. | ARGENT. | |
| | pour cent | pour cent | Gr. par tonne de plomb. | |
| Puits Berséco. . | 44 à 48 % | » | » | Calamine d'un filon-couche de plusieurs mètres de puissance, situé dans les calcaires cristallins. |
| Camarésa. . . . | 44 à 50 | » | » | Calamine de la couche inférieure dans les calcaires cristallins. |
| Plateau Berséco. | 35 à 46 | » | » | Calamine rougeâtre provenant d'amas irréguliers de la surface. |
| Thorico . . . . . | 45 à 48 | » | » | Calamine blanchâtre et compacte. |
| Camarésa. . . . | » | 7 à 20 % | 2000 à 4900 | Carbonates de plomb. |
| Agriliesa . . . . | » | 10 à 30 | 3000 à 6000 | Galènes formant des amas de surface, avec gangues de spath fluor et carbonate de fer. |
| Sakiri. . . . . | » | 8 à 16 | 1000 à 1900 | Carbonates de plomb intercalés dans un amas ferrifère.(Soc.de Périclès). |
| Bromopossi . . . | » | 60 à 70 | 1000 à 1400 | Galènes provenant de filons dans les micaschistes. (Société de Sunium). |
| Karysto. . . . . | » | 15 à 30 | 700 à 1000 | Galène mêlée à des pyrites de fer et de cuivre provenant de filons de 0m50 à 1m40 dans les micaschistes. (Société de Karystos.) |
| Antiparos . . . . | » | 55 à 70 | 800 à 1100 | Galènes provenant de filons dans les micaschistes. (Société hellénique métallurgique). |
| Anaphé . . . . . | » | 39 à 70 | 800 à 1100 | Galènes provenant de filons dans les granits ou d'amas de contact entre les calcaires et les granits. |

On avait également envoyé quelques types de minerais de cuivre, par exemple ceux du versant oriental du Mont-Hymette près Saint-Jean le Chasseur, ceux de Paros et quelques chalcopyrites provenant d'Épidaure et de la Phthiotide.

*Au point de vue métallurgique*, il n'y a guère à citer en Grèce, que les usines

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du Laurium appartenant à la *Société des usines du Laurium*. L'importance de cette Société oblige à quelques détails.

C'est en 1860, que le Gouvernement hellénique fut saisi de la pétition de M. Pachy, pour l'obtention d'un droit de concession sur les anciennes scories du Laurium. Cette concession fut refusée, on allégua que ces matières provenant d'un travail de l'homme ne pouvaient rentrer dans la catégorie des mines. Alors M. Pachy et plus tard, en 1863, M. Serpieri, pour MM. Roux et de Fraissinet de Marseille, achetèrent de la commune de Kératéa, et à des propriétaires particuliers, le droit d'exploitation refusé par l'État. En 1864, fut formée la Société métallurgique Hilarion, Roux et C^ie^, ayant pour but la refonte de ces scories. Bientôt furent créées les usines nécessaires pour le lavage et la fusion de ces scories, et on arriva à exporter 8 à 10,000 tonnes de plomb contenant 400 à 700 grammes d'argent à la tonne (1).

En 1869, des difficultés survinrent à propos de la fusion de ces scories avec les résidus des anciennes mines et des anciennes laveries (Ekvolades), et ce ne fut qu'en 1873 que le conflit cessa par la cession des droits de la Société Hilarion, Roux et C^ie^ à M. Syngros pour 11,500,000 fr. Depuis lors, la nouvelle Société des usines du Laurium, composée uniquement d'éléments helléniques, a porté son capital nominal à 29,000,000 fr., et poursuivi activement les travaux de MM. Hilarion, Roux et C^ie^ ; la laverie fut agrandie, des fours nouveaux, système Pilz, furent établis pour la fusion des scories et des Ekvolades, des voies ferrées furent créées, etc.; on occupe aujourd'hui 1,573 ouvriers comprenant 387 hommes, 127 femmes et 187 enfants pour l'exploitation des matières premières; 190 ouvriers aux transports ; 200 ouvriers dans les ateliers de préparation mécanique; 482 ouvriers dans la fonderie et dans les ateliers divers d'entretien.

On transforme journellement, dans 7 fours de fusion : 20 tonnes de scories plombifères contenant 11 à 12 % de plomb et 4 à 500 grammes d'argent, 80 tonnes d'Ekvolades lavées, contenant 15 à 20 % de plomb et 12 à 1,400 gr., d'argent, 20 tonnes d'ekvolades triées, contenant 10 à 12 % de plomb et 13 à 1,500 gr., d'argent; on ajoute 30 tonnes de fondant, minerai plombo-ferreux contenant 8 à 10 % de plomb et 800 à 1,000 grammes d'argent, et enfin 12 %, en poids, de coke La laverie passe de son côté, par jour, 300 tonnes d'ekvolades à 5 où 6 % de plomb et donne 45 à 50 tonnes de matières riches à 18 ou 20 % de plomb. En résumé, on produit annuellement 7,000 à 7,500 tonnes de plomb d'œuvre à 1,000, 1,200 et 1,800 grammes d'argent; il faudrait ajouter 1,200 à 1,500 tonnes de fumées à 50 %, de plomb recueillies dans un canal de condensation, ayant 1,200 mètres de long.

Le tableau, page suivante, résume assez complètement les diverses phases de l'opération métallurgique.

Ce tableau donne également la composition de speiss dont on constata la richesse, il y a quelques années, alors qu'on ne pensait guère à la présence en quantité notable de nickel et de cobalt dans le minerai. Depuis lors, ces deux métaux ont été découverts sur plusieurs points du Laurium et plus particulièrement dans l'exploitation à ciel ouvert des calamines du plateau de Loutza (puits Isabella) et dans la mine Andreas, dont les minerais du gîte superficiel contiennent ½ à 2 % de nickel; mais, dès aujourd'hui, on produit annuellement dans les usines de la Société 350 à 450 tonnes de ces speiss, contenant 5 % de plomb, 2 % de nickel, 20 à 22 % de cuivre et 100 grammes d'argent.

(1) La Société payait au Gouvernement un impôt d'exportation, évalué à 10 %, sur le bénéfice net du plomb extrait des scories des particuliers, et 30 % sur celui produit par les scories du fisc; ce bénéfice était évalué à D. 24 environ par tonne de plomb; la Société versait en plus à la commune de Kératia, la redevance annuelle de 6,000 dragmes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| MATIÈRES. | PLOMB. | SILICE. | CHAUX. | FER. | ARSENIC. | ZINC. | ARGENT (gr.) | CUIVRE | NICKEL. | ANTIMOINE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pour 100 | Pour 100 | Pour 100 | Pour 100 | Pour 100 | Pour 100 | A la tonne | Pour 100 | Pour 100 | Pour 100 |
| Ekvolades en gros morceaux. . . . . | 10,25 | 15,49 | 2,47 | 22,71 | 9,15 | 2.85 | 1290 | » | » | » |
| Ekvolades lavées aux cribles à bras, 1re catégorie. | 13,25 | 31,36 | 15,33 | 11,77 | 2,41 | 4,96 | 637 | » | » | » |
| Ekvolades lavées aux cribles à bras, 2e catégorie. | 11,50 | 16,45 | 6,50 | 17,00 | 2,70 | 7.30 | 1415 | » | » | » |
| Ekvolades grillées et fondues au four à réverbère. | 22,75 | 19.40 | 16,51 | 21,50 | 1,33 | 4,95 | 1370 | » | » | » |
| Scories anciennes. . . . . | 16,70 | 23.57 | 20,17 | 21,00 | 0,63 | 5,87 | 614 | » | » | » |
| Minerais de fer (fondant) . | ? | 10,65 | 5,52 | 33,60 | » | 0,75 | ? | » | » | » |
| Fumées de plomb. . . . . | 50,20 | » | » | » | 12,00 | 6,22 | » | » | » | » |
| Scories de rejet. . . . . | 0,25 | 32,65 | 17,88 | 26,16 | » | 4,50 | » | » | » | » |
| Plomb aigre riche. . . . . | 96,088 | » | » | » | 2,00 | » | 1725 | 0,74 | » | 1,00 |
| Plomb aigre pauvre. . . . | 96,520 | » | » | » | 1,25 | » | 1000 | 0,63 | » | 1,50 |
| Speiss brut. . . . . | 4,30 | » | » | 45,70 | 32,10 | » | » | 5,60 | 1,80 | 2,3 |
| Speiss riche. . . . . | 5,20 | » | » | 41,30 | 24,00 | » | » | 21,70 | 6,80 | 2,70 |

| | PLOMB. | ARGENT. |
|---|---|---|
| | — | — |
| GRENAILLES PROVENANT DU LAVAGE, AYANT DE 30 A 16 m/m. | Pour cent. | Gr. par tonne. |
| Ekvolades et scories bonnes à fondre . . . . . | 14,80 | 1689 |
| — stériles . . . . . | 1,28 | 2334 |
| GRENAILLES DE 16 A 11 m/m. | | |
| Ekvolades et scories bonnes à fondre . . . . . | 15,80 | 1282 |
| — stériles . . . . . | 1,92 | 1930 |
| GRENAILLES DE 11 A 8 m/m. | | |
| Ekvolades et scories bonnes à fondre . . . . . | 29,24 | 1248 |
| — stériles . . . . . | 0,92 | 2162 |
| GRENAILLES DE 8 A 6 m/m. | | |
| Ekvolades et scories bonnes à fondre . . . . . | 28,32 | 1248 |
| — stériles . . . . . | 0,90 | 2777 |
| GRENAILLES DE 6 A 5 m/m. | | |
| Ekvolades et scories bonnes à fondre. . . . . | 55,35 | 1355 |
| — stériles. . . . . | 2,14 | 1631 |
| GRENAILLES DE 5 A 4 m/m. | | |
| Ekvolades et scories bonnes à fondre . . . . . | 33.48 | 1329 |
| — stériles . . . . . | 1,89 | 2116 |
| GRENAILLES DE 4 A 3 m/m. | | |
| Ekvolades et scories bonnes à fondre . . . . . | 25,92 | 1215 |
| — stériles . . . . . | 1,25 | 2000 |
| SCHLICHS, 1re CATÉGORIE. | | |
| Produits riches bons à fondre. . . . . | 47,45 | 1369 |
| — moyen bons à fondre. . . . . | 21,39 | 1355 |
| Produits stériles. . . . . | 2,25 | 1777 |
| SCHLICHS, 2e CATÉGORIE. | | |
| Produits riches bon à fondre . . . . . | 27,64 | 1266 |
| — moyen bon à fondre . . . . . | 14,92 | 1340 |
| Produits stériles. . . . . | 1,97 | 1895 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, pour terminer ces quelques renseignements sur la Société des usines du Laurium, il reste à ajouter qu'avec les divers produits, dont le tableau, placé en tête de la page 425, donne les éléments principaux, cette société avait envoyé à l'Exposition un grand nombre d'échantillons de scories et d'ekvolades soit brutes, soit à diverses étapes de leur enrichissement par la préparation mécanique ; on trouvait entre autres la série de grenailles résumée également (p. 425) à cause de l'intérêt que présente l'étude du déchet en métal précieux, auquel on arrive dans le traitement des minerais argentifères.

## NOTES COMPLÉMENTAIRES

### Conclusion.

Cette étude pouvait être considérée comme terminée, car le résumé qui précède, tout succinct qu'il soit, comprend à peu près, parmi les pays qui avaient pris part à l'Exposition de1878, les plus connus par leurs richesses minérales et industrielles; néanmoins, il a paru difficile de passer sous silence quelques autres centres de production, comme la *Hollande* et les principales républiques de l'Amérique du sud, celles du *Salvador* et du *Pérou* et la *République Argentine* qui offraient encore un certain intérêt, soit par la renommée de quelques-unes de leurs exploitations minières, soit à cause de la sympathie qu'on devait naturellement à quelques exposants d'origine française que l'on trouvait à côté de leurs nationaux. Voici donc encore quelques mots sur ces différents pays :

**Hollande.** — Ce pays n'offre d'intérêt, au point de vue des mines et de la métallurgie, que par ses colonies ; mais chacun sait que les possessions néerlandaises dans l'Archipel indien ont fourni pendant longtemps la majeure partie de l'étain consommé. La fameuse société créée en 1860 pour l'exploitation de l'île de *Billiton* avait envoyé au Champ-de-Mars de nombreux et intéressants échantillons de ses minerais, de ses produits intermédiaires et de ses lingots d'étain. — L'extraction du minerai se fait à ciel ouvert; presque toutes les mines dont le nombre est d'une centaine environ, ont été simplement ouvertes dans le lit des rivières: un petit fourneau traite sur place les minerais extraits. La production annuelle en étain s'est régulièrement accrue de 1860 à 1875 ; elle atteint aujourd'hui près de 4,000 tonnes et occupe environ 4,300 ouvriers.

**République du Salvador.** — Cette république présente une richesse assez grande en minerais d'argent, elle en avait envoyé d'assez beaux échantillons; mais le véritable intérêt de cette exposition tenait à la présence d'une société d'origine française, dite *des mines du Salvador*. Cette Société s'est constituée en 1855pour l'exploitation des richesses minérales du pays; elle possède deux centres de travaux ; celui d'*El Tabanco*, dans le département de l'Union avec les mines de Vieja, Rosalia Pochote, la Paz, etc... et celui de *Los Encuentros*, dans le département de San Miguel, avec les exploitations de Mina Nueva, Guapinol, Rosario, etc. Quelques-uns des minerais exposés renfermaient jusqu'à 40 et 45 kilog. d'argent à la tonne, mais la moyenne des minerais atteint seulement 1k,500, ce qui serait déjà fort beau si ce devait être de longue durée. Ces divers établissements ont déjà une production assez importante; celle de 1876-1877 a été approximativement :

| | Argent fin affiné. | Or. |
|---|---|---|
| Pour Tabanco | 752k | 2k,500 |
| Pour Encuentros | 1,416 | 2k,000 |
| TOTAUX | 2,168k | 4k,500 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A côté des mines de la Société française, on pourrait encore citer celles de Lomo Larga, de Coizal, pour des minerais d'or et d'argent, dans le département de San-Niguel et ajouter que d'autres gisements de cuivre, de plomb et surtout de fer *(mine de Matapan)* ont été reconnus dans le département de Santa-Anna.

**Pérou.** — De tous temps, le Pérou a été considéré comme l'un des pays les plus riches en métaux; sur la côte, se trouvent de nombreuses mines de cuivre; dans la Cordillère et dans toutes ses ramifications, on rencontre l'argent, le cuivre, le plomb, pour ainsi dire à chaque pas; enfin, dans la partie orientale, on a découvert de nombreux filons de quartz aurifère au milieu des terrains schisteux dont la masse principale de la Cordillère des Andes est constituée. Le Pérou n'avait presque pas donné de renseignements statistiques sur sa production, mais avait envoyé des échantillons minéralogiques nombreux; son commissaire, M. le docteur H. Martinet, membre du jury international, avait surtout groupé ces échantillons avec beaucoup de soin, et publié sur leur origine et leur composition un catalogue raisonné offrant le plus grand intérêt.

*L'or* était représenté par de belles pépites provenant par exemple des provinces de Sandia, d'Ica, de l'Union, de Paucartambo, etc., mais en réalité, l'or se rencontre sur bien d'autres points qu'il serait trop long d'énumérer; il suffira de citer les principales mines : celles de la province de Tarapaca (district de Pica) et des provinces d'Aymaraes et de Cotabamba; il en existe également d'importantes à Lircay, province d'Angaraes; à Chuquibamba, province de Huamalies; à Pallasca département d'Ancachs, etc.

*L'argent* est peut-être encore plus abondant, aussi les minéraux d'argent envoyés à l'exposition étaient-ils extrêmement nombreux et variés, comprenant à la fois les échantillons purement minéralogiques et les divers types de minerais oxydés, terreux, appelés *pacos* et *cascajo* qui constituent les véritables gisements exploités pour argent, gisements d'ailleurs de nature très-complexe et renfermant toujours plus ou moins de cuivre, de plomb, de fer, de zinc, etc. La variété de minerais oxydés qui porte le nom de Cascajo est caractéristique du célèbre district minier de Cerro-de-Pasco, c'est une sorte de grés, riche en général à quelques millièmes d'argent d'un aspect lithoïde, sans éclat métallique, légèrement rougeâtre et de structure variant de l'état compacte à l'état granulaire bien caractérisé; ces minerais oxydés terreux se rencontrent surtout dans le district de Cerro-de-Pasco dont on peut citer entre autres les mines de San-Ramon, Angustias, Ijurra, Dolores, Asunsion, etc., on exploite également des minerais oxydés dans les provinces de Chota, de Pallasca d'Huaylas, etc. Les principales provenances des autres minerais argentifères sont, entre autres, les provinces de Tarma (mine de Carahuacra) et d'Otuzco (mines de Salpo, de Purgatorio, etc.), et surtout la province de Tarapaca avec les exploitations de Huantajaya et de Santa-Rosa.

*Le cuivre* est à peu près aussi répandu au Pérou que l'or et l'argent; sur presque toute la côte depuis la rivière Loa jusque près de Tumbez, on trouve des minerais de cuivre plus ou moins riches; ce sont, par exemple, ceux du district de Pica dans la province de Tarapaca, ceux de Pampa-Colorada, sur les hauteurs de l'Hacienda de Chocavento, dans la province de Camana, et ceux de Canza et Tingue dans la province d'Ica.

*Le plomb* enfin n'est pas moins, de son côté, une des richesses minérales les plus importantes du Pérou; la galène en est le principal minerai; mais, contrairement à ce qui vient d'être signalé pour le cuivre, on la trouve presque exclusivement à l'intérieur des terres, à 50 ou 60 kilom. des côtes; parmi les mines principales, dont on a pu voir des échantillons, sont celles de Santa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Barbara, province de Huancavelica; de Mefist, de Chupra et de Carahuacra, province de Tarma; la province de Huaraz renferme également plusieurs exploitations entre autres celles de la mine Purissima, et des mines de la Contadora, de San-Francisco, etc., on pouvait remarquer aussi des types de minerais des districts de Chonta (province Dos de Mayo), etc. de Recuay, (province de Huaraz), etc. Toutes les galènes sont en général antimoniales et argentifères.

**République argentine.** — Ce pays offre comme les précédents un réel intérêt au point de vue de l'industrie minière. Un certain nombre d'exploitations qu'on y a ouvertes ont été l'objet de travaux importants; par exemple celle de Famatina où l'on a établi pour l'extraction d'un minerai assez riche en or et en argent, à une attitude de 4260 mètres, une galerie mesurant plus de 400 mètres de longueur. On exploite aussi en grand les mines de plomb argentifère de Guayco, de Ojo, de Agua et de San-Carlos non loin du plateau de Pocho. Il faudrait citer encore les mines de cuivre du Minotauro et de Molinos ainsi que les lavages d'or de la Canada-Honda et de la Carolina, dans la région de San Luis. On rencontre enfin, dans les provinces Andines, les mines de cuivre de Valenciana, de Salamanca, de Santa Elena, etc., les mines d'argent de la Huerta, de Rodeo, d'Antechristo, de Tontal, etc., les mines d'or de Gualilan, Guachi, Jachal, etc. En somme les richesses minérales sont très-abondantes et, bien que la production faute de bras soit encore bien irréguliere, on peut dire que les travaux de mines ont acquis un assez notable développement pendant ces dernières années.

C'est ici que se terminera cette étude; non point qu'il n'y ait encore beaucoup à dire sur un sujet aussi complexe et aussi vaste, mais il ne s'agissait, à cette place, que de présenter *un tableau d'ensemble*, et c'est à des mémoires spéciaux qu'il incombe de donner avec une plus grande autorité, les détails complémentaires.

Comme conclusion : on a vu combien depuis une dixaine d'années se sont rapidement accrues, sur certains points, les productions minérales ou industrielles; il y aurait donc un intérêt réel à ne pas attendre les expositions universelles pour réunir en ce qui touche les métaux autres que le fer tous les renseignements techniques ou statistiques qui s'y rapportent. La recherche de semblables données il est vrai est très délicate, mais on est bien arrivé à les réunir assez exactement pour la métallurgie du fer, pourquoi un résultat semblable ne s'obtiendrait-il pas pour les autres métaux? Les voyages et les études dans les pays producteurs lointains deviennent déjà chaque jour plus fréquents sous la seule initiative privée; pourquoi l'État, qui dispose de moyens si puissants, soit par son personnel technique, soit par le grand nombre de ses agents consulaires, ne s'occuperait-il pas d'établir méthodiquement sur tous les points du globe un service permanent de renseignements commerciaux? Il faudrait de plus que tout ce que l'on pourrait recueillir à ces sources multiples, fut réuni, classé et publié à des intervalles relativement courts. Il est certain que l'on arriverait ainsi à développer cet esprit d'entreprise toujours un peu timide en France, et que, tout particulièrement pour la production minière, les capitaux, mieux conseillés sur les dangers de certaines aventures lointaines et prévenus à temps des fluctuations probables, dans les importations étrangères, se présenteraient plus volontiers à portée des Sociétés qui entreprendraient sérieusement en France l'exploitation de richesses nationales.

DUPUIS.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES ARTS TEXTILES [1]

## DEUXIÈME PARTIE.

### I. — MATIÈRES PREMIÈRES (2) (Exposition de 1878).

#### 1° La soie.

Nous ne voulons ici parler que de la matière brute, c'est-à-dire du cocon, nous réservant de classer les soies grèges et ouvrées, ainsi que les étoffes, dans la partie de notre travail relative aux produits fabriqués (fils et tissus). Nous suivrons le même ordre pour ce qui concerne les autres textiles. Cependant, comme tout ce qui concerne le cocon sera amplement traité au chapitre *Sériciculture*, nous passerons rapidement sur l'exposition séricicole.

Notre tâche sera singulièrement facilitée en *France*, par la raison que nos exposants ont surtout exhibé des cocons comme spécimens de matière première, plutôt que comme type d'un progrès accompli. La plupart des cocons que nous avons remarqués dans les vitrines de nos exposants, figuraient à côté des produits filés et des étoffes, et c'est pour ces derniers seulement que l'on a voulu surtout, montrer les résultats acquis. Nous ajouterons même que les fabricants, qui à côté de leurs soieries façonnées et de leurs fils ont placé des cocons, ont pris soin, pour ce qui concerne le plus grand nombre, de choisir les plus beaux types classiques, mais sans y adjoindre aucune indication qui fût de nature à intéresser la technologie ou l'enseignement industriel. Nous ferons exception en faveur de l'intéressante magnanerie des Cévennes, où on peut suivre le ver à soie dans les différentes phases de sa métamorphose, et de M. Morand, de Lyon, qui nous donne une carte sériciole très-bien faite de la région italique, mais, en général, il n'y a guère de choses dans l'exposition française qui ne soient connues d'avance des séricicultеurs.

Nous rappellerons qu'il existe en France 500 établissements qui dévident le cocon. Ces 500 « filatures, » si on peut les appeler ainsi, comportent, d'après la statistique officielle, 28,000 bassines et 376,000 tavelles pour le moulinage. La bourre de soie est en outre filée par 75,000 broches; 25 peignages environ dans l'Ain et les Hautes-Alpes travaillent la ouate de soie, et 7 manufactures importantes repeignent et cardent le déchet de bourre de soie. Cette matière forme donc l'une des branches textiles les plus importantes de notre pays. On ne peut d'ailleurs mieux s'en rendre compte, qu'en considérant la quantité de soie filée, chez nous, dans la dernière année relevée 1876-1877, qui compte comme l'une des plus médiocres. Cette quantité s'est élevée, pour les cocons obtenus en France, à 2,400,000 kilogr.; pour les cocons importés de l'étranger à 1,800,000 kilogr., soit au total, 4,200,000 kilogs de soie filable. Il a été importé en outre 4,050,000 kilogs de soies grèges, qui ont été moulinées et tissées en France.

Dès l'Exposition universelle de 1867, on avait pu constater que déjà on s'occupait très-sérieusement en France de l'importation et de l'acclimatation de

(1) Voir page 1.
(2) Visite à l'Exposition de 1878.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plusieurs bombyx nouveaux, producteurs d'une soie applicable à l'industrie. Beaucoup de personnes pensaient à remplacer le ver à soie ordinaire; mais elles se sont rapidement convaincues qu'aucune autre espèce n'est capable de fournir une soie semblable, et de donner l'éclat que la soie du bombyx du mûrier seule possède. Ainsi, on a essayé avec des succès divers, la soie de plusieurs grands bombyx du Bengale et des provinces voisines, entre autres le bughy *(bombyx mylitta)* et l'arrindy *(bombyx arrindia)*. Puis on a essayé encore le bombyx de l'ailante *(attacus cynthia)*, dont on a obtenu des éducations assez grandes, et aussi le bombyx du chêne *(bombyx yamamaï)*. On a fait de ce dernier de nombreuses éducations qui ont bien réussi. Cependant, il faut avouer que ces éducations ont été, non en augmentant, mais à peine en se soutenant, depuis une dizaine d'années, résultat qu'il faut attribuer à la terrible maladie qui, depuis tant d'années, désole et ruine les régions séricicoles. Ce n'est que depuis quelques années qu'on arrive à combattre cette maladie: les expériences de M. Pasteur remontent, comme on le sait, bien avant l'Exposition de 1867, mais ce n'est qu'en 1870 que ce savant formula les règles qui permettent de reconnaître, au moyen du microscope, les vers et les graines envahis par les corpuscules, et de mettre en œuvre un mode de sélection qui, depuis cette époque, donne de bons résultats.

C'est toujours cette même maladie qui a arrêté les progrès, déjà remarqués en 1867, de la sériciculture en *Algérie*. En 1875, le nombre des éducateurs algériens était réduit à 39, et la quantité de graines mise à éclosion, ne dépassait pas 4 kilogr. En 1876, le Gouverneur général fit accorder, pour une période de trois ans, des primes aux colons éducateurs, et une subvention aux filateurs de soie. Ces encouragements qui semblaient devoir être réduits à néant, (non plus cette fois à cause de la maladie du ver, car la mise en pratique des observations de M. Pasteur avait beaucoup amélioré la situation, mais à cause d'une maladie qui attaquait les feuilles mêmes du murier), finirent cependant par porter leurs fruits; à la fin de l'année 1876, le nombre des éducateurs était de 150, ils ont récolté 6,156 kilogr., de cocons dont 5,268 ont été vendus pour le filage à raison de 3f,89 le kilo. Les cocons exposés par M. Perès, à Relizane (Oran), et par M. Visciano, à Birkadem (Alger), entre autres, de belle forme et de belle nuance, nous prouvent qu'on peut très-bien réussir à élever le ver à soie en Algérie.

L'*Italie*, pays privilégié pour la soie, puisque ce textile forme la branche la plus importante de son commerce extérieur (250 millions d'exportation, ne comportant en grande partie que de la matière brute, contre 112 composés principalement de tissus) n'a exposé rien de bien nouveau en fait de cocons. Elle s'est surtout attachée à la fabrication des étoffes. Citons parmi les exposants M. le chevalier Chicco, à Fossano, et M. Brancalari, à Chiavari (Gênes). Nous rappellerons qu'en Italie, c'est dans le Nord surtout que le ver à soie est élevé. Cette contrée a eu affaire non-seulement à la maladie signalée par M. Pasteur, mais encore à des maladies locales, et surtout à l'une d'entre elles, la *pebrina*, qui a attaqué la plupart des races indigènes. On a dû, dès lors, forcément songer quelque peu à l'élève de graines exotiques, et la production comme le commerce s'en sont ressentis. D'après une statistique approximative, la production totale de la sériciculture italienne qui était de 40 millions de kilogr., de cocons avant l'épidémie est tombée depuis, à 26 ou 30 millions. On estime en outre, que de 1876 à 1877, importation et exportation ont été chacune réduites de moitié.

Dans la *Hongrie*, où la production de la soie brute atteint, d'après la statistique, 3,000 quintaux métriques, il n'y a que des soies grèges et des tissus: pas de cocons.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En *Autriche*, il n'y a rien non plus de bien remarquable. L'industrie de la filature de soie ne semble pas d'ailleurs être bien prospère dans ce pays; car si nous nous en rapportons à une brochure imprimée en italien, qui se trouvait à l'Exposition spéciale de la Chambre de commerce de Rovereto (*la Trattura della seta nel Trentino*), il y avait dans le Tyrol en 1877, 90 filatures inactives, comprenant 59 bassines, et seulement 100 filatures actives avec 3,843 bassines.

En *Grèce*, se trouvent quelques jolies collections, parmi lesquelles celles de MM. Fels et Cie, de Calamata, et de la filature de cocons de Kyriazopulos, à Sparte.

Dans l'exposition de la *Russie*, il y avait surtout à remarquer l'exposition de M. le prêtre N. Locoloff, de Moscou, et celle de MM. Loutshinsky, à Ouman, (Gouv. de Kiev).

Nous signalerons encore, en *Espagne* une jolie vitrine de cocons *yamamaï*. Nous avons dit plus haut que le succès obtenu en France avec ce ver, qui vit sur le chêne et non sur le murier, n'avait été arrêté que par les progrès de la maladie. C'est sans doute le même essai qu'on a voulu faire en Espagne, essai qui, si nous en jugeons par les produits que nous avons eu sous les yeux, a amené un certain résultat. C'est presque un progrès, et nous ne nous attendions guère à le rencontrer dans un pays pour lequel la soie forme une branche de production secondaire. Mentionnons encore les soies exhibées dans l'exposition *indienne*, qui proviennent d'une étonnante variété de papillons. N'oublions pas enfin que le *Japon*, notre grand fournisseur de cocons, pendant la période aiguë de la maladie, est le seul pays que celle-ci ait épargné. Avouons toutefois que la vitrine de ce pays, qui nous a représentée plusieurs espèces de bombyx, sous leurs différents états, était bien peu garnie. Nous avons remarqué qu'à côté des cocons, on a eu soin de nous montrer l'*udji*, le grand ennemi des vers à soie au Japon : l'udji dépose ses œufs sur le ver, et de cette façon, les enferme avec lui dans son cocon, et, au moment de l'éclosion, l'insecte parfait ne peut sortir qu'en mettant la soie en lambeaux.

Ajoutons, que nous aurions voulu voir, pour un pays séricicole comme l'est le Japon, une classification bien établie des soies de ce pays. On a oublié ce côté utile dans l'exposition japonaise. Nul n'ignore que le nord, le centre et le sud du Japon forment trois régions séricicoles bien distinctes, et il eût été intéressant de comparer entre elles les différentes sortes d'Oshiu, de Mayébashi, de Sinsiu, etc, qui ne se ressemblent guère. C'est certainement une faute que de ne pas nous avoir indiqué la provenance des cocons exposés.

### 2° Le coton.

En *France*, nous ne cultivons pas le coton. Les quelques essais de culture qui avaient eu lieu en 1867 n'ont sans doute pas réussi, car il ne s'est pas trouvé de types à l'Exposition. Tout ce que nous consommons, nous est en grande partie importé de l'Amérique, de l'Égypte et de l'Inde, et nous en avons encore reçu en 1876 pour 90,000,000 de kilogrammes.

La France égrène cependant quelquefois le coton brut qui lui est envoyé, et elle a exposé dans ce genre (classe 56), une *machine à égréner* du système Chaufourier. — L'égréneuse Chaufourier est déjà ancienne et bien connue; elle figurait avec succès à l'Exposition de 1867, et elle nous revient aujourd'hui notablement perfectionnée. On sait qu'elle se compose principalement de rouleaux en biais attirant le coton et rejetant la graine. De cette façon, le coton est égréné sans être déchiré, ni feutré, et la graine reste bien nette sans être en-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tourée de la moindre parcelle de textile. Ce fait est d'une importance capitale, car l'on sait que le coton, selon qu'il est plus ou moins bien égréné, acquiert une plus-value ou subit une dépréciation de 15 à 25 %. Jusqu'ici, l'égréneuse Chaufourier, comme toutes les machines de ce genre, (le Roller-gin par exemple), exigeaient une personne par machine. Dans l'appareil qui figurait à l'Exposition, grâce à un mode d'alimentation automatique, une seule personne suffit pour la conduite et la surveillance de plusieurs machines. Il n'y a qu'à jeter le coton brut dans un récipient *ad hoc*, d'où il tombe immédiatement entre les rouleaux, qui font le reste, sans qu'on soit obligé de compter avec l'habileté, l'intelligence ou l'attention de l'ouvrier. Ajoutons que ces machines ont été aussi réduites de volume, sur le modèle décrit en 1867 ; elles n'occupent plus maintenant que 20 cent., de surface travaillante, et ne pèsent plus que 150 kil., y compris le volant. Leur réglage, s'obtient au moyen de deux vis de pression placées à droite et à gauche du bâti. Leur rendement, qui est naturellement proportionnel avec la vitesse qu'on leur imprime, est en moyenne de 20 kil., de coton brut égréné par heure.

En *Angleterre*, pays qui moins encore que la France, ne peut songer à être producteur, deux constructeurs ont exposé des machines à égréner le coton; MM. Platt, frères, d'Holdam, une égréneuse du système Mac-Carthy, et MM. Dobson et Barlow, de Bolton, une machine de leur système.

L'égréneuse Mac-Carthy est bien connue, elle figurait à l'Exposition de 1867, et a été alors suffisamment décrite. On reproche à cette machine d'arracher quelque peu le coton et par suite d'en diminuer la longueur; d'un autre côté, la lame mobile vient heurter brusquement et excentrer le coton au point où il devrait être normalement entraîné par le cylindre en cuir, pour ne pas subir d'altération dans ses qualités essentielles. La machine construite par M. Platt, ne remédie à aucun de ces inconvénients. Le seul perfectionnement que ces constructeurs ont apporté à l'égréneuse Mac-Carthy, a consisté à attacher aux couteaux mobiles des grilles qui élèvent le coton au niveau du tranchant du couteau fixe et de la surface exposée des cylindres. Un système de grilles fixes et mobiles, dont les dents passent l'une sur l'autre environ 750 fois par minute, dégage les graines à la descente de chaque couteau mobile, et les lance dehors. Les constructeurs ont eu en vue dans ce changement, le nettoyage des cotons en graine à capsules couvertes de fibres courtes, dites *semences laineuses* qui ne pouvaient auparavant être traitées par cette machine.

L'égréneuse de MM. Dobson et Barlow est toute nouvelle. L'égrénage s'opère au moyen d'un fort cylindre de cuir et d'un certain nombre de disques montés obliquement sur un arbre en fer tournant d'un mouvement continu. Les disques font aller et venir les graines, tandis que le cylindre de cuir les dépouille du coton. Quand les graines sont dépouillées, elles tombent, sans avoir été brisées, dans un réservoir *ad hoc* et le coton est livré en nappe continue de l'autre côté de la machine. Si nous en croyons les inventeurs, une égréneuse de leur système, type de 40 pouces, fonctionnant à sa vitesse normale, pourrait produire par heure, depuis 140 kil., pour le Dhollerah jusqu'à 375 kil , pour le Native-Indes. La machine de l'Exposition nous a semblé donner de bons résultats, mais de tels chiffres nous semblent excessivement exagérés. Les machines à égréner de la France et de l'Angleterre ont été les seules exposées. Passons maintenant à l'examen des produits bruts exposés.

En première ligne, naturellement, nous devons mentionner les *États-Unis*. — En 1876, il y avait grand émoi à Liverpool : huit balles de coton étaient arrivées de New-York. Cette quantité avait semblé tellement exhorbitante aux employés anglais, que ceux-ci en avaient référé à leur Gouvernement, et bientôt une dépêche spéciale les autorisait à tout confisquer sous prétexte qu'il était de toute impossibilité, qu'une telle quantité de ce textile, eût été produite en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Amérique. Il n'y a pas encore un siècle que ce fait s'est produit, et déjà quel chemin parcouru! D'après les derniers relevés du *Bureau d'agriculture* de Washington, la culture du coton en 1876, était évaluée à 3,800,000 balles, représentant une valeur de 256 millions de dollars, ou en monnaie française, 1 milliard 300 millions. C'est assez dire que le coton compte parmi les richesses naturelles les plus importantes des États-Unis.

Il ne faut pas s'étonner dès lors de la satisfaction avec laquelle les Américains ont fait occuper à ce textile la *master-place* de leur exposition. Non-seulement, ils ont mis à l'endroit le plus en vue, plusieurs balles de leur meilleur coton d'exportation, enveloppées de soie bleue et encerclées de bandes dorées, mais encore ils en avaient exposé partout, à côté des céréales, du tabac, des graines de toutes sortes. Les balles d'échantillons, éventrées avec intention, pour faire voir les produits qu'elles renfermaient, permettaient d'y admirer une ouate de toute beauté, joignant à la souplesse et à la douceur de main, tout l'éclat et la blancheur désirables. Nous signalerons, entre autres, la balle exposée par la Memphis Cotton Exchange, de Memphis (Tennessee), et par M. R. de Gas, à New-Orléans (Louisiane). A la partie médiane de cette exposition, était une vitrine divisée en nombreux compartiments et destinée à instruire le public, du nombre infini de variétés commerciales, qu'offre le coton des États-Unis, depuis les qualités les plus communes, jusqu'à celles qui sont les plus prisées. Là nous avons reconnu la classification adoptée à Liverpool par la *Cotton Brokers Liverpool Association*, c'est-à-dire la division en trois sortes principales: 1° Sea Island et Florida Sea Island, 2° Upland et Mobile, 3° Texas et Orléans. Le premier genre comprenait à l'Exposition, six qualités: Ordinary, middling, fair, good fair, good et fine; pour les autres américains, il y avait les: Ordinary, good ordinary, low middling, middling, good middling et middling fair.

Nous venons de dire que si on remarquait dans l'exposition des Américains, les cotons les plus beaux, ceux-ci avaient eu soin d'exposer aussi leurs qualités les plus communes. Mais si nous avons dit *communes*, c'est bien par euphémisme. Que sont en effet les derniers types des États-Unis, à côté du coton *des Indes* qui figurait aussi par balles à l'Exposition. Certes, le coton est aussi pour les Indes une source de richesse, mais la qualité ne s'y trouve plus: ce n'est plus ni la même souplesse, ni le même éclat. C'est surtout à Londres que va ce coton; la *London Cotton Brokers Association*, les a rangées en classification spéciale : Surate, Madras, Scinde, Bengale, Rangoon, West India, du nom des lieux d'expédition. Il y a aussi des subdivisions pour les Surate, en Hingenhaut, Saw-ginned Dharwar, Machine-ginned Broach, Dhollerah, Oomrawattee, Mangarole, Comptah; et pour les Madras en Tinnivelly, Western, Northern, Coconada, Coimbatore, Salem, etc. Tous ces types figuraient à l'Exposition.

Le *Gouvernement d'Haïti*, a exposé trois types de coton, l'un nommé sur une étiquette spéciale « coton blanc » se rapproche beaucoup comme éclat et souplesse, des cotons des États-Unis, l'autre sorte, désignée sous le nom de « coton de Siam » est une sorte beaucoup plus jaune et plus commune, enfin, un troisième genre, sans aucune désignation spéciale, intermédiaire entre les deux, complète cette exhibition. N'oublions pas non plus, l'exposition du *Venezuela*. Les types qui ont été exposés sont beaux et brillants: on en exporte chaque année, pour plus de 2 millions de kilogrammes. Dans le *Japon*, le coton, n'était là que pour mémoire, car ce textile ne s'y exporte pas, et ne sert guère qu'aux vêtements grossiers, de la classe laborieuse. Dans l'exposition des *colonies portugaises*, nous avons trouvé une riche collection d'échantillons de cotons de l'Afrique et de l'Inde portugaise. Ce sont les types classiques et connus, rangés avec beaucoup d'ordre et par qualités, mais ne portant pas de désignations spéciales.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En dehors de l'Inde, les *colonies anglaises* faisaient bonne figure: *Ceylan* a un magnifique échantillon de Sea-Island, la *Jamaïque* : à côté d'une collection variée de textiles, nous a fait voir un type de coton du pays, propre et bien égréné ; le *Cap* récolte un coton courte-soie qui ne manque pas de valeur, enfin, nous avons vu en *Australie*, des spécimens de longue-soie qui méritent encore d'attirer l'attention.

Nous ne pouvons pas dire la même chose de la principale de nos *colonies françaises*, l'*Algérie*. Les cotons paraissent y avoir fini leur temps. Cette culture, offre dans ce pays certaines difficultés, et elle ne peut actuellement soutenir, sans le secours de l'administration, la concurrence des grands pays de production. Nous signalerons, cependant, en particulier, l'exposition du comice agricole de Relizane (Oran) qui nous prouve que du moins de bonnes qualités de coton peuvent êtré récoltées dans la contrée. En dehors de cela, nous citerons pour nos colonies, en *Guyane*, de bons cotons exposés par M. Wacongue, de Cayenne ; à la *Martinique*, un beau type envoyé par M. Bélanger, de Saint-Pierre; à la *Guadeloupe*, la jolie collection de M. Saint-Germain Massieux, de Gourbeyre; au *Sénégal*, le coton exposé par M^me^ Pelletier, de Saint-Louis ; enfin à la *Nouvelle-Calédonie*, les cotons égrénés et les cotons bruts exposés par MM. Robin et Martiny.

En Europe, nous ne trouvons guère de coton. Ainsi, nous comptons pour rien par exemple, les cotons bruts qui ont été exposés à côté de leurs tissus par MM. Van Heck frères, d'Euschédé, en *Hollande*, il est évident pour nous que ce textile n'a pu croître sous le climat humide et marécageux des Pays-Bas.

Le coton exposé en *Grèce* par MM. Kyriakos, Lyginos et C^ie^, du Pirée, et par la filature Hongueu et Trianti, de Patras, provient-il aussi du pays lui-même? nous l'ignorons, dans tous les cas c'est un beau type, et les Grecs ne pourraient que gagner à étendre cette culture, qui pourrait certainement s'améliorer sous certaines latitudes de leur pays. En *Suisse*, la filature Jacques Rieter et C^ie^, de Wutherthur, a cru devoir exposer quelques cotons, qui doivent être des Sea Island bien choisis, mais ne sont certainement pas des cotons suisses.

Enfin, la direction de l'agriculture en *Italie* a exposé quelques types de coton du pays: cotons jaunes, cotons blancs, coton de Castellamare, etc., assez jolis. La culture du cotonnier a-t-elle chance de réussir dans ce pays? Depuis que la guerre d'Amérique, qui avait donné un si grand essor à l'élève de ces arbustes en Italie, n'est plus là pour stimuler le zèle des producteurs, beaucoup estiment que cette branche est appelée à s'éteindre d'un moment à l'autre. En 1864, la statistique évaluait à 88,000 le nombre d'hectares, plantés en cotonniers et la production à plus de 600,000 quintaux. Aujourd'hui, c'est-à-dire en 1877, les relevés de douane signalent à l'importation 241,000 quintaux, contre 7,990 seulement à l'exportation. On trouverait bien facilement, cependant, en Italie, de quoi alimenter le petit nombre de manufactures qu'elle renferme, ainsi que nous le verrons plus loin, sans avoir recours aux cotons exotiques, et le peuple italien devrait bien se rappeler ce que disait un jour Cobden à Massimo d'Azeglio qui lui parlait des fabriques et des machines de son pays: « La voilà, s'écriait-il, votre machine à vapeur! » et il montrait le soleil. Certes, l'économiste anglais, toujours théoricien, tombait encore cette fois dans l'exagération, et dédaignait un peu trop les engins mécaniques, qui ne seraient pas plus mal placés en Italie qu'en d'autre lieu, mais il rappelait à bon droit que, puisque les cultivateurs italiens avaient chez eux une « machine à vapeur » dont tant d'autres se trouvaient sevrés, ils auraient dû en profiter plus qu'ils ne le faisaient et tourner de ce côté une partie de leurs efforts.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 3° La laine.

Parmi les textiles, la laine a une importance exceptionnelle. Dans presque tous les pays, la fibre en est utilisée à l'emploi manufacturé, et il est très-peu de contrées qui n'élèvent pas le mouton, soit au point de vue de l'engraissement du bétail, soit pour l'amélioration des races et la production du textile. En France, c'est avec le lin, la fibre la plus ancienne, celle dont nos ancêtres se sont servi dans les temps les plus reculés. En 1874, la production des laines s'est élevée chez nous à 85,550,585 kilog., représentant une valeur de 96,921,467 fr. Pour alimenter nos filatures, nous avons importé en 1876, 127,083,771 kilog., valant 286,044,520 fr.; l'agriculture en a exporté pour 17,715,640 kilog., valant 36,513,554 fr.

C'est surtout par le croisement de nos races indigènes, avec les races étrangères, que la laine française s'est améliorée. Les spécimens de toison dishley-mérinos et métis-mérinos exposés dans la classe 76 par la Société libre d'agriculture de l'Eure, nous en montrent les types les plus parfaits. Ce n'est pas à dire cependant que la laine fournie par nos races indigènes, soit de beaucoup inférieure à celle de ces races croisées : les échantillons de laine cauchoise, exposés par la Société centrale d'agriculture de la Seine-Inférieure, de laine d'Artois et de laine de Picardie, exposés par M. Despretz, de Cappelle, de laine berrichonne, etc., les valent certainement, mais, en général, on préfère les toisons des races croisées. Nous élevons encore en France des races étrangères dont nous essayons de conserver le type intact et dont nous faisons encore un commerce assez lucratif. Telles sont les laines allemandes (grosse laine), exposées par M. Despretz et les laines belges (Sambre-et-Meuse) dont on voyait un grand nombre d'échantillons dans la section française.

L'*Algérie*, que nous pouvons considérer comme faisant partie de la France, a exposé quelques laines brutes. Nous citerons en particulier les vitrines de MM. Mayer-Kahn, à Bou-Saada et de MM. Masquelier et C^ie^, à Saint-Denis du Sig. Depuis 1867, le commerce des laines a suivi dans notre colonie une progression réelle, malgré la concurrence qui provient de l'exportation toujours croissante des moutons destinés à la boucherie. En 1867, l'exportation des laines en masse était de 62,800 quintaux; elle a diminué pendant les années 1869, 1870 et 1871, pour se relever en 1872, à 80,000 quintaux, et atteindre en 1876 le chiffre de 100,000 quintaux, représentant 17,500,000 francs. De 1872 à 1876, la moyenne annuelle de l'exportation des laines algériennes a été de 85,000 quintaux, représentant une valeur de 15 millions. C'est dans l'immense région que l'on désigne sous le nom de *hauts plateaux* de l'Algérie que sont élevés les plus beaux types de la race ovine. La production de la laine est une source inépuisable de richesse pour les Arabes, mais elle est soumise à des irrégularités excessives et son développement est encore actuellement entravé par l'incurie des indigènes.

On sait que ce fut M. de la Tour-d'Aigues, qui, en 1758, introduisit en France la race mérinos qu'on n'élevait alors qu'en Espagne, et que l'essor de la laniculture française date du jour où l'Espagne, par un traité, nous concéda 367 brebis des plus beaux troupeaux de Léon et de Ségovie : ces animaux constituèrent la souche du magnifique troupeau de Rambouillet. Aussi était-ce avec un légitime sentiment de curiosité que nous nous dirigions vers l'exposition d'Espagne, pour en admirer les produits. Nous avons eu le regret de constater que la laine brute y était très-peu et même tristement représentée. Nous pouvons dire de l'*Espagne*, ce que nous disions de l'Italie, au sujet des cotons : la nature y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est clémente, mais l'homme en profite mal. La laniculture y est en décadence. Dès le principe, les bergers y jouissaient du privilége, dit *de la mesta*, dont il reste encore aujourd'hui des traces, qui consistait à conduire leurs troupeaux sur les pâturages du pays et à les y nourrir gratis. Ils arrivèrent ainsi à former la fameuse race des moutons *tras humantes*, c'est-à-dire changeant de pâturages, avec lesquels ils peuplèrent de moutons mérinos non-seulement la France comme nous venons de le dire, mais encore la Saxe, la Russie, l'Australie et le Sud de l'Afrique. Aujourd'hui, l'incurie des bergers a abâtardi en partie la race, et les toisons des brebis, sales, chargées d'immondices, de boues, de plantes desséchées, couvertes de sucs résineux provenant des arbustes contre lesquels les animaux se sont frottés, sont devenues rudes et grossières. Les laines d'Espagne livrées au commerce, exigent maintenant de grands lavages, et les toisons, tout en perdant dans l'eau un déchet considérable, retiennent toujours une partie des ordures dont elles étaient primitivement chargées. Partout les laines mérinos ont enrichi les pays où l'on a exporté les moutons d'Espagne, seule la mère patrie n'a pas su jouir des avantages que la nature lui avait donnés. Ajoutons, que si la laine a baissé de qualité, le nombre des animaux a aussi considérablement diminué.

Un petit pays qui touche à l'Espagne, mais qui est bien plus industrieux que lui, le *Portugal*, a au contraire une exposition de laines remarquable, et l'on a pris soin de nous y montrer les trois types fondamentaux des laines portugaises. Ces trois types sont, en premier lieu le *bordelairo*, sorte de toison grossière où l'on rencontre un mélange de poils gros, allongés, semblables aux poils de chèvre, qui feutrent ça et là avec la laine proprement dite, dont les brins plus ou moins fins, courts et souples, sont irrégulièrement enchevêtrés; puis le *merino* qui se distingue par des toisons tout-à-fait dépourvues de poils et formées de laine fine et souple, à brins ondulés, réunis en mèches bouclées et arrondies, de petit diamètre d'épaisseur, ordinairement uniforme, variant entre 25 et 40 millim., de longueur; enfin l'*estambrino*, qui comprend les laines à longs brins, lisses et pendants, mêlés de beaucoup de poils, tantôt luisants, tantôt ternes et plus ou moins grossiers, et souvent enveloppés à leur base par un duvet feutré.

D'après le recensement de l'année 1870, le nombre de bêtes ovines existant en Portugal, était de 2,706,777 et leur valeur totale de 11,222,552$^{f}$,72, ce qui donne pour chaque tête en moyenne, la valeur de 4$^{f}$,14. On a en outre vérifié qu'il y avait 2,409,795 moutons et brebis produisant 4,757,509$^{k}$,345 de laine, d'une valeur de 5,293,330$^{f}$,22, soit par toison 1$^{k}$,976 et 2$^{f}$,19, et pour le kilogramme de laine 1$^{f}$,09. — Les 2,706,777 bêtes ovines, appartenaient à 120,812 possesseurs.

L'une des contrées dont l'exposition de laines brutes mérite aussi d'être particulièrement signalée, c'est la *Hongrie*. Cela est assez naturel pour un pays qui est avant tout une puissance agricole. — La Hongrie possède plus de 25 millions de moutons, et la laine y constitue l'une des branches principales, sinon la plus forte d'exportation : en 1874, il en a été envoyé en Autriche, en Allemagne et même en France pour une valeur de plus de 80 millions. Les bergers élèvent les moutons dans les landes encore trop nombreuses de ce pays, ainsi que dans les domaines des magnats. Ceux-ci ont voulu montrer à l'Exposition qu'ils s'occupaient volontiers de travaux agricoles, particulièrement le comte Fr. Erdody, qui nous a fait voir de splendides toisons mérinos ; le comte Emeric Hunyadi, qui a eu en dehors de son exposition au Champ-de-Mars deux premiers prix à l'Exposition des animaux vivants, pour mérinos-négretti, et le comte Frédéric de Harkangi, mis hors concours. Nous ne pouvons parler de la Hongrie, sans citer l'*Autriche*, dont elle n'est qu'une vassale, mais ce ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sera que pour mémoire, car l'on n'ignore pas que, si ce pays tient une place très-honorable pour ses manufactures de draperies, que nous retrouverons plus loin, il néglige complétement la production de la laine brute, et se fournit à l'étranger et principalement en Hongrie.

En *Russie*, les laines brutes exposées sont remarquablement belles, et il est difficile de trouver des laines plus soyeuses, plus fines et plus nerveuses, que celle des mérinos élevés en Crimée et en Tauride, dont les troupeaux sont en moyenne de 10,000 et 12,000 têtes.

Chose curieuse, l'exposition la plus remarquable était celle d'une maison d'origine française, celle de MM. Vassal frères. Ce sont là, les descendants de la maison Rouvier et Vassal qui, en 1809, est venue fonder un troupeau en Russie, sur une concession de 35,000 hectares, faite par le czar. MM. Rouvier et Vassal n'avaient alors que 500 béliers et 1,000 brebis portières provenant d'Espagne. Aujourd'hui, il y a 110,000 têtes de bétail dans leur exploitation, produisant 221,130 kilog., de laine en suint, soit 97,725 kilog., (38 à 40 %), de laine lavée par un procédé de leur invention, aujourd'hui pratiqué couramment sous le nom de lavage Cherson. Tous ces produits sont pour la plupart expédiés au Hâvre et à Rouen, dans l'ancienne patrie de MM. Vassal. — On se rappelle, qu'il y a peu de temps est mort en Amérique, un fameux négociant en grains, Friedlander, qu'en raison de l'extension qu'il avait su donner à son commerce, les Américains avaient baptisé Grainking, roi du grain : nous ne doutons pas que si MM. Vassal habitaient l'Amérique, ils ne seraient pas longtemps à être appelés les Woolkings, rois de la laine, de la contrée.

L'exposition d'*Italie* était assez fournie. A côté d'une exposition de poils de chèvre, nous avons vu de nombreux échantillons de laines des races mérinos, bergamasque et Sopravissana. Ces laines sont jolies, sans avoir cependant rien de remarquable : les divers types se ressemblent beaucoup. Il faut croire que l'Italie n'est pas très-satisfaite de leur qualité, car, malgré le nombre assez grand de ses filatures de laine, elle en a encore reçue en 1877, de la Plata et des colonies anglaises plus de 80,000 quintaux de laine brute ; par contre, on ne lui en a demandé que 7,000. D'après le dernier recensement, il y aurait dans ce pays 7,000,000 de moutons et 1,500,000 chèvres.

Signalons en passant, l'exposition collective de la *République d'Andorre* dont les toisons, qui sont fort belles, servent à la fabrication d'un gros drap d'une extrême solidité analogue aux draps français de Lavelanet ; et dans celle de *Danemarck*, les laines exposées par MM. Bloch et Behrens, de Copenhague, un peu grossières, il est vrai, mais fortes et chaudes ; les tissus qui en proviennent font d'excellents vêtements qui protègent les habitants contre l'âpreté du climat. Dans ce dernier pays, le tricotage des lainages à la main, forme surtout pour certains districts du Jutland, une industrie considérable : il y avait dans la classe 37, un grand nombre d'articles de bonneterie, lingerie, objets accessoires du vêtement, exclusivement fabriqués avec la laine danoise.

En sortant d'Europe, le premier pays que nous ayons eu à visiter, a été nécessairement l'*Australie*. Les laines de ce pays, longtemps délaissées, sont maintenant nos meilleures laines d'importation. Les produits qui ont été exposés au Champ-de-Mars étaient vraiment remarquables. On sait que, dans les Nouvelles-Galles du Sud, les *Squatters* possèdent des troupeaux de 20,000 à 1 million de moutons. Ce sont là, de ces chiffres colossaux dont on n'a pas d'idée dans nos populeuses contrées. Pour 600,000 habitants, la dernière statistique accuse 25,000,000 de moutons. Les béliers mérinos d'Australie, dont la généalogie est prouvée, valent actuellement de 500 à 2,500 francs, et les brebis de 500 à 5,000 francs. Un beau mouton australien, porteur d'une toison épaisse pèse 50 kilog., et la tonte annuelle des moutons de cette catégorie donne en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moyenne 31$^{k}$,$^{1}/_{2}$ de laine lavée. Ces chiffres disent assez à quel degré de perfection s'est élevée la laniculture dans ce pays.

Après l'Australie, nous signalerons la *République argentine*, encore un pays qui, dans quelques années sera un des grands fournisseurs de laines du continent. Il n'y a pas bien longtemps d'ailleurs, que l'on s'occupe de laniculture dans cette contrée, qui élevait autrefois, avant tout, le mouton et le bœuf pour le cuir et pour la viande. Aujourd'hui on trouve plus lucratif d'avoir en même temps la viande et la laine, et l'élevage du mouton se substitue à celui du bœuf. Les laines de ce pays, dites *de la Plata*, sont aujourd'hui très-recherchées sur les marchés d'outremer et on les améliore de plus en plus. De 1867 à 1876, on a exporté de la République argentine 794,607,000 kilog., de laines et 257,197,090 kilog., de peaux de mouton, contre 24,831,000 kilog., seulement de cuir de bœuf et 312,462,000$^{k}$, de viande salée, y compris celle du mouton. Près de la République argentine, *l'Uraguay* fait bonne figure. Les troupeaux mérinos constituent, on le sait, une des principales richesses de ce pays, et les quelques échantillons de laines brutes, que nous avons vus à son exposition, nous sont un garant de leur bonne qualité. Rappelons aussi la *Perse* dont le shah a exposé dans la classe 46, quelques échantillons de laine lavée et non lavée, produits très-jolis, du reste, et dont nous connaissions déjà la réputation par les draps et les tapis que nous envoie ce pays et dont la qualité tient beaucoup à la souplesse naturelle et à l'éclat du produit brut, et terminons, en regrettant que notre rôle qui doit se borner à faire remarquer tout ce qu'il y avait de saillant et vraiment remarquable à l'exposition textile, nous force à signaler simplement les expositions de laines brutes du Pérou, de Guatemala, de Bolivie, du Maroc, de l'Empire d'Annam, etc., qui ont toutes quelque mérite, mais pas de caractère bien tranché.

### 4° Le lin.

On sait que les pays « liniers » par excellence, sont la France la Belgique, la Hollande et la Russie: les autres ne viennent qu'à une grande distance après eux.

En *France*, les départements du Nord, de la Normandie et de l'Ouest, sont ceux dont les expositions méritaient le plus d'attention. Voyons d'abord le *Nord*. On nous permettra de ne pas mentionner notre propre exposition, qu'il nous serait malséant de juger et à laquelle le jury vient d'ailleurs de décerner une médaille d'or. Nous trouvons, du reste, dans celle de M. Jean Dalle, de Bousbecques, et Porquet Lefebvre, de Petite Synthe, dont les vitrines étaient voisines de la nôtre, des échantillons de lins en tiges teillés et peignés à peu près semblables. Pour ce qui concerne les lins *en paille*, nous avons remarqués que les plus beaux types obtenus par ces exposants, avaient été récoltés à l'aide d'un engrais chimique, qui avait été recommandé par M. G. Ville, mais sur lequel nous avons été le premier en 1872, à attirer spécialement l'attention. Notre *Mémoire* sur diverses expériences remarquables, faites à l'aide de cet engrais, a été inséré à cette époque dans les *Annales du Génie civil*. Plus loin, quelques exposants de la Seine-Inférieure, entre autres, MM. Lacorne, de Goderville, et Ad. Vasse, d'Écramville, ont aussi signalé sur des étiquettes apposées sur leurs plus beaux produits, les bons effets de cet engrais. Celui-ci se formule par 200 kilog., de nitrate de potasse, 400 kilog., de superphosphate de chaux et 400 kilog., de sulfate de chaux, soit 1,000 kilog., par hectare. Nous étudions en ce moment si cet engrais qui est reconnu comme donnant d'excellents résultats pour une première année, ne pourrait être employé à nouveau, sinon pour une seconde

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

culture, du moins pour une culture de lin à 1 ou 2 ans d'intervalle de la première, si l'on pourrait en un mot, *rapprocher les rotations*, et ne pas éloigner les diverses cultures de lin, de trois ou sept ans, comme on le fait ordinairement. Les échantillons *teillés et peignés*, qui figurent toujours à côté des tiges brutes, témoignent d'un progrès réel depuis 1867. Nous avons surtout remarqué la filasse exposée par M. Jean Dalle, que nous avons déjà nommé plus haut. Celle-ci est d'une blancheur tellement éclatante que, si l'on négligeait la longueur des fibres, on la prendrait pour du coton. Cependant, nous nous permettrons ici une observation : généralement, dans le commerce, ce n'est pas la teinte que l'on préfère, on recherche plutôt les fibres jaunâtres et fauves, et nous voudrions savoir si les lins de M. Jean Dalle, ont été obtenus par la méthode classique à eau courante de rouissage, dite au ballon. Notre première idée a été que ces fibres avaient subi autre chose qu'une préparation agricole, et nous la maintenons, tout en exprimant notre regret qu'elle n'ait pas été signalée par son auteur.

Quelques cultivateurs ont eu l'heureuse idée, de nous montrer par des chiffres bien en vue, quel pouvait être le produit à l'hectare, obtenu par certains d'entre eux. M. Simon Legrand, de Bersée, par exemple, nous a dit que le lin haut et grainé qu'il a exposé, lui a donné à l'hectare 6,570 kilog., en tiges et 750 kilog., en grainé ; par contre, M. Pouchèle-Romain, d'Armbouts Cappel, n'a obtenu que 1,200 kilog., de tiges et 450 kilogr , de graines, il est vrai qu'il a eu soin de nous faire remarquer que celui-ci a été récolté sur une terre médiocre, mais nous trouvons le produit bien médiocre aussi. Tout cela a été obtenu avec du *lin de mars*. M. Havet-Bonte, de Marchiennes-Campagne, a obtenu en *lin de mai*, pour 2 hectolitres de graines à l'hectare, 4,000 kilog., de tiges et 12 hectol., de graines. On voit combien il peut y avoir de variété dans une seule et même culture. Nons avons passé rapidement devant l'échantillon de lin roui sur terre, exposé par la station agricole du *Pas-de-Calais*; cet échantillon est tout petit et perdu au milieu de la magnifique exhibition agricole de ce département. Nous pensons fort qu'il n'était là que pour mémoire et pour nous rappeler que le Pas-de-Calais récolte autre chose que la betterave et l'œillette.

Après l'exposition du Nord, nous pouvons mentionner celle de la *Seine-Inférieure*. Dans l'exposition collective du département, nous signalerons principalement, M. Loisel Méry, de Goderville, qui avec l'engrais chimique cité plus haut a obtenu jusqu'à *trois* récoltes *successives* sur la même terre, M. Lesergeant d'Eslette qui sur une terre argileuse a récolté 5,000 kilog., de paille à l'hectare, et aussi M. Brayé, des Authieux, sur le port Saint-Ouen, qui a exhibé du lin dont il a obtenu à l'hectare, dans un sol sablo-argileux exposé à l'est, 4,200 kilog., de paille et 800 kilog., de graines.

Signalons aussi l'exposition du Comité Linier des *Côtes du Nord*, fondé spécialement pour l'encouragement de la culture du lin en Bretagne et représentant de 73 exposants de cette contrée. Parmi les produits exposés par ces cultivateurs, il y avait deux types bien tranchés : les lins rouis, d'après la méthode bretonne et les lins dits *flamandés*, tous deux teillés dans l'usine modèle de M. Legris, de Pontrieux. — L'ancienne méthode *bretonne* est tout simplement le rouissage en vert. — Quant à la méthode dite flamande, comme encore sous le nom de *procédé Homon*, et préconisée comme empruntée à la Flandre, elle consiste à modifier le double rouissage usité dans le Nord, en rouissant sur terre d'abord, pour rouir à l'eau ensuite. A notre avis, cette méthode est mauvaise et les produits qui ont été exposés nous en sont garants. Lorsqu'on assigne, en effet, un terme donné au rouissage sur terre, on relève trois sortes de lins, les uns tout à fait rouis, d'autres moins rouis, d'autres enfin qui ne le sont nullement. Qu'arrive-t-il dès lors, lorsqu'on rouit à l'eau ensuite? Les lins *tout*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*à fait rouis*, subissent un rouissage trop prolongé et donnent ensuite un déchet considérable ; les lins *moins rouis*, terminent entièrement leur rouissage ; enfin, les lins *non rouis*, ne peuvent jamais, même après le rouissage à l'eau, avoir le même aspect que les autres. Du reste, les lins de Bretagne rouis en vert et exposés à côté des lins flamandés leur sont de beaucoup supérieurs.

En France, nous signalerons encore, dans la *Seine-et-Marne*, M. Papillon-Bardin, de Fresne (par Claye), qui a exhibé de très-beau lin, récolté après avoine, et ayant donné 6,000 kilog., de paille à l'hectare (récolte 1878) ; dans la *Haute-Marne*, M. Perrin, de Boulancourt, qui a exposé du lin roui, peigné et en étoupes ; dans l'*Oise*, M. Bataille, de Plessis-Belleville, dont les échantillons de lin brut, méritent certainement attention ; dans l'*Isère*, les expositions de l'asile public d'aliénés, de Saint-Robert et de la Société d'agriculture de Grenoble ; dans la *Vienne* et le *Cher*, aussi de beaux types de lin en paille. Comme on le voit, tous les principaux départements français, qui cultivent le lin, ont quelque peu exposé.

Tous ces lins ont été exposés comme rouis, d'après les méthodes classiques, à l'exception d'un échantillon de filasse très-blanche et très-fine qui figurait à côté d'un échantillon de tissu, dans la vitrine de M. Bayart, de Lille. Sans le vouloir, c'est nous-même qui avons été le promoteur de cette exposition. En effet, dans le tome I^er^ de nos *Études sur le travail des Lins*, nous avons parlé longuement (p. 185 et suiv.), du procédé Bayart et nous terminions en émettant des doutes sur son application pratique, en raison de son prix de revient qui nous semblait devoir être élevé, et sur ce fait que l'auteur ne nous avait montré aucun tissu fait avec le lin traité par sa méthode. Dans une brochure qu'il a jointe à son exposition, l'auteur répond à nos objections. Comme il reste complétement muet sur la question du prix de revient, nous n'avons pas ici à revenir sur ce que nous avons déjà dit ; pour le reste, M. Bayart se contente d'affirmer ses principes. Sa meilleure réponse, à notre sens, est la pièce de tissu qu'il a placé à côté de son exposition. Cependant, nous avouons que l'examen de ce tissu nous laisse complétement froid : en effet, le fil que nous avions vu tout d'abord à Lille était d'une finesse extrême, le linge en question exposé dans la vitrine de M. Bayart, était d'une propreté et d'une blancheur remarquable, mais c'est *en quelque sorte*, une belle toile de jute blanchie, un emballage très-net et sans paille, ce qui nous prouve que l'inventeur n'est pas lui-même bien rassuré sur la solidité du fil si fin qu'il avait d'abord obtenu, et qu'il a senti le besoin de réunir un grand nombre de ces fils ensemble pour en composer son tissu. Dans ces conditions, le problème résolu aurait consisté à faire, avec de mauvais lin, un tissu grossier, mais régulier : il resterait à connaître à quel prix ce tissu pourrait être vendu dans le commerce. Nous ne quitterons pas la section française sans signaler deux appareils à travailler le lin, le premier, une broyeuse, exposée dans la section des machines de filature par MM. Jean et Peyrusson, de Lille, le second, une machine à égréner le lin exposée dans la classe 76 (matériel agricole) par M. Ernest Legris, de Pontrieux (Côtes-du-Nord).

La *machine à broyer* de MM. Jean et Peyrusson date de plus de trente ans. C'est l'ancien système allemand Guild composé de 3 rouleaux fortement cannelés et animés d'un mouvement de va et vient. Il nous semble suranné de rappeler la description, très-simple d'ailleurs, d'une machine bien connue qui ne présente rien de nouveau. Nous ne pouvons dire la même chose de l'*égréneuse* exposée par M. Legris, machine très-ingénieuse et peu connue, très-utile dans certaines exploitations agricoles où on ne peut songer à égréner au peigne la masse de tiges de lin, annuellement récoltée.

La fig. 13, nous représente la machine de M. Legris. Dans cette machine, les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tiges de lin L, sont étendues sur une table, les capsules tournées du côté des pilons B. Une fois placées, il suffit de les pousser un peu, et une chaîne sans fin, munie d'aspérités suit son parcours, les entraîne d'un mouvement lent et régulier sous les coups des battes B. Toutes les tiges reçoivent alors successivement la percussion des trois maillets, et arrivent, complétement égrénées, au bout de la machine, où elles glissent le long de la claie D, pour s'empiler régulièrement au bas. Il se trouve vers la fin des secoueurs élastiques R, qui agissent au moment où les battes se lèvent, de manière à imiter jusqu'au bout les

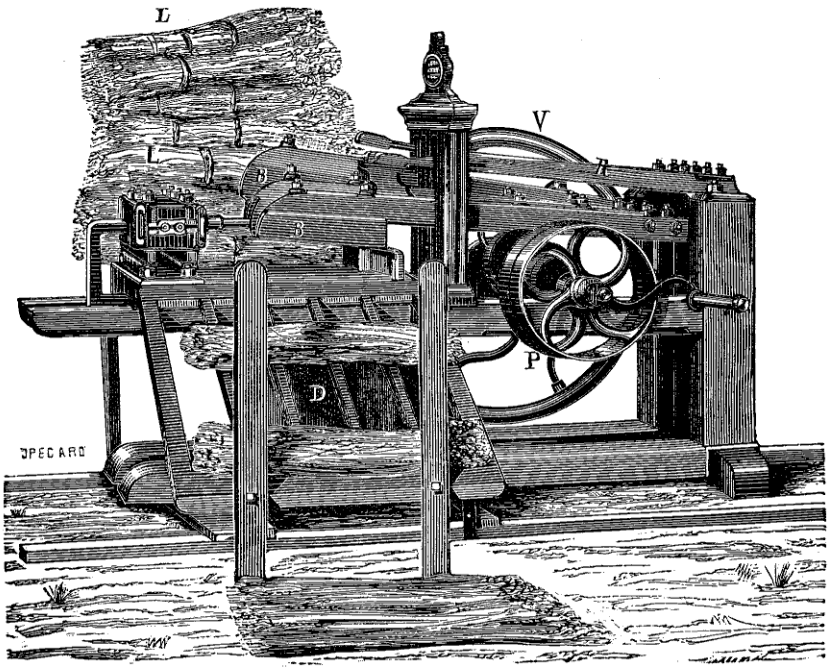



Fig. 13. — Machine à égrener le lin, exposée par M. Legris de Pontrieux.

secousses qu'on leur donnerait après le battage à la main. Les graines tombent dans une trémie disposée sous le bâti, et s'accumulent dans une corbeille disposée pour les recevoir. On voit en V un volant et en P la poulie pour la manœuvre de la machine, celle-ci n'exige que trois personnes, qui peuvent être une femme et deux enfants: un enfant apportant les bottes sur la table, un autre les étendant et les poussant sous la chaîne, une femme relevant les tiges qui descendent au pied de la claie et les remettant en bottes.

Passons à l'exposition de la *Belgique*. On exporte chaque année de ce pays plus de 60 millions de francs de lin, et la dernière statistique, qui remonte il est vrai à l'année 1866, accusait 57,046 hectares cultivés. Le rendement à l'hectare était évalué alors à 528 kilog., de filasse teillée, résultat magnifique et qui surpasse de beaucoup la moyenne de la plupart des autres contrées. On connaît la réputation des lins de Courtrai, rouis dans la Lys belge et qui sont ardemment recherchés de tous les filateurs de lin. Un exposant de ce pays, M. Leclercq, a tenu à nous montrer que la fibre n'avait pas dégénéré. Les échantillons qu'il a exposés, souples et brillants, n'ont d'égaux que les lins simi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

laires rouis dans la même rivière (rive française), et que nous avons vus dans l'exposition collective du département du Nord. Quelques lots de lins rouis à l'eau stagnante complètent l'exposition belge. Le pays de Waes est, comme on le sait, celui qui a fait le plus progresser le rouissage à l'eau stagnante : les lins traités par cette méthode, d'une belle couleur cendrée, à reflets très-brillants, sont gras au toucher et d'une extrême finesse. Si tous les lins rouis à l'eau stagnante ressemblaient à ceux de l'exposition belge, nous n'hésiterions pas à les préférer même aux lins de la Lys.

En *Hollande*, c'est surtout « la Société hollandaise pour l'encouragement de la culture du lin » qui mérite la palme. Nous y avons vu le lin exposé sous toutes les formes, bottes, pierres, émouchures, déchets, grains, etc., et provenant des diverses cultures de Groningue, de l'île Rozenburg, de Rotterdam (au Nord), de Pingjum (Frise), de Werkendam, de la Hollande méridionale, de l'île de Schouwen, etc. Ces lins, comme on le sait, sont la plupart du temps rouis dans des tourbières ou dans des routoirs à eau quelque peu courante, mais jaunâtre. Le pays de Brielle, la Zélande et la Frise, fournissent du lin blanc-jaune, tandis qu'une partie des provinces de la Hollande méridionale, de la Gueldre et du Brabant septentrional, produisent des lins de nuance bleue. Ces deux types figuraient à l'Exposition.

En *Russie*, nous avons remarqué surtout l'exposition de la Chambre de commerce de Riga, qui classe comme on le sait les lins d'exportation au moyen de différentes lettres qui servent à distinguer les qualités et les couleurs. Elle a eu soin de nous y montrer ses principales « marques » et nous croyons bien faire de les rappeler à nos lecteurs, comme confirmation officielle, venant du pays même ; les types suivants, ont été exposés.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lins couronne . . . . . | WZK | GZK | HZK | ZK. |
| — . . . . . | WSPK | GSPK | HSPK | SPK. |
| — . . . . . | WPK | GPK | HPK | PK. |
| — . . . . . | WK | GK | HK | K. |
| Lins Wrack et Dreiband. . . . . | $PW_2$ | $W_2$ | $PD_3$ | $D_3$. |
| Lins Slanetz-Dreiband . . . . . | PSD | SD | $SDW_4$ | |
| Lins de Pernau. . . . . | R | HD | D | OD. |
| Lins Hoff de Livonie . . . . . | WSFPHD | SFPHD | WFPHD | FPHD. |
| — — . . . . . | WPHD | PHD | WHD | HD. |
| Dreiband de Livonie et Wrack Dreiband . . . . . | $PLD_3$ | $LD_3$ | $DW_4$. | |

Après la Russie, nous n'avons plus guère de pays liniers proprement dits, et les lins qui ont été exposés appartiennent plus spécialement aux pays qui les cultivent, d'où ils ne sont guère exportés. Nous signalerons, parmi l'une des expositions les plus variées, celle de *Portugal*. Cette petite contrée a exposé en effet, tous les types qu'elle récolte. Il y a en Portugal quatre variétés de lins : le lin de Galice ou *gallego*, le lin mauresque ou *mourisco*, le lin de Coimbra, dit *coimbrao*, et le lin de Riga connu sous le nom de *lhino de fora* ou lin étranger.

Le *gallego* est un lin de printemps, extrêmement court mais très-fin. C'est lui qui sert à fabriquer la fine toile de Portugal, dite *cambraia* ou toile de Cambrai, ainsi que les dentelles et les broderies de Guamaraes. Le *mourisco* est plus long, mais beaucoup plus rustique et plus grossier que le lin gallego. On en emploie la filasse pour la confection des toiles grossières et des linges de bas prix. En culture, on en distingue deux variétés : l'*abertiço* et le *serrano*, l'un plus fin et plus long, l'autre plus commun et plus court. Le lin *coimbrao* n'est qu'une variété dégénérée de l'un des précédents. Sa filasse est plus fine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le mourisco, mais moins blanche et pas aussi estimée que celle du gallego. Enfin, le lin de Riga ne réussit pas en Portugal. On en a fait de sérieux essais à Braga, il a toujours donné comme première culture 1m,10 de hauteur et plus de lin, mais moins de graines que le gallego. Comme il est moins fin que ce dernier, il n'est guère prisé dans le pays. A notre avis, sa culture serait plus goûtée, si, au lieu de le semer avec du maïs et des haricots, on le semait tel quel comme dans nos contrées du Nord de la France.

L'*Italie*, qui cultive 81,000 hectares de lin, fournissant d'après la dernière statistique 230,000 quintaux de filasse, a exposé aussi quelques types. Les plus belles collections sont celles des Chambres de commerce d'Avellino, de Caltanissetta et de Trapani. On sait que plus de la moitié du lin qui est récolté dans ce pays, provient de la Lombardie.

On voyait aussi dans l'exposition d'*Espagne*, un grand nombre de types de lin brut. Nous citerons particulièrement les expositions de MM. Conde de Pallarès, à Lugo et de J. Fernandez à Neirade Juzà (Lugo). On sait qu'on cultive en Espagne, toutes les variétés de lins, mais particulièrement deux sortes spéciales: une variété à fleurs bleues qui donne une fibre fine et soyeuse, dont le prix est assez élevé, et une variété à fleurs blanches qui se vend moins cher, mais qui a généralement plus de nerf. Cette seconde espèce est toujours plus estimée que la première.

Il y avait peu de lins exposés en *Autriche*. La principale vitrine était celle de « l'Exposition corporative des établissements pour la préparation du lin de la Basse-Autriche » qui était vraiment remarquable. Nous avons été étonné de ne pas trouver dans la *Grande Bretagne* quelques échantillons de lin d'Irlande. Par contre, nous trouvons un grand nombre de types dans les *colonies anglaises* qui n'en exportent pas, particulièrement au Canada et à Victoria.

L'*Algérie* a exposé du lin et avec raison, car la culture de ce textile est appelée à prendre une grande extension dans ce pays. Le lin est en effet cultivé maintenant dans notre colonie sous ses deux espèces les plus recherchées: le lin de Sicile, qui fournit beaucoup de graines, et celui de Riga que l'on récolte surtout pour la filasse. Ce dernier commence à être apprécié depuis 1873, car il donne dans ce pays, d'excellents produits susceptibles des applications les plus diverses. C'est surtout dans le département d'Alger et de Constantine que la culture du lin a pris une sérieuse extension depuis 1867. La superficie totale cultivée en lin est d'environ 6,000 hectares; en 1876, ils ont fourni à l'exportation 32,000 quintaux de graines qui, au prix moyen de 35 francs le quintal, représente 1,120,000 fr.; en 1877, la récolte a donné 17,376 quintaux de paille, 87,000 quintaux de graines et 161 quintaux de filasse. On ne saurait trop encourager les Algériens à se préoccuper de la culture des tiges et de la production de la filasse. Dans nos autres *colonies françaises*, nous ne trouvons de lin qu'à la Nouvelle-Calédonie: M. C. Hoff, à Nakoutukouin, a exposé, seul, quelques types.

### 3° Le Chanvre.

D'après la dernière statistique, celle de 1871, les départements qui occupaient le premier rang au point de vue de la production du chanvre, se rangeaient dans l'ordre suivant: Sarthe, Maine-et-Loire, Isère, Indre-et-Loire, Lot-et-Garonne, Morbihan et Côtes-du-Nord. Il y avait en outre, une production constatée de 490,974 quintaux. Ce textile occupe donc en *France* une place très-importante.

C'est surtout par la longueur que se distinguent les chanvres *bruts* de l'Expo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sition française. Les types qui ont été exposés par MM. Semeux, à Eu (Seine-Inférieure), Landry à Bourgueil (Indre-et-Loire) et Dubuc à Eu, atteignent parfois jusqu'à 5 mètres de hauteur. Il n'y a guère de *filasse* exposée; les collections de chanvres les plus remarquables, étaient celles de l'exposition collective de la Société d'agriculture d'Indre-et-Loire et celles du Comice agricole de Loudun. En somme, il est regrettable qu'un grand nombre de départements qui auraient pu exposer du chanvre ne l'ont pas fait et se soient surtout rejetés sur le lin, qui souvent est chez eux, la culture la moins importante.

Après la France, l'un des pays producteurs qui aient le plus droit à notre attention, c'est l'*Italie*, qui, d'après la dernière statistique, cultivait encore 133,000 hectares de chanvres, surtout dans la partie méridionale du versant méditerranéen. Ces 133,000 hectares produisaient 959,000 quintaux de filasse, dont 590,000 pour l'Émilie. Des échantillons exposés, sont magnifiques et pourraient à première vue et en raison de leur finesse plutôt être considérés comme du lin plutôt que comme du chanvre.

Enfin, parmi les pays producteurs, nous avons à signaler la *Russie*. La Bourse de commerce de Riga, a exposé ici, *par marques*, comme elle l'a fait pour le lin, les différents types de chanvre récoltés dans sa circonscription. Comme les marques de chanvre sont beaucoup moins connues que les marques de lin, nous avons cru nécessaire de les relever et d'en donner la signification :

| | | |
|---|---|---|
| KSPH | Kurzer Schwarzer Pass hauf. | Chanvre pass noir. |
| LSPH | Langer — — — | — long pass noir. |
| PPH | Poln Pass hauf . . . . . | — de Pologne pass. |
| PAH | Poln Ausschuss hauf . . . . . | — — outshott. |
| PRH | Poln Rein hauf. . . . . | — — net. |
| FPPH | Fein Poln Pass hauf . . . . . | — — fin pass. |
| FPAH | — Ausschuss. . . . . | — — fin outhsott. |
| FPRH | — Rein hauf. . . . . | — — fin net. |
| SFPPH | Sup. Fein Poln Pass hauf . . | — — fin pass supérieur |
| SFPAH | — Ausschuss — . . . | — — fin outshott sup. |
| SFPRH | — Rein . . . — . . . | — — fin net supérieur. |
| MRH | Marine Rein hauf. . . . . | Chanvre net de marine. |

Nous n'avons plus guère, après la Russie, que des expositions de chanvre sans importance. Le *Japon* par exemple, nous donne quelques types de chanvre brut. Celui-ci est comme on le sait, bien souple et bien solide, il en vient de temps en temps en Europe, mais nous croyons que cette culture n'y est pas fort étendue. Il paraît qu'on s'en sert presque exclusivement pour la fabrication des câbles de marine: nous pouvons juger de leur emploi par les quelques spécimens qui étaient exposés dans la galerie des machines et qui proviennent de la corderie de l'arsenal de Iokoska. Une preuve d'ailleurs que les cordes de chanvre ne sont pas d'un usage commun au Japon, c'est que les cordes usuelles destinées à serrer les ballots de riz et autres sont toujours faites en paille de riz.

Le *Venezuela*, le *Canada*, le *royaume de Siam*, etc., ont aussi exposé du chanvre. Mais, il faut le dire, nous tombons, en dehors de l'Europe, dans ce genre d'exposition qui consiste à nous montrer des produits plutôt comme une curiosité que comme des textiles dont la préparation a été étudiée et soignée. Nous préférons les passer sous silence.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 6° Autres textiles.

**Ramie.** — Dans l'annexe des classes 56 et 57. MM. Laberie et Berthet de Rouen ont exposé une machine à décortiquer la fibre de la *ramie (bœhmeria candicans, urticées)*.

Il y a environ une dizaine d'années, que nous connaissions en France la ramie, qui nous a été signalée pour la première fois par le botaniste Decaisne. Depuis, on en a fait bon nombre d'essais de culture et on en a beaucoup étudié l'utilisation. Il faut dire cependant que ces essais n'ont bien réussi que dans les contrées méridionales, ce qui semblerait faire croire que nous aurions là un textile qui plus tard, dans les pays chauds, pourrait faire concurrence au coton; jusqu'ici toutefois, cette concurrence n'est pas à craindre. La culture de la ramie en France n'a jamais été faite à un point de vue bien pratique, et c'est seulement maintenant que la culture de cette plante commence à prendre un peu d'extention en Algérie, notre principale colonie. L'Angleterre est la contrée du continent européen où cette matière s'expédie le plus à l'état brut : la ramie est cotée sur les marchés anglais au même titre que les autres textiles, et c'est même actuellement le seul pays où, à notre connaissance, il s'en trouve des fabriques en pleine activité.

C'est justement le manque de machines propres à la décortication de cette fibre qui met un obstacle sérieux à la vulgarisation de son emploi. La culture de la ramie n'est pas en effet bien difficile et les expériences qui ont été tentées à ce sujet, ont largement prouvé que si la première année, on ne peut en faire qu'une seule coupe à l'automne, les coupes sont régulières la seconde année, et peuvent, selon les climats, aller jusqu'à cinq. Un champ de ramie en pleine production doit donner au-dessus de 100 tiges par mètre carré, et 600 tiges laissent environ un kilogramme de filasse.

Il y a quelques années, le Gouvernement anglais proposa un prix de 50 liv. st., soit 125,000 fr. environ, à celui qui aurait inventé une bonne machine à décortiquer la ramie. Le concours devait avoir lieu à Java. Soit qu'il y eût peu d'inventeurs qui fussent désireux d'aller jusqu'en Océanie pour concourir, soit qu'il n'y eût pas de machines inventées, un seul appareil envoyé par un français du nom de Rolland, arriva à l'époque indiquée. Bien que la machine Rolland ne pût être jugée digne du prix annoncé, l'inventeur n'en fut pas moins gratifié de 25,000 fr., comme encouragement, ce qui prouve que le déplacement est encore rémunéré chez nos industrieux voisins. Aujourd'hui, le même concours recommence, et le prix dépasse 50 liv. st., il a été décerné en 1878.

La machine exposée par MM. Laberie et Berthet décortique la ramie à l'état vert. Elle est représentée pl. II. fig. 1. La poulie étant mise en mouvement dans la direction indiquée par la flèche, l'ouvrier qui manœuvre la machine se place à portée du point N. Il prend de chaque main les plantes textiles et les présente, la tête dirigée en bas, dans l'angle formé par la corde I, et le volant à gorge G, au point N, où elles sont soumises à l'étreinte de la corde. Les plantes ainsi engagées, dont les têtes sont rapprochées du cylindre concave F par la queue de rat en fer K, sont portées, grâce au volant, entre le cylindre B, armé de couteaux, et la partie du cylindre F, tangente aux couteaux B'; elles s'y débarrassent de toutes les matières ligneuses qui entouraient les fibres, et celles-ci sont finalement nettoyées, en N', où la corde I, quitte le volant G. Il y a toujours à l'extrémité des filaments une partie non décortiquée qui est constituée par les quelques centimètres de la plante engagée entre la corde et le volant comme point de saisie, et que l'on coupe habituellement.

Si cette partie n'était pas coupée, un second ouvrier placé en N', s'empare-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rait de cette extrémité, la laisserait prendre un peu en dehors du volant G, en faisant un tour avec leurs fibres autour des crochets G', tout en laissant à l'intérieur de ce volant les fibres mises à nu. La partie non décortiquée arriverait bientôt aux couteaux B, pour revenir complétement nettoyée au point N'.

Quelques types de cette machine fonctionnaient déjà en Algérie. D'après les renseignements que nous avons obtenus, cette machine décortiquerait de 75 à 80,000 tiges par jour. Comme ces tiges pèsent avec leurs feuilles vertes de 3500 à 4000 kil., on voit quelle quantité considérable de détritus on obtient après la décortication. — Pour bien se servir de cette machine, il est nécessaire avant de l'alimenter, de la faire marcher chaque fois pendant deux heures à vide, approcher les deux cylindres assez près l'un de l'autre pour que les couteaux touchent réciproquement chacun d'eux, et si les couteaux sont trop vifs, les adoucir avec une brique ou une pierre meulière. Il faut aussi toujours tenir la corde bien tendue.

Nous avons donné la description de cette machine parce que bien qu'elle semble n'avoir qu'un intérêt secondaire pour l'Europe, elle a au contraire une grande importance pour les pays exotiques. La ramie a été exposée en effet dans plus de dix contrées différentes. En dehors de l'Algérie, nous citerons en particulier la Chine, la Guyane française. la Guadeloupe, le Sénégal, Mayotte, Sainte-Marie de Madagascar, Lagos, la Cochinchine, etc.

On conçoit d'ailleurs qu'un prix aussi élevé que celui proposé par l'Angleterre et dont il a été fait mention plus haut, doive signifier quelque chose, et que les Anglais qui ont la réputation d'être des hommes pratiques, n'aient pas inconsidérément proposé pour une chose futile une récompense aussi élevée. Outre la ramie, nous avons rencontré encore bon nombre de textiles dans le Palais de l'Exposition. L'Algérie, par exemple, a exposé encore du crin végétal, de l'alfa, du diss, et des fibres d'aloës.

**Crin végétal.** — Le *crin végétal* a été exposé par M. Averseng, d'El-Afroun (Alger) qui nous en a montré trois balles (crin blanc naturel, demi-blanc et noir teint). — Ce textile est un produit fabriqué avec les feuilles du palmier nain qui croit abondamment en Algérie, particulièrement dans le Tell et dans les provinces d'Alger et d'Oran, où les Arabes le désignent sous le nom de *duoms*. L'exportation qui en 1867 était de 22,000 quintaux de 100 kilogr. s'est élévée en 1876 au chiffre de 84,000 quintaux, représentant une valeur d'environ 1,500,000 fr. — En Algérie, le prix des feuilles sur pied est de 2 à 2f,50 les 50 kil. et un homme peut en couper 200 kil. par jour. La préparation des feuilles est faite par des femmes et des enfants, qui séparent les fibres des côtes, les sèchent et les frisent avant de les envoyer en fabrique. Ces fibres sont employées à l'état naturel ou bien elles sont teintes : dans ce dernier cas, elles sont passées dans plusieurs bains de sulfate de fer et de bois de campêche, puis frisées et replongées dans les bains. Dans le pays, qui contient déjà un certain nombre d'usines où cette fabrication est menée sur un grand pied, le crin végétal est livré au commerce de la literie sous deux qualités; le crin blanc qui vaut de 20 à 21 fr. les 100 kil. et le crin noir qui vaut de 25 à 38 fr. on s'en sert encore pour faire des paniers, des cordes, des nattes, etc.

**Alfa.** — Un autre exposant, M. Léo Hilaire, de Constantine, a exposé de l'*alfa* brut et des cordes d'alfa. — L'exploitation et l'exportation de cette matière textile a pris en Algérie, et surtout dans la province d'Oran, une extension très-considérable. Depuis longtemps l'usage de l'alfa est répandu chez les indigènes, qui en fabriquent des cordages, des nattes et des objets dits de sparterie. Ce n'est que depuis sept ou huit ans que l'élévation croissante du prix des chiffons a déter-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

miné de grands industriels à employer l'alfa comme matière première pour la fabrication de la pâte à papier. Depuis lors, les alfas, qui couvrent en Algérie, sur les hauts plateaux, une surface de plus de 5 millions d'hectares, acquirent une valeur énorme et donnèrent naissance à un commerce aussi important que régulier. Le droit de récolter cette plante dans les bois de l'Etat ou dans ceux des communes du département d'Oran, pendant 3, 6 ou 9 années, et sur une étendue de 236, 241 hectares vient d'être accordé dernièrement, moyennant un prix de fermage annuel de 73,595f,70 soit à raison de 0f,31 par hectare. Une tentative analogue a été faite dans le département de Constantine sur une étendue de 62,962 hectares, mais l'adjudication n'a encore réussi que pour 3,840 hectares au prix de 0f,20 par hectare. L'industrie de l'alfa tend toujours d'ailleurs à se développer. Bientôt le chemin de fer d'Arzew à Saïda pénètrera au milieu de la plus grande zone de production. Des usines se créent sur plusieurs points pour traiter la plante et la livrer au commerce sous la forme de pâte à papier ou de filasse. On a exporté, en 1876, 58,789 tonnes de ce textile, à destination de l'Angleterre, de la France, de l'Espagne, du Portugal et de la Belgique, ce qui, au prix moyen de 135 fr. la tonne, représente une valeur de 7,932,461 fr. La plus grande partie de cette production s'est faite dans les subdivisions de Sidi-bel-Abès et de Mascara, et s'est écoulée par le port d'Oran où l'on a embarqué la presque totalité.

**Diss.** — M. Louzet, chef d'escadron à Sonk-Arras (Constantine) a envoyé à l'Exposition des échantillons de *diss*. Ce n'est autre chose que ce que les naturalistes désignent sous le nom d'*arundo festucoïdes*.

On a mis en amodiation les terrains à diss en Algérie, comme on l'avait fait pour les terrains à alfa. Pour alimenter son usine des Ouled-Rahmoun, M. de Montebello a obtenu dernièrement le droit de récolter pendant une période de 18 ans, le diss dans les forêts de Chettaba et de Guerioum, moyennant une redevance de 0f,30 par hectare et par an.

Enfin, en Algérie nous signalerons encore M. Faga, d'Alger, qui a exposé des feuilles et de la filasse d'*aloës* (bromelia ananas).

**Textiles secondaires.** — Dans l'exposition de nos *comptoirs français de la Côte d'Or*, on voyait aussi quelques étoffes en *raphia*. Les filaments, ou comme on dit, la paille, servent à faire une espèce de madras à carreaux pour la coiffure, des tissus unis, à rayures, à carreaux, quelquefois mélangés de coton et même de soie pour *pagnes* et *rubans*. Notre colonie du *Sénégal* exposait encore des fibres de bananier (*musa paradisiaca*).

Dans l'exposition de la *Guyane*, nous remarquons encore l'*hibiscus*. Les habitants du pays le désignent encore sous le nom de *mahot à fleurs roses*. C'est lui qui fournit les rubans jaune orange qui servent à envelopper les paquets de cigares de la Belgique. La *Guadeloupe*, à son tour, a exposé de l'*abaca*, qui n'est autre que l'aloës de l'Algérie.

A l'*Ile Maurice*, au milieu de divers textiles de peu d'importance, nous remarquons le *fourcroya gigantea*, qui nous vient peu en Europe. Au Japon, on voit surtout le *broussonetia papiri fera*, plutôt employé pour le papier du pays que comme textile.

L'exposition de textiles exotiques du *Vénézuela* est très-variée. On y aperçoit d'abord un genre de textile qui paraît des plus solides et des plus tenaces, que l'étiquette désignait sous le nom de *coton de soie* et qui n'est autre que le *calotropis gigantea*. Plus loin, un autre genre de fibres, dont on fait paraît-il, dans le pays des cordages et des sacs, est désigné sous le nom de *cocuiza* et nous est représenté en feuilles : ce n'est autre que le *fourcroya* cité plus haut.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On y voit enfin un produit que sous le nom de *laine d'énéa*, nous avions reconnu pour être le *thypha latifolia*. Le *Nicaragua* a exposé du *pite* (pite fin et pite ordinaire). Ce n'est guère là qu'une variété d'aloës. Plus loin, dans le même pays nous avons vu encore quelques fibres de *bananier*.

Le *Mexique* possédait dans sa collection deux textiles peu connus, l'un désigné sous le nom de *ixte*, l'autre sous celui de *henequen* (chanvre sisal). Enfin le *Guatemala* a exposé des cordes en *maguey*, qu'il aurait mieux fait de désigner sous le nom plus connu d'*agave cubensis*.

— Parmi tous ces textiles, il en est encore un que nous n'avons pas cru devoir signaler, parce que nous ne savons s'il entre dans notre cadre d'en parler, c'est l'*amiante*, minéral produit de la décomposition d'une roche, le plus souvent la serpentine. L'Italie en a exposé des types magnifiques qui se présentent sous l'aspect de filaments, tantôt longs et blancs comme la soie, tantôt gris et agglomérés ensemble, ce qui leur donne l'aspect de déchirures de bois. Pour prouver tout le parti qu'on pouvait tirer de cette fibre minérale, MM. Furse frères de Rome, en ont fait presque de la dentelle. C'est certainement là un résultat magnifique et que nous regretterions de n'avoir pas au moins mentionné dans les arts textiles.

## II. — MATÉRIEL DES ARTS TEXTILES

### 1° Matériel de la filature de coton.

Le filage de la soie, concernant exclusivement la sériciculture, nous n'avons pas à nous en préoccuper, et nous entrons de suite dans le domaine de la filature de coton. Nous rappellerons qu'en France les premiers établissements pour filer et tisser le coton ont été créés au commencement de ce siècle et ont reçu des développements continuels et des perfectionnements très-remarquables jusqu'en 1870. Depuis cette époque, il ne s'est créé que peu d'établissements nouveaux. — Les filatures et les tissages de coton se trouvent disséminés dans un grand nombre de départements de l'Ouest, du Nord, de l'Est et du centre. — Nos cotons bruts proviennent de l'Amérique, de l'Egypte et de l'Inde. Ils sont en partie importés directement par les filateurs La quantité de coton brut consommée annuellement est d'environ 90,000,000 de kilogrammes. La transformation de ces matières en fils est faite par 4,610,000 broches. Ce matériel représente une valeur d'environ 200 millions de francs.

Tout cet outillage est en général dans de bonnes conditions. Depuis l'Exposition de 1867, la filature n'a pas eu de grands progrès mécaniques et techniques à réaliser. Les procédés, l'outillage, l'organisation du travail avaient, vers cette époque, atteint une telle perfection qu'il était presque impossible d'aller plus loin. Mais cette industrie a fait des efforts sérieux pour réaliser le dernier mot de l'économie et de la bonne fabrication. — Nous allons passer en revue les appareils les plus curieux exposés au Palais de l'Industrie.

**Carde Plantrou.** (fig. 14). — Cette carde, exposée par MM. Delamarre-Debouteville, de Rouen, était certainement une des nouveautés de l'Exposition textile. Elle diffère essentiellement des anciennes cardes employées pour coton que les constructeurs perfectionnaient avec raison chaque année, puisque le cardage est l'une des opérations les plus importantes de la filature, mais dont ils ne changeaient nullement le principe. Voici comment elle est agencée :

Entraîné par le cannelé A, le coton est attiré par le *briseur* B, dont la vitesse de rotation est de 275 tours par minute. C'est un *cylindre* C, *armé d'aiguilles* inclinées en sens contraire, d'un plus grand diamètre que le briseur et tournant de 300 tours plus vite, qui dépouille entièrement celui-ci du coton dont il s'est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

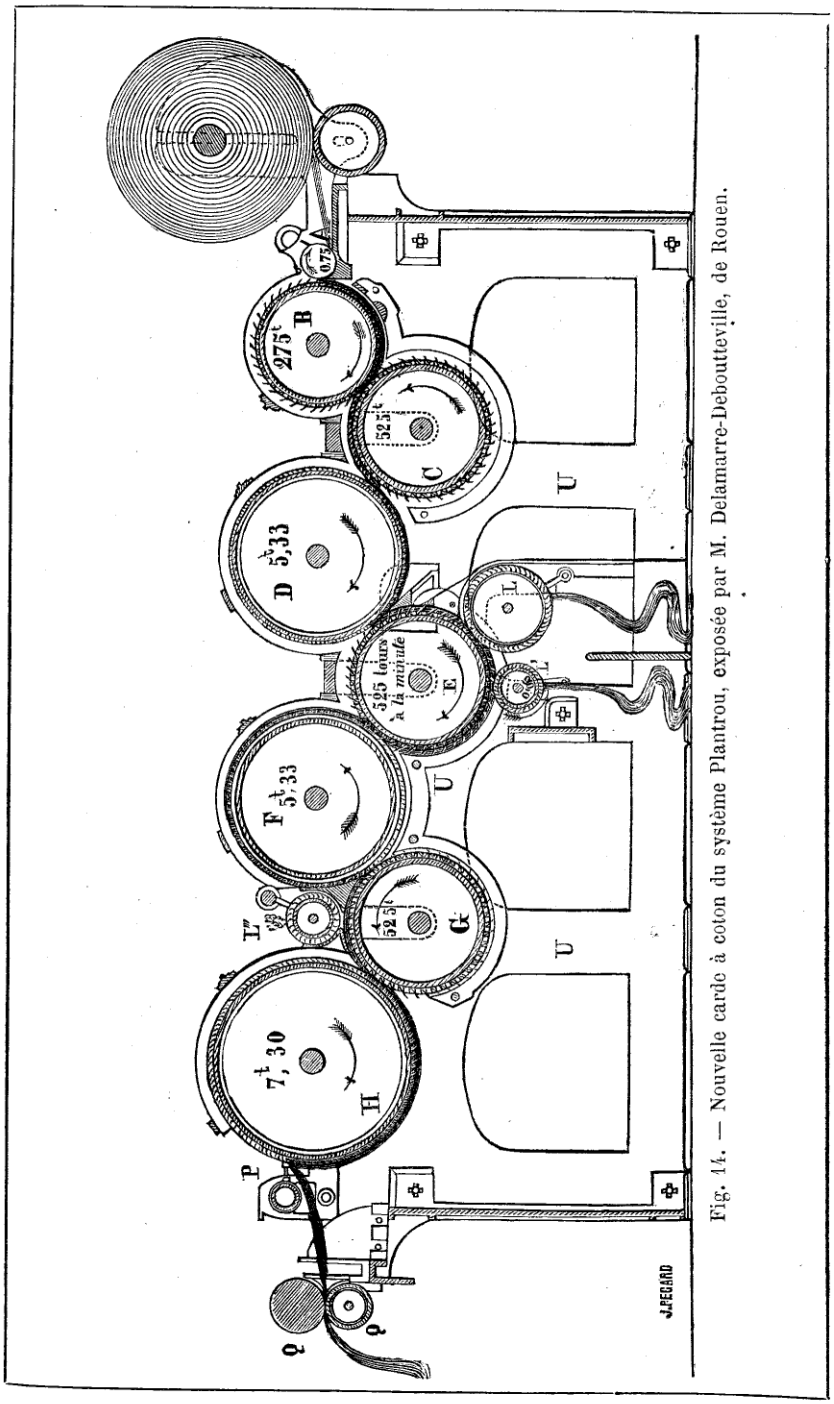



Fig. 14. — Nouvelle carde à coton du système Plantrou, exposée par M. Delamarre-Debouttеville, de Rouen.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chargé. Un premier *peigneur* D, faisant environ 5 tours $^1/_2$ par minute, s'empare du textile en le peignant. Le coton suit alors le chemin suivant : Du peigneur D il passe sur le 2e cylindre à aiguilles E en tout semblable au premier et qui fait le même nombre de tours, puis de là sur le 2e peigneur F animé d'un même mouvement de rotation que le premier mais en sens inverse; d'où il est pris par le cylindre G, pour arriver enfin sur le 3e peigneur H dont le nombre de tours ($7\ ^1/_2$) est un peu plus élevé que celui des deux autres.

Voilà pour le peignage, voyons maintenant le nettoyage. Ce nettoyage consiste comme on le sait à enlever les brins les plus courts ainsi que les impuretés laissées par le batteur. On a disposé à cette effet près du peigneur D un couteau I. Alors, comme le cylindre muni d'aiguilles E fait 52 tours par minute, le coton qui vient butter contre l'extrémité du couteau, se débarrasse des soies courtes qui sont moins retenues par les aiguilles, et des impuretés les plus grosses. Les boutons et les impuretés les plus menues sont enlevées par les cylindres L, L', L'', placés, les uns au-dessous de E, les autres au-dessus de G, d'où elles sont détachées par des couteaux spéciaux. En P une planchette sépare le débourrage des ordures qui tombent sous le briseur, et en V sont des bacs qui enveloppent les cylindres G, E, C et ont pour but d'empêcher le coton de tomber sous la carde. Cette carde, dont une série entière, paraît-il, fonctionne chez l'inventeur depuis sept années, sans laisser grande trace d'usure, ce qui tient sans doute à la manière exceptionnelle dont les appareils peuvent être soignés, exige peu de surveillance. D'après les renseignements qui nous ont été communiqués à l'Exposition, un seul homme peut en surveiller plusieurs : il suffit de débourrer une seule fois par jour les trois cylindres peigneurs. L'aiguisage ne peut aussi se faire que toutes les trois semaines, ce qui est facile à comprendre, puisqu'au lieu de grands tambours munis de garnitures peu durables et de grande valeur, on n'a tout simplement qu'à débourrer des petits cylindres à aiguilles. La production ordinaire moyenne est de 50 kilogs par journée de 12 heures. Le produit, que nous avons examiné, est beaucoup plus propre qu'avec les cardes ordinaires, bien qu'il renferme un certain nombre de boutons assez gros et d'ordures très-visibles qu'on peut facilement enlever de suite; la soie ne nous a pas parue non plus trop fatiguée.

**Métier à filer de M. Ryo-Catteau.** (pl. III, fig. 2). — M. Ryo-Catteau, de Roubaix, a exposé un métier à filer qui, de l'avis du constructeur, pourrait servir indistinctement à filer le lin, la laine, la soie, ou le coton. Comme le métier exposé ne filait devant nous que du coton, nous avons cru bien faire en le classant dans la catégorie des machines pour coton. Ce métier est à curseur, mais il diffère surtout des autres appareils du même genre en ce sens que le curseur y est conduit par l'ailette, et qu'au lieu de renvider le fil dans le même sens que la torsion, comme le font tous les métiers à retordre, il opère le renvidage en sens inverse. En voici les principaux organes :

T Traverse en fonte; A broche en acier fondu, solidement fixée sur T; *h* tube en laiton tournant sur la broche A; *n* noix en fonte, fixée sur h; *n'* noix en fer, tournant librement sur la douille de la noix *n*; B B branches d'ailettes fixées sur la noix *n'*; *c* fil de fer terminé par deux anneaux *d d* reliant les deux branches B B' : ce fil de fer traverse le pivot *h* dans lequel il est fixé; *p* pivot en acier tournant dans un trou percé dans l'extrémité de la broche A; *g* crolle, dite *queue de cochon*, fixée dans le pivot *p*; F fuseau en bois tournant librement sur le tube *h* et s'appuyant en *r* sur la douille de la noix *n*; *m* petit coulisseau glissant le long de la branche B; il est maintenu par une goupille *c* et est surmonté d'un crochet *l*; D disque circulaire dans lequel on a pratiqué une rainure *x* dans laquelle circule la goupille *e*; R traverse en fonte sur laquelle sont fixés les curseurs D : cette traverse a un mouvement de va-et-vient qui lui est communiqué par une chaînette C s'enroulant sur V; *y* arbre sur lequel sont fixés les secteurs V et qui leur imprime un mouvement de va-et-vient; R R' cylindres d'appel du fil commandés mécaniquement; P rouleau d'appel s'appuyant par son propre poids sur R R' qui l'entraînent dans leur mouvement de rotation; S S' tambour en fer blanc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Voici maintenant comment fonctionnent ces différentes pièces : Le tube *h* reçoit, dans ce métier, son mouvement de rotation à l'aide d'une corde s'enroulant sur S S′ et sur la noix *n*. Ce tube est garni par le bas à l'aide d'un entonnoir *f* contenant de l'huile, et par l'extrémité quand le pivot *p* est enlevé. La broche A est évidée de *y* en *z* pour éviter un frottement trop considérable. La noix *n′* reçoit son mouvement S S′ et comme son diamètre est plus petit que celui de *n*, elle tourne plus vite.

Le fil des bobines L appelé par les rouleaux P R R′ vient passer dans la crolle *q*, puis dans le crochet *l*, de là sur la bobine F. La noix *n′*, tournant à une très-grande vitesse, retord le fil débité par les rouleaux d'appel avant son enroulement sur F.

La plate-bande R, avant son mouvement de va-et-vient réglé par des excentriques, entraîne le petit coulisseau *m* dans son mouvement et fait ainsi la distribution du fil sur le fuseau F. Un trou d'huile *s* permet de graisser l'intérieur de la rainure *x* dans laquelle circule la goupille *e*. Par suite de la différence des diamètres des noix *n*, *n′*, les branches B B′, entraînées par la noix *n′*, tournent plus vite que le tube *h*. Le fil retors entraîne donc le fuseau F en le faisant glisser sur *h* et sur l'embase *r* d'un nombre de tours *égal à la vitesse différentielle entre les branches B B′ et le tube h, moins le nombre de tours de renvidage du fil débité par les cylindres d'appel*. On voit ainsi qu'on peut augmenter ou diminuer le frottement à volonté suivant le diamètre qu'on donnera aux noix *n n′*. On peut par ce moyen arriver à donner au fil une tension presque nulle, ce qui évite la casse des fils.

Cette disposition des noix *n n′* superposées présente, dans le cas qui nous occupe, l'avantage d'assurer l'entraînement complet de B B′, puisque la fatigue d'entraînement se trouve décomposée et partagée par les deux cordes faisant mouvoir les noix *n* et *n′*. Quant à l'ailette B B′, elle peut tourner à une très-grande vitesse, puisqu'elle est fermée à ses deux extrémités grâce à la traverse en fil de fer *c*. — La branche B n'est pas ronde, sa section est ovale ; de cette façon, le coulisseau *m* peut monter ou descendre, mais ne peut pas tourner.

Comme on le voit, tandis que dans les continus ordinaires, la torsion *augmente* le dévidage, puisque les tours d'envidage viennent s'ajouter aux tours de torsion, dans le continu de M. Ryo, la torsion doit être toujours augmentée, puisque le fil s'y *détord* de la même quantité.

**Métiers renvideurs de MM. Dobson et Barlow.** — Nous devons maintenant passer dans l'exposition anglaise pour rencontrer des machines à coton. Mais alors nous avons affaire, non plus à un seul métier sur lequel nous pouvons étudier à loisir les perfectionnements ou les changements, mais à des *filatures* entières pour ainsi dire, car pas un des métiers classiques n'a été oublié. Comme nous n'avons pas vu, dans tous ces métiers exposés, de changements *de principe* tels que ceux que nous avons constatés dans la carde Plantrou, mais seulement des perfectionnements, dont quelques-uns très-ingénieux et vraiment remarquables, nous nous contenterons pour cette raison d'indiquer rapidement ces perfectionnements, sans donner à nouveau la description proprement dite des métiers eux-mêmes.

Nous avons d'abord remarqué dans l'exposition de MM. Dobson et Barlow, de Bolton, deux métiers renvideurs, l'un pour *gros* numéros de 216 broches à 35 $^{m}/_{m}$ d'écartement pour filer des n$^{os}$ 1 à 45, l'autre pour *fins* numéros de 314 broches de 32 $^{m}/_{m}$ pour filer de 45 à 200,000 mètres. Le renvideur en gros a des rouleaux de pression doubles et un ratelier à simple mèche.

Le métier en fin a des roulettes simples et un ratelier à double mèche. Il est muni d'une tétière à double vitesse et d'un étirage supplémentaire. Il est natu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rellement agencé de façon que la relevée de la baguette se fasse plus lentement, afin d'éviter les vrilles, et il comporte aussi un mouvement spécial pour faire délivrer du fil pendant la torsion supplémentaire.

Comme il y a dans l'Exposition plusieurs métiers renvideurs et plusieurs métiers à anneau, on peut ici très-facilement en faire la comparaison et voir si les renvideurs qui occupent beaucoup de place et dont la production est restreinte grâce au temps qu'il faut pour la rentrée des chariots, *valent mieux* que les métiers à anneau qui occupent moins de place et produisent plus, mais sur lesquels il est impossible de faire des fils floches et de bien voir les défauts du fil en fabrication.

Le principal perfectionnement qui ait été apporté aux renvideurs par MM. Dobsus et Barlow est le *balancier à changement*, qui remplace l'ancien arbre à cames, dit *arbre à deux temps*, auquel on reprochait tant d'inconvénients. Un long balancier est établi à l'intérieur du bâti de la tétière. Ce balancier fait trois changements. Au premier, il lève un crochet quand le chariot est sorti; puis il monte à un second cran et dégrène le mouvement de sortie quand le nombre de tours de torsion est accompli. Le dépointage commence alors et le levier de la baguette permet au balancier de monter encore pour dégréner la friction du dépointage et engréner le mouvement de rentrée. Enfin, le chariot, en rentrant, remet le balancier à sa position primitive en dégrénant le mouvement de rentrée et engrenant le mouvement de sortie. Ce balancier fonctionne sans vibrations, ni bruit, et les changements sont réguliers et rapides.

Voici encore un autre perfectionnement qui supprime la boîte à pignons différentiels, composée de neuf engrenages, qu'on employait précédemment. C'est celui qui consiste à faire commander la sortie du chariot pendant l'étirage supplémentaire, et l'étirage supplémentaire lui-même par les mêmes roues qui déjà commandent la sortie du chariot.

A cet effet, une communication directe est établie entre le mouvement des cannelés et l'étirage supplémentaire. Dès que les cannelés cessent de tourner, l'étirage supplémentaire commence à faire mouvoir le chariot lentement, sans aucun arrêt, ni secousse. La vitesse est simplement ralentie; on évite ainsi le repos du chariot, les pertes de temps, les vrilles, etc. La rentrée du chariot est effectuée par un cône. Signalons aussi un mouvement d'arrêt instantané, très-accessible, adapté à ce cône. En cas d'accident, le conducteur peut arrêter instantanément le métier, à quelque position que soit le chariot.

Enfin, n'oublions pas le manchon de sûreté, pour le mouvement de sortie du chariot. Cet appareil est véritablement efficace, car nous avons pu vérifier qu'au moindre obstacle (un arbre qui chauffe ou qui grippe, une corde qui casse, par exemple), le métier s'arrêtait instantanément, grâce à une friction combinée avec la boîte à encliquetage commandant la sortie du chariot.

**Bancs à broches de MM. Platt frères.** — La fameuse maison Platt, d'Oldham a dans son exposition quatre bancs à broches, un banc en gros, un autre intermédiaire, un troisième en fin et un quatrième en surfin.

Le mieux construit de ces métiers est le banc à broches en surfin de 112 broches et trois rangs de cylindres de 1 $^1/_4$, 1 et $^1/_4$ pouces de diamètre. La moitié du banc est garnie de cylindres de pression à bosses détachées sur la rangée de devant, et de cylindres de pression ordinaires sur les rangées du milieu et de derrière; l'autre moitié est garnie de cylindres de pression à bosses détachées sur la rangée de devant, de cylindres en plomb recouverts de laiton et revêtus du cuir sur la rangée du milieu, et de cylindres en fer de 1 $^3/_4$ pouces de diamètre, revêtus aussi de cuir, sur la rangée de derrière : ces derniers effectuent la pression par leur poids seul.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il n'y a sur ces machines aucun perfectionnement de principe, mais un grand nombre d'améliorations de détail que nous ne pouvons que signaler. Nous citerons entre autres la commande du mouvement de va-et-vient par le mouvement de relevage de l'élévateur; le mouvement pour arrêter le banc lorsque les bobines sont remplies, commandé par l'arbre du cône supérieur, ce qui permet de rendre uniforme les longueurs envidées sur les bobines, etc. Ce banc est aussi muni de mouvement dit *locking motion*, servant à empêcher la mise en train avant que la courroie du cône n'ait été ramenée en arrière pour pouvoir commencer un nouvel assortiment. Tous les bancs à broches exposés étaient pourvus d'un cône arrangé d'une façon spéciale, imprimant à la courroie une plus grande vitesse et permettant de se servir de grandes roues de rechange et d'un moindre nombre de roues intermédiaires; par suite, l'ajustement du mouvement de renvidage était rendu plus assuré et plus précis, et l'on obtenait une bobine solidement renvidée, sans danger de tendre la mèche.

Nous avons remarqué que les ailettes de ces bancs sont en acier, et qu'elles sont par suite plus légères et plus fortes que les ailettes ordinaires que l'on construit presque toujours er fer.

**Continus à anneaux de MM. Howard et Bullough, Platt, Dobson et Barlow, Ziffer et Walker, et Vimont.** — A l'Exposition de 1878, six constructeurs exposaient des métiers à curseur, tout d'abord M. *Ryo*, dont nous avons examiné plus haut le métier exposé présentant une combinaison des plus ingénieuses du curseur avec l'ailette, MM. *Platt*, frères, avec une broche à collet long toute spéciale MM. *Dobson et Barlow* avec la broche Booth-Sawyer, qui date déjà de près de dix ans, M. *Vimont* avec une barette et deux curseurs combinés, MM. *Ziffer et Walker* avec une broche à collet long munie d'un chapiteau en fonte et de petites vis qui permettent de bien placer la broche dans le centre de l'anneau, enfin MM. *Howard et Bullough* avec la broche Rabbeth. Le grand avantage de cette broche Rabbeth réside surtout dans l'économie de graissage qu'elle présente. Une fois que le collet, en forme de tube, est rempli d'huile et recouvert, le pied de broche et le coussinet supérieur de la broche en sont complétement immergés, et d'après ce que nous ont dit les inventeurs, la broche pourrait tourner *plusieurs mois* sans avoir besoin d'être graissée. Un gallon d'huile (4 lit. $^1/_2$) nous a-t-on affirmé, suffirait à 1000 broches pour une année. Nous ne savons ce qu'il faut penser d'une semblable affirmation, tout ce que nous pouvons dire c'est qu'un filateur de coton qui a employé ce métier, nous a certifié avoir pu le faire marcher sans graissage pendant cinq semaines, ce qui est un avantage marqué, particulièrement sur les métiers à anneaux du système Sawyer, exposé par MM. Dobson et Barlow, où l'huile se verse au pied du collet.

C'est toujours une grande question que de savoir lequel des deux sera supplanté par l'autre, du métier à anneau ou du self-acting-mull. Le prix de revient sera toujours dans tous les cas, un grand obstacle à la rapide propagation des métiers à anneaux. De deux machines, en effet, l'une à anneaux, ayant 300 broches dont les prix varient de 10 fr. à 11f,25 la broche, l'autre self-acting-mull ayant 800 broches (distance 1 $^3/_8$) à 5 fr. la broche, 1000 broches anneau reviennent à 10,625 fr. et 100 broches self-acting-mull ne coûtent que 5000 fr. En Amérique, c'est le métier à anneaux qui est le plus employé.

D'après un tableau d'expériences dynamométriques qui nous a été communiqué à l'Exposition, et que nous ne voulons pas reproduire ici parce qu'il ne porte aucun nom d'ingénieur et qu'il n'a pas été corroboré par des expériences faites par les concurrents de MM. Howard et Bullough., le métier à curseur de leur invention absorberait moitié moins de force que pour les continus à ailettes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui sont directement en concurrence avec eux et 28 % moins qu'un continu à anneaux d'un autre système.

### 2° Matériel de la filature de laine.

La filature de la laine se divise comme on le sait déjà, en deux branches : laine peignée et laine cardée : nous avons indiqué dans notre exposé général les machines usuellement employées dans l'un et l'autre genres de filage.

La filature de la laine peignée emploie des machines et des procédés différents en certains points, suivant qu'il s'agit de travailler des laines dures comme les laines anglaises, ou des laines douces comme les laines mérinos.

La filature de la laine cardée utilise beaucoup les *blousses* ou déchets du peignage, composés toujours de filaments courts, et emploie aussi un grand nombre de laines mères ; elle travaille, en les mélangeant, même les déchets provenant des chiffons de laine qu'on effiloche, pour faire de la *renaissance*.

Nous rappellerons que la laine est travaillée presque partout en France et donne lieu à des fabrications d'emplois très-différents, tels que mérinos, draps, couvertures, flanelles, articles de bonneterie ; en résumé, elle sert au vêtement de l'homme, à celui de la femme, à l'habitation et même à l'ameublement.

Le travail des laines est surtout centralisé en France à Reims, Fourmies, Roubaix, Saint-Quentin, Le Cateau, Amiens. Rethel et Guise pour la laine *peignée ;* à Elbeuf, Sedan, Reims, Louviers, Lisieux, Tourcoing, Vienne, Mazamet, Castres, Châteauroux, Vire, pour la filature, le tissage et les autres opérations de la laine *cardée*.

Le travail de la laine est une des plus anciennes industries du monde. La France occupe dans cette industrie un rang très-honorable ; elle possède 2,648,000 broches de filature.

L'industrie de la laine, tout en utilisant largement les grandes inventions de ce siècle, a conservé son caractère propre, qui est la division industrielle du travail. Dans la laine cardée, une grande partie des filatures travaillent à *façon*, presque tous les apprêts sont aussi des industries *façonnistes* ; les usines groupant l'ensemble des travaux sont restées une exception, et l'industrie divisée soutient utilement la lutte contre elles.

Les laines employées en France viennent du monde entier, de France d'abord, de l'Australie, de l'Afrique, de l'Orient.

Les procédé sont peu varié depuis l'Exposition de 1867 ; il y a peu de perfectionnements généraux à signaler, mais une bonne fabrication, soignée, consciencieuse, et maintenant à la hauteur acquise cette grande industrie nationale. Nous allons examiner rapidement quelles sont les principales machines pour le travail de la laine exposées en 1878. La France et la Belgique prennent ici leur revanche sur le coton.

**Métier renvideur de MM. Pierrard-Parpaite et fils.** (pl. II, fig. 2). — La pièce principale et nouvelle de ce métier renvideur est un système de chariot métallique avec commande spéciale de l'arbre longitudinal qui transmet la vitesse aux broches.

L'intention de MM. Pierrard-Parpaite a été de combiner un chariot, dont la dilatation de tous les organes fût uniforme, dont la position respective des différentes pièces fût immuable, pour éviter le dénivellement dans le système des broches, et dont les éléments, sans en augmenter le poids, fussent de fabrication courante. Il leur suffisait pour cela de se reporter aux agencements si résistants des organes des ponts composés de fer cornière, tôle et supports bou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lonnés et rivés, mais en tenant compte du mouvement de va-et-vient du chariot dont la rentrée donne des chocs, qui doivent être amortis par des corps mous. Ils ont été amenés naturellement à prendre pour le fond de leur chariot (pl. II, fig.2 *bis*) des panneaux de petite longueur en sapin F, lesquels se réunissent entre eux par des emmanchements libres à tenons J, ayant un peu de jeu entre leur jonction. Sur ce fond sont posés les supports destinés à recevoir le système de porte broche et sa commande, ils y sont boulonnés à la partie inférieure avec des bandelettes en fer croisées B, qui les rendent solidaires tout en empêchant l'écrasement des bois.

Les côtés et le dessus du chariot sont formés par des bandes de tôles minces boulonnées avec du fer cornière sur les parties correspondantes des supports. Cet assemblage, dont le poids n'excède point celui des chariots en cuir, présente une énorme résistance à la flexion. Sur les supports viennent se boulonner des cavaliers mobiles dont la partie inférieure repose et peut osciller autour d'axes fixés sur la cornière supérieure par des douilles. Des tirants de rappel permettent de régler l'inclinaison de ces cavaliers et par conséquent des broches, de leurs crapaudines, ainsi que l'arbre de commande des broches, qui est solidaire à tout le système. Les porte-collets des broches, ainsi que les crapaudines, ont une position inaltérable, lorsque les tirants, boulons et vis de réglage, sont serrés; et l'on conçoit l'importance de cette stabilité qui, ne donnant aucun gauche dans les collets et crapaudines, laisse aux broches leur constante légèreté, ainsi qu'à l'arbre recevant les petits engrenages coniques. Tous les organes étant métalliques, le chariot subit la même dilatation que l'arbre de commande des broches. Les effets vibratoires sont complétement amortis par l'interposition de bandelettes de cuir entre les supports et la tôle, enfin le peu de jeu qui existe entre les jonctions J du fond en bois n'entrave en aucune façon les effets de la dilatation de tout le chariot.

MM. Pierrard-Parpaite ont profité de la création de ce nouveau chariot pour introduire un notable perfectionnement dans la position de l'arbre longitudinal qui commande les broches par engrenage. — En effet, dans tous les chariots avec broches commandées par engrenage, l'arbre A qui reçoit les petites roues d'angle, est placé à l'intérieur du chariot, de sorte que, lorsqu'il est nécessaire de remplacer une roue cassée ou qu'il arrive tout autre accident, le démontage de cet arbre est très-laborieux. La nouvelle combinaison du métier renvideur de l'Exposition réalise sa position avant les broches; il suffit donc, pour le retirer, de rabattre les couvercles en fer blanc et de déboulonner les chapeaux des coussinets : les supports de baguettes, étant fixés solidement au cavalier, laissent le devant du chariot complétement libre.

Enfin, il y a encore dans ce métier renvideur une combinaison spéciale pour la commande de l'arbre longitudinal, qui est obligé de tourner avec une grande vitesse pour transmettre le mouvement aux broches. Il faut ordinairement que le volant de la tétière, auquel on ne peut donner un diamètre exagéré, commande une poulie à gorge P d'assez petit diamètre calée sur l'arbre des broches; mais pour éviter les glissements sur cette poulie, on doit, au moyen de poulies intermédiaires de renvoi, faire passer quatre fois la corde sur les gorges, ce qui oblige d'en augmenter considérablement la longueur et les chances d'allongement. MM. Pierrard-Parpaite obtiennent le résultat voulu avec deux passages de corde seulement, grâce à la combinaison de l'arbre longitudinal A avec une transmission intermédiaire placée dans le chariot parallèlement à cet arbre, et recevant l'un et l'autre un engrenage et une poulie à deux gorges calés dessus en exhaussement.

**Appareil brise-mariages de MM. Dauphinot, Martin et Desquilbet.**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(pl. II, fig. 3). — Sur un métier à filer self-acting, de MM. Pierrard-Parpaite, de Reims, il existe un petit appareil qui est, à vrai dire, la curiosité principale de ce métier, qui fonctionne automatiquement comme lui, et qui est mentionné comme exposé spécialement par les inventeurs MM. Dauphinot, Martin et Desquilbet, de Reims. Il a pour objet d'enlever sur le métier à filer les fils accidentellement doublés qui, sous le nom de *mariage*, constituent un grave défaut et occasionnent plus tard dans les tissus des fils de chaîne ou de trame deux fois plus gros que les autres, le plus mauvais effet et par suite enlève à l'étoffe une partie de sa valeur.

Voici comment fonctionne ce petit appareil, qui consiste spécialement à avoir des aiguilles avec un double crochet, montées sur une barre entre les broches et à des intervalles réguliers. Cette barre a un mouvement de va-et-vient de haut en bas, en sorte que, si un mariage se produit, une aiguille devra nécessairement s'introduire entre les deux fils et l'arrêter immédiatement. — Dans la fig. 3, les crochets *m o* sont ouverts de 25 à 26 millimètres, c'est-à-dire suffisamment pour qu'aucun mariage des fils voisins *m, n* ne puisse passer au delà de la ligne droite *m o*. Supposons un mariage en *m'* ou *n'*, l'appareil H descendant le fait glisser sur les revers *m, n*, d'où il passe par l'ouverture *n* et gagne le creux *p*. A ce moment, le crochet se relève vivement, le fil marié tombe perpendiculairement en *r*, d'où il glisse dans la cavité S.

L'avantage le plus sérieux que nous trouvons à ce brise-mariage, c'est que son mouvement s'effectue juste au premier temps du renvidage, qu'il n'empêche pas par conséquent de rattacher, et qu'il permet de lever aisément les rouleaux pour casser les barbes, nettoyer et passer les bouts, lors des changements de parties.

**Cardes pour laine peignée et pour laine cardée de M. Duesberg-Bosson.** — L'exposition belge renferme un grand nombre de machines pour laines, et en particulier des cardes. Entre trois ou quatre constructeurs exposant tous les mêmes appareils, nous nous sommes arrêtés aux machines de M. Duesberg-Bosson, de Verviers, comme présentant l'ensemble le plus complet, que nous pouvions étudier plus à loisir.

M. Duesberg a exposé entre autres, une grande carde double pour laine peignée de $1^m,500$ d'arasement, et en outre un assortiment complet de trois cardes pour laine cardée, aussi de $1^m,500$ d'arasement. Ces appareils ne comportent que des perfectionnements de détail, qui, dans l'ensemble, ont encore une certaine importance. Nous allons en rappeler quelques-uns, au risque d'être accusé de tomber dans des détails puérils.

De toutes ces cardes, par exemple, on a rejeté les cylindres en bois, en carton ou en plâtre, sur lesquels l'état hygrométrique de l'atmosphère avait parfois trop d'influence et qui souvent devaient être débarrassés de leur carderie pour être redressés. Il est de règle d'ailleurs que, dans les machines actuelles, ces cylindres soient rapprochés de façon à laisser entre eux l'épaisseur d'une feuille de papier, et cela n'est véritablement possible qu'avec des matières qui ne puissent subir aucune variation.

D'après ce que nous a expliqué le constructeur lui-même, tous les tambours et les peigneurs sont en fonte, et leurs axes en acier. Pour obtenir une sphéricité mathématique, on les a tournés au tour sur leurs propres axes, puis on les a achevés en les aiguisant à l'émeri au moyen du cylindre voyageur.

On a aussi supprimé les travailleurs en fonte, qui toujours pèsent au minimum 70 kilogrammes, ce qui est un grand défaut, puisque ces rouleaux doivent être souvent déplacés, et on les a remplacés par d'autres cylindres faits d'un alliage de zinc, ayant une épaisseur maxima de 4 millimètres et pesant de 35 à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

40 kilog. seulement. Il paraît que ces travailleurs, malgré leur petite épaisseur, sont encore plus solides que les travailleurs en fonte qui se brisent presque toujours lorsqu'ils tombent : ceux-ci peuvent recevoir un choc très-considérable sans avoir la moindre altération. Les axes de ces travailleurs sont en acier.

La grande carde double, *pour laine peignée*, exposée par M. Duesberg se compose d'une table d'entrée, de trois roule-ta-bosse garnis à dents de scie ayant chacun leur cylindre échardonneur, d'un tambour de $0^m,900$ avec trois couples travailleurs, et enfin de deux gros tambours de $1^m,200$ diamètre, munis chacun de quatre couples de gros travailleurs métalliques de $0^m,240$ de diamètre. La sortie se fait sur un appareil à bobines.

Dans cette carde, un mouvement automatique permet de séparer les deux gros tambours; un mouvement de vis sans fin commandé par une courroie venant du premier tambour fait marcher deux vis à filet carré, et les deux tambours se séparent sans secousse. Pour les rapprocher, il suffit de croiser la même courroie et la carde mobile revient à sa place parfaitement de niveau et d'équerre, glissant sur les rails. — Cette disposition pour séparer les cardes est très importante; sans cela, il est très-difficile de nettoyer parfaitement tous les organes, et ce nettoyage est très-fréquent et très-important. Il faut, pour le faire bien, qu'un homme puisse se placer entre les deux gros tambours.

Voyons maintenant les trois cardes *pour laine cardée* qui forment un assortiment complet.

La première carde, ou *carde briseuse*, est, outre son appareil échardonneur, munie d'un avant-train spécial composé d'un tambour et de deux couples de travailleurs, tous ces cylindres étant garnis à dents de scie. — Cet avant-train est précieux pour les filateurs, surtout lorsqu'il faut carder des laines difficiles à ouvrir : la garniture métallique en acier, dont tous les cylindres sont recouverts, reçoit toute la fatigue et livre au tambour principal une laine déjà ouverte. Cet avant-train donne une durée presque double aux garnitures. La sortie de cette première carde se fait sur un simple tambour à matelas. La *seconde carde* ne présente guère de particularité. Les cylindres en sont bien construits : toutes les règles en bois sont fixées sur des joues en fer, ce qui doit leur donner une très-grande durée. La sortie se fait sur une nappe sans fin formant un matelas de 12 mètres de longueur.

La sortie de la troisième carde, ou *carde boudineuse*, se fait sur un seul peigneur de fort diamètre et à deux prises, 80 bons fils et 2 faux fils à 4 cannelles de 20 fils chacune. Nous y avons remarqué principalement la commande de l'appareil continu au moyen d'une corde de cuir venant du bout du tambour; cette corde s'allonge très-fréquemment et produit l'arrêt ou le ralentissement des *rota-flotteurs*. La tension de cette corde est ici régularisée au moyen d'un appareil spécial : un petit volant à la main donne cette tension pendant la marche de la machine. On sait qu'auparavant il fallait arrêter la carde et raccourcir la corde de cuir; c'est donc là un perfectionnement louable.

### 3° Matériel de la filature de lin, chanvre, jute, etc.

Jusqu'au commencement du siècle, tous les fils étaient fabriqués à la main; mais en 1810, un Français, Philippe de Girard, inventa la filature mécanique qui ne s'implanta véritablement en France qu'en 1835 et qui, depuis cette époque, a pris une telle importance que, non-seulement elle s'est complétement substituée à la filature à la main, mais qu'elle tient aujourd'hui une des premières places parmi les grandes industries. En 1871, d'après la statistique *officielle*, il existait en France 181 filatures simples, 45 filatures et tissages réunis, soit en tout 226

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

établissements dans lesquels on comptait environ 663,000 broches actives et 53,000 broches inactives, ce qui donne un total de 716,000 broches. Ils utilisaient une force de 21,205 chevaux (19,706 chevaux-vapeur et 1,499 chevaux hydrauliques). Le nombre des ouvriers employés était de 62,085, dont 26, 332 hommes, 24,246 femmes et 11,507 enfants.

Pendant la période décennale 1867-1876, la consommation moyenne en France a été de 183,801,621 kilogrammes de lin, représentant une valeur de 202,912, 993 fr. Les principales filatures sont situées dans les départements du Nord et de la Somme et dans la Normandie pour le lin, ou dans l'Anjou pour le chanvre, et dans la Picardie et les environs de Dunkerque pour le jute.

Nous allons examiner rapidement les quelques machines à lin exposées.

**Repasseuse-étaleuse de M. Masurel jeune.** (fig. 15) — La repasseuse-étaleuse de M. Masurel jeune, directeur de la filature La Gantoise à Gand, est construite par MM. Walker et C^ie^, constructeurs à Lille, et se trouve par suite dans l'exposition française. Cette machine a pour effet de combler une lacune existant entre le peignage et la préparation; elle repasse et étale *mécaniquement*, et fait à l'aide d'une machine un travail qui, jusqu'à ce jour, se faisait entièrement à la main. Il ne s'agit pas ici d'un perfectionnement dans la construction d'une machine connue, mais bien d'un principe nouveau et d'une manière de travailler nouvelle. Aussi, comme généralement, tous les appareils actuellement employés par la filature de lin sont des machines plus ou moins transformées mais toujours basées sur les principes indiqués par Philippe de Girard son inventeur, sommes-nous heureux de constater que cette *nouvelle* machine a été encore inventée par un français.

Cette machine se compose de deux chaînes sans fin BB, formées de presses se fermant ou s'ouvrant seules. A gauche et à droite des chaînes de presses se trouvent quatre nappes horizontales de peignes H, puis sur une portion de ces nappes à l'extrémité deux autres petites nappes supérieures pouvant se lever ou s'abaisser pour obtenir un repassage plus ou moins complet. Les nappes de peignes sont dans une position oblique par rapport aux chaînes de presses, de manière à obtenir par leur rotation un développement en hélice entraînant les poignées de lin dans une position perpendiculaire aux chaînes de presses. Cette position oblique des nappes de peignes a encore pour effet de commencer le repassage par les extrémités du cordon pour arriver progressivement jusque vers le cœur de la poignée, comme le ferait un repasseur.

A la sortie de la repasseuse, le cordon est saisi par deux rateaux EF qui le conduisent sur les cuirs d'une table à étaler ordinaire. Il peut n'y avoir qu'un seul cuir; sans doublage, ou deux cuirs, pour doubler ensuite.

La machine que nous venons de décrire est la machine simple, c'est-à-dire qu'elle ne comporte qu'une repasseuse, placée à angle droit sur le côté d'une étaleuse, et l'alimentant. Mais on emploie encore en filature des machines doubles, composées de deux repasseuses placées de chaque côté d'une étaleuse, mais alors l'étaleuse a quatre cuirs.

Le réglage de cette machine est simple, il n'y a guère à déterminer que la vitesse et celle-ci est en raison inverse de la grosseur des cordons. Une machine simple exige trois ouvriers. Sa production par jour est de 28 à 30,000 yards de ruban pesant, suivant les besoins du travail et la volonté du filateur, de 2 à 3 kilog. par 100 yards : cette production peut donc varier entre 600 et 900 kilog. par jour. — Une machine double exige cinq ouvriers, et sa production varie entre 1,500 et 2,000 kilog. de lin repassé et étalé par jour.

**Machine à peigner de MM. Fairbairn, Kennedy et Naylor.** — Le but

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



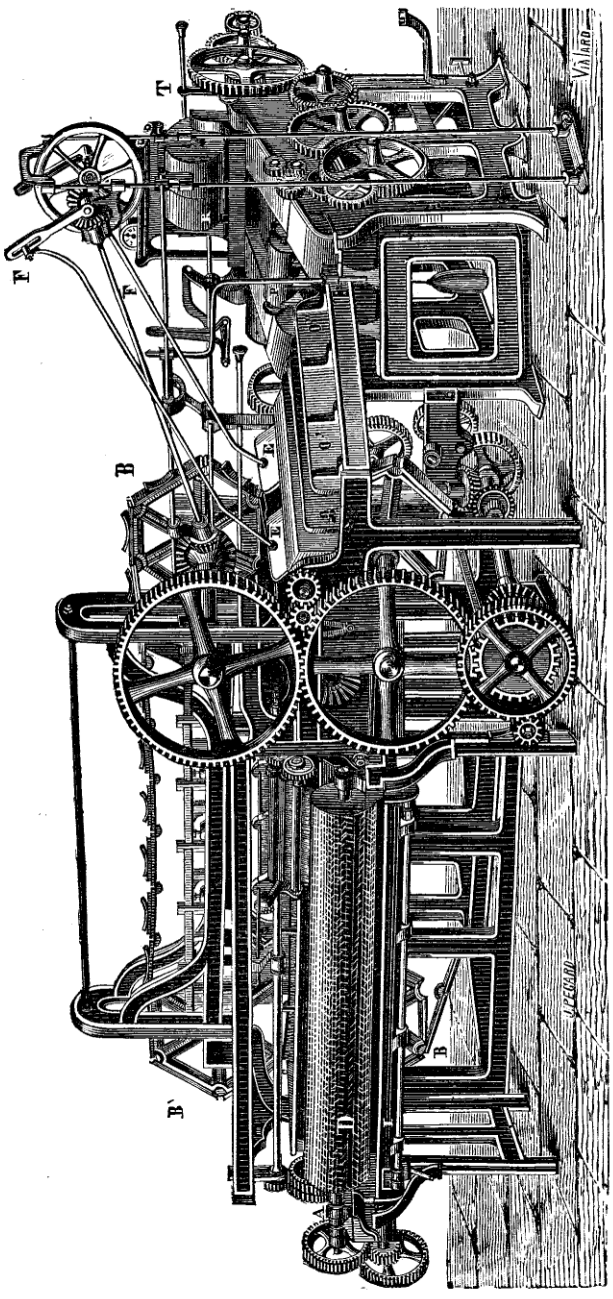



Fig. 15. — Machine à repasser et étaler le lin de M. Masurel jeune, exposée par M. Walker.

de cette machine est de faire mécaniquement le travail des ouvriers *dresseurs* qui, entre le peignage du pied et de la tête du lin, ont pour mission de desserrer l'écrou des presses, de retourner la filasse en sens contraire et de resserrer à nouveau cet écrou pour lancer la presse toute chargée dans le balancier. Pour arriver à ce but, les constructeurs ont installé deux peigneuses simples bout-à-bout. Au sortir de la première peigneuse, la presse suit une coulisse, ou pour mieux dire un *chemin de fer* suivant la désignation habituelle, pour s'arrêter net à $^1/_2$ yard du chariot dans ce qu'on appelle le *turn over box* où elle est complétement renversée, la partie peignée en haut, la partie non peignée en bas; à ce point, la presse qui tient enserrée la filasse se desserre, glisse sur toute la longueur des fibres pour enfermer la partie peignée, tandis que celle qui ne l'est pas pend au dehors. Une fois la presse resserrée à nouveau au moyen de la même clef, qui l'avait desserrée tout à l'heure et qui tourne l'écrou en sens contraire, elle passe dans le chariot de la seconde machine, où le peignage est complété. En ce moment, une seconde presse arrivant de la première machine, vient immédiatement prendre sa place.

C'est là certainement un mécanisme des plus ingénieux, mais est-il certain qu'il réussisse et soit adopté par la filature. C'est là une autre question. Le lin ne pourrait-il pas s'emmêler? et par conséquent une bonne partie des fibres ne risqueraient-elles par d'être brisées. Nous nous rappelons avoir vu marcher en 1873, à l'Exposition de Vienne, une nouvelle machine du même genre inventée par d'autres constructeurs aussi renommés que M. Fairbairn, MM. Combe et Barbour, de Belfast, dans laquelle l'écrou était desserré et vissé mécaniquement aussitôt que le gamin y avait placé la filasse; celui-ci n'avait donc qu'à lancer la presse dans le chariot: une pédale, placée sous la table du presseur, permettait d'arriver rapidement à l'accélération du travail. Or, depuis l'Exposition de Vienne, nous n'avons jamais entendu parler de cette machine.

Cette même peigneuse contient, dans le corps même de la machine, divers perfectionnements plus ou moins importants. C'est ainsi par exemple qu'on a réussi à faire marcher plus lentement les gros peignes que les peignes fins, en séparant le tablier en deux et en commandant spécialement l'une et l'autre partie, afin que le lin soit pour ainsi dire préparé à un peignage très-fin par une sorte de démêlage. De même les chariots sont mus par des excentriques agencés de façon qu'ils descendent lentement et s'élèvent rapidement. Quant aux systèmes qui permettent de ne lancer les presses dans le chariot qu'à un moment donné, ou d'enlever les étoupes directement des peignes pour être chargés sur le doffer, ils sont plus ou moins empruntés à d'autres machines du même genre, notamment à celles qui sont construites en France par MM. Rousselle et Dosche.

Dans l'Exposition des mêmes constructeurs, nous remarquons une peigneuse pour étoupes du système Heimann, donnant au dire des constructeurs, 80 kilogs par jour; un banc à broches, avec ailettes et sellettes de construction spéciale; une étaleuse à six cuirs, dont quatre cuirs sont plus courts que les autres et permettant de placer plus facilement la troisième ouvrière qui étale; enfin, un métier à filer au mouillé, muni d'une planche sise au-devant des broches dont le but est d'empêcher les ouvrières d'être mouillées par la rosée que lancent continuellement les ailettes, mais qui doit singulièrement gêner les varouleuses au moment des levées.

**Machines exposées par MM. Lawson et Cie, Combe et Barbour, et Stephen Cotton et Cie.** — Il faudrait tout un volume pour étudier un à un les divers perfectionnements de détail apportés aux machines exposées dans la section linière anglaise. Aussi ne ferons-nous que les mentionner rapidement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nous signalerons particulièrement dans l'exposition de MM. Lawson et Cie, de Leeds, un banc à broches avec suppression du mouvement de lanterne remplacé par un mouvement de bascule; une étaleuse à quatre cuirs complétement enveloppée de tous les appareils préservateurs pour engrenages, et à laquelle M. Lawson a su donner l'aspect d'une véritable machine-outil; un métier à filer à ailettes renversées, pour la plus grande facilité des levées.

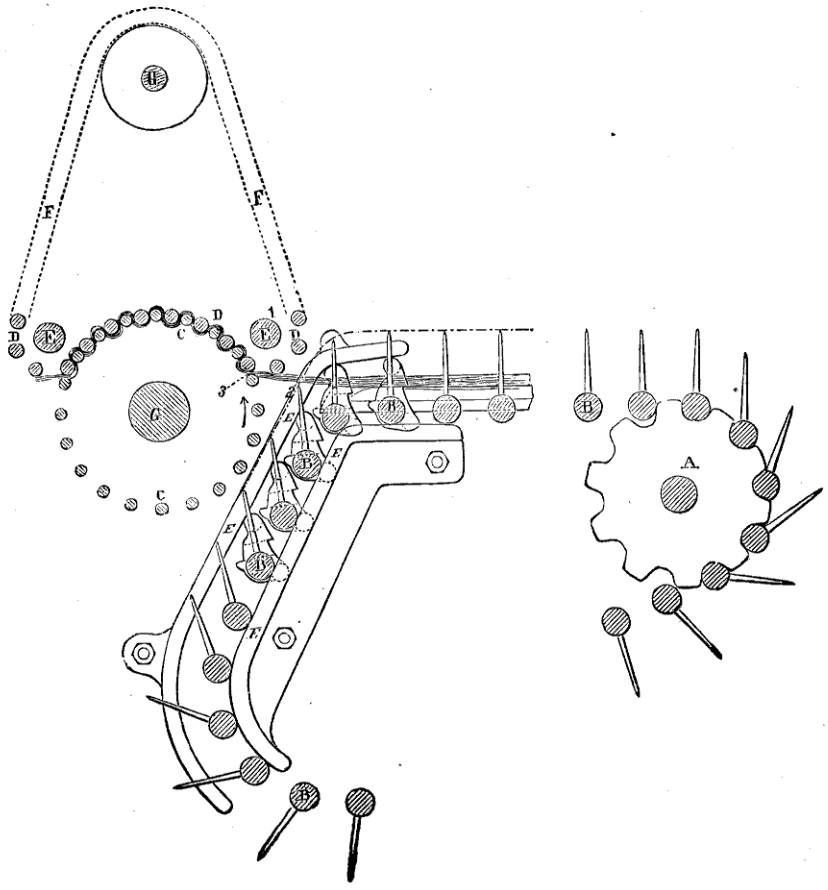


Fig. 16. — Étirage à tête radiale pour chanvre de Manille, de MM. Lawson et Co.

Mais ce qu'il y a de plus particulier et de réellement nouveau dans l'exposition de MM. Lawson, c'est son étirage pour chanvre de manille représenté fig. 16, dit à *tête radiale*. Cette tête radiale se compose de barres rondes C, qui s'intercalent entre les vides laissés par d'autres barres rondes D, et entre lesquelles est engagé le chanvre. On comprend combien ces barres dont les unes s'insinuent comme un relief dans les creux ménagés par deux autres doivent retenir énergiquement la fibre si longue de manille. Celle-ci passe de là dans une chaîne-Gills composé de maillons barrettes B conduits sur un plan incliné E de façon que les pointes, qui sont très-élevées, conservent leur position

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

verticale. Un cylindre cannelé A fait mouvoir constamment cette chaîne-gills. Grâce au système de tête radiale usité dans cette machine, on évite les rouleaux en bois ou autres qui sont coûteux, ainsi que le système compliqué de leviers et de poids qu'ils comportent. On évite également la fatigue constante de ces cylindres presseurs, le mauvais travail qu'ils font dès qu'ils sont dérangés, la peine ou la perte de temps qu'ils occasionnent pour être changés ou retournés, comme il ne se produit jamais d'enroulement dans les barres de la tête radiale, laquelle avec une attraction ordinaire peut fonctionner d'une année à l'autre sans s'arrêter. On épargne encore ainsi l'enroulement constant qui ne pourrait manquer de se produire autour de ces rouleaux avec des chanvres chargés de gomme comme le sont ceux de Manille.

Avant de passer dans cet étirage, le chanvre de Manille a aussi son étaleuse spéciale; seulement, cette machine est construite avec deux chaînes de peignes : la première de la vitesse ordinaire des barrettes dans le système à vis, l'autre d'une vitesse plus grande. De cette façon, le chanvre est quelque peu peigné et n'a pas besoin de subir de peignage avant d'être étalé. Nous n'entrons pas dans les détails.

Dans l'exposition de MM. Combe et Barbour, de Belfast, nous mentionnerons particulièrement un tour spécial pour canneler les rouleaux de gutta-percha employés pour le mouillé; des machines à étaler et à filer le chanvre de manille, une presse à paqueter, se fermant d'elle-même une fois que le paquet est suffisamment pressé.

Enfin, MM. Stephen Cotton et Cie de Belfast, ont exposé deux peigneuses classiques de leur système, l'une pour lin gros avec 27 barrettes à 3 rangs d'aiguilles, l'autre pour lin fin avec 30 barrettes. Ici, rien de nouveau. Nous référons le lecteur pour la description de cette machine à notre ouvrage *étude sur le travail des lins* publié à la librairie Eugène Lacroix.

## IV. — MACHINES ACCESSOIRES DE LA FILATURE, RETORDERIE, ETC.

Nous comprenons sous ce nom tout ce qui n'est pas *filage* proprement dit et qui n'apparaît que d'une manière accessoire dans les usines, tels sont les nettoyeurs de fils, les compteurs, les dynamonètres, les romaines, etc., dont l'importance est quelquefois très-grande et qui, pour certains textiles, sont regardés comme indispensables.

**Machine de M. Imbs pour le nettoyage des filés retors** (pl. II, fig. 5). — On a bien essayé souvent d'unir les filés retors, le gazage, l'usure forcée, les tondages ont souvent été employés dans ce but avec plus ou moins de succès. La machine de M. Imbs réussit-elle mieux que les autres ; c'est ce qu'il est difficile de dire exactement. Nous pouvons affirmer toutefois que, si nous en jugeons par les résultats que nous avons vus à l'Exposition, elle donne des résultats satisfaisants.

Notre dessin (pl. II) représente cette machine en coupe verticale.

Les fils partent du ratelier A qui reçoit les bobines, avec une certaine tension, et passent dans le guide B, formé comme la moitié d'un peigne de métier à tisser, pour obliger les fils à venir se juxtaposer comme une chaîne de tissage. Ils vont ainsi sur un rouleau D, et reçoivent l'action de la brosse C qui soulève le duvet et les corps saillants. Ainsi préparés, ils se présentent sous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une lame métallique F sur laquelle fonctionnent des lames hélicoïdales. La tontisse tombe dans une auge CC' destinée à la recevoir.

Bien que les fils soient à peu près nettoyés de cette façon, ils vont encore subir la même opération au rouleau D', qui est entouré des mêmes organes que le rouleau D, puis ils vont de là dans les fentes du guide B' qui les écarte encore les uns des autres à une faible distance. Les fils s'enroulent un certain nombre à la fois, et à quelques millimètres d'écartement, sur une grosse bobine F entraînée par le rouleau H.

Comme on le voit, c'est le principe du tondage à simple effet appliqué aux fils retors et recommençant deux fois.

**Appareil de M. Mousserau pour mesurer la longueur des fils** (pl. II, fig. 6). — Cet appareil n'est autre chose qu'un compteur linéaire qui se compose d'une poulie à gorge *c* calée sur un arbre A, tournant dans un support convenable, et communiquant son mouvement à une vis sans fin *f* fixée sur cet arbre. Cette vis sans fin fait tourner deux disques dentés *g* et *h* montés tous sur pivot, et qu'un ressort à boudin maintient élevés. Le disque supérieur, muni de divisions, possède un nombre de dents qui marque les unités et qui désigne le nombre de tours faits par la roue à gorge. Le disque inférieur porte une dent de moins que le disque supérieur, ce qui constitue un genre de mouvement différentiel bien connu, constitué de façon que la différence entre la vitesse des deux disques fournisse une longueur décimale multiple du nombre de dents du premier disque. La dent en moins, du deuxième disque sert à actionner une aiguille qui marque les dizaines, en supposant que le disque supérieur mesure 10 mètres.

Le fil à métrer est passé sur la poulie à gorge *c*, striée pour éviter le glissement du fil et par conséquent les erreurs.

La mise au départ en *o* s'obtient par l'abaissement des deux disques. Ceux-ci compriment, dans cette descente, le ressort à boudin qui entoure le pivot. Un petit arrêt à ressort, qui fonctionne dans le pivot, empêche les disques de remonter mais leur permet de tourner sur eux-mêmes. En descendant, les disques abaissent un petit piston à ressort, et ce dernier ne peut s'élever que lorsque des ouvertures ménagées à leur surface coïncident avec lui en venant se présenter au-dessus.

Les deux disques étant dans la position désirée, c'est-à-dire au point de repère *o*, il suffit, pour y amener aussi la roue à gorge et sa vis et obtenir l'égrènement automatique des dents, des disques et de la vis, de communiquer à la roue un mouvement de rotation qui amène une encoche placée sur un de ses côtés devant un arrêt monté à ressort sur un levier en équerre. Ce levier en équerre, qui forme l'arrêt de la roue oscille en un point fixe, sous l'action des deux disques.

Quand les deux disques, la roue à gorge et la vis sont en *o*, il suffit, pour les libérer, d'appuyer sur l'arrêt du pivot. Les disques, repoussés par le ressort entourant le pivot s'élèvent, et viennent engrener à nouveau avec la vis sans fin, le tout au point de départ. On peut alors faire marcher le compteur comme précédemment.

Cet appareil peut encore servir à mesurer des rubans, des étoffes, des papiers dits sans fin, à condition de remplacer la roue *c* par un tambour. — Il va sans dire aussi que l'unité de mesure du compteur peut varier, et ce, par des intermédiaires multiples ou sous-multiples en connexion avec la roue.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## V. — MATÉRIEL DE TISSAGE ET D'APPRÊT.

Les machines qui servent à transformer les fils en tissus, se divisent : 1° en *machines préparatoires*, bobinoirs et ourdissoirs pour les chaînes, machines à encoller les fils, machines à parer les chaînes, machines à canneter les trames, machines à lire et à piquer les cartons; 2° en *métiers à tisser* proprement dits, métiers à bras ou métiers mécaniques, métiers de toutes sortes à tisser avec mécanique Jacquard, métiers de bonneterie, métiers à tulle, métiers de passementerie, métiers à espouliner; 3° en *machines destinées à apprêter les tissus*, machines à fouler la draperie, machines à presser, machines à étendre en long ou en large les tissus, à gratter, à tondre, à griller, à battre les étoffes.

L'industrie du tissage est très-ancienne en France comme dans tous les pays; sauf les métiers à espouliner, qui ont été importés d'Asie, et le métier à navette connu de toute antiquité, presque tous les autres métiers et les appareils qui s'y adaptent sont d'*invention française*.

La fabrication des métiers à tisser à la main et de leurs accessoires se fait dans beaucoup de parties de la France, mais surtout à Paris, Louviers, Sedan, Roubaix, Lyon, Troyes, et dans les départements de l'Aube, de la Somme et de l'Oise; la plupart des métiers mécaniques, sauf les métiers à draps, sont importés d'Alsace et d'Angleterre.

La matière dominante dans les premiers est le bois; dans les seconds, c'est la fonte. La fabrication des métiers à bras et de leurs accessoires est faite en France dans un grand nombre de petits ateliers qui ont généralement leurs débouchés sur place.

Depuis plusieurs années, la mode, en adoptant pour le costume des femmes l'étoffe unie, a contribué au développement du tissage mécanique; néanmoins le nombre des métiers à bras en activité est encore très-considérable.

La statistique de tous ces métiers peut être établie pour la France de la manière suivante :

| MATIÈRES. | MÉTIERS mécaniques. | MÉTIERS à la main. |
|---|---|---|
| Coton. . . . . | 68,000 | » |
| Lin, chanvre et jute. . . . . | 23,037 | 54,460 |
| Laine. . . . . | 27,557 | » |

outre cela, on compte encore 1,500 à 1,800 métiers pour les châles brochés et lamés, 1,600 pour les châles unis et brodés, 500 pour les châles tartans, et un grand nombre de métiers spéciaux pour la dentelle, la passementerie, les articles de bonneterie et de linge, etc. On estime pour toutes les industries textiles qu'il existe en France :

| | |
|---|---|
| Métiers à bras. . . . . | 328,334 |
| Métiers mécaniques. . . . . | 121,338 |
| Soit en tout . . . . . | 449,672 |

Le tissage à bras est en général fait à la campagne, au domicile de l'ouvrier, et s'y combine très-heureusement avec les travaux des champs. Les articles façonnés, qui exigent la direction de dessinateurs et de monteurs habiles, se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

font en ateliers et à domicile. La grande division du tissage à bras et la simplicité du genre de machines que nécessite ce travail, expliquent comment la construction des métiers ne constitue pas une industrie exportée dans de grandes usines.

Nous n'avons pas à nous occuper ici des métiers de bonneterie, à tulle, à passementerie, à espouliner, etc., qui doivent être étudiés dans un travail spécial. Nous rappellerons simplement que, dans ce tissage très-délicat, le tissu n'est plus le résultat du croisement à angles droits de plusieurs séries de fils, mais le résultat de l'entrelacement d'une seule série de fils se repliant sur eux-mêmes et se bouclant de proche en proche. Il en est de même dans les métiers à passementerie (métiers à la barre, métiers à tresser, métiers à fabriquer les ganses, les cordons, la chenille, etc.), qui se composent d'une série de machines absolument différentes les unes des autres. Quant aux métiers à espouliner, à hautes ou à basses lisses, ils laissent à l'ouvrier tout le travail d'exécution et ne présentent guère de complication.

Les apprêts des tissus constituent à eux seuls toute une industrie; dans bien des cas, et dans la draperie notamment, le tissu est transformé par ce travail qui par des moyens très-divers permet d'obtenir des effets très-variés. Tantôt il s'agit de rendre absolument lisse le tissu, et dans ce cas, les grillages, les tondages, les pressages sont employés; tantôt il faut au contraire lui donner un aspect velouté, alors on a recours au battage; ou bien il faut faire ressortir les fils de chaîne ou de trame, et alors le tissu est séché sous tension; tantôt enfin on se contente de donner une apparence particulière au tissu au moyen de pressage ou de gaufrage, etc. Tous ces apprêts, qui sont des opérations délicates, sont généralement exécutés à façon dans des usines bien outillées, et placées, ou dans les grands centres de production, comme à Lille, Roubaix, etc., ou dans les centres de consommation comme à Cambrai.

En ce qui concerne le progrès accompli, nous dirons que, sauf les métiers mécaniques qui ne représentent que le quart des métiers à tisser existant en France, et sauf les machines de la bonneterie, du tulle (qui n'ont pu être représentés à l'Exposition à cause de leurs dimensions, du temps nécessaire pour leur montage et leur réglage et des frais qu'aurait occasionnés ce travail) et les machines d'apprêt, tout le reste de l'outillage du tissage consiste en métiers dont on doit louer les dispositions ingénieuses et la bonne exécution, mais qui n'ont pu, en raison de l'avancement industriel antérieur à l'Exposition de 1867, donner lieu depuis à des modifications fondamentales.

## 1° — Machines préparatoires.

**Machines à encoller de MM. Tulpin frères** (pl. II, fig. 4). — Cette machine qui occupe en longueur, avec six ensouples à l'avant, 11m,30, et en largeur, pour des tissus de 1m,40, 2m,60, se compose, comme tous les appareils de ce genre, de trois parties : 1° la boîte à colle A avec les rouleaux ourdissoirs B; 2° l'appareil sécheur C; 3° le mécanisme encolleur D.

Les fils passent des rouleaux ourdisseurs dans la boîte à colle, pour de là être exprimée par des rouleaux presseurs, et enfin se sécher pour s'enrouler en D.

La *boîte à colle* contient d'abord à son intérieur deux arbres animés d'un mouvement rotatif en sens inverse, armés d'ailettes qui obliquent les unes à droite, les autres à gauche. Ces ailettes, assez rapprochées pour passer l'une dans l'autre, sont destinées à mélanger la colle plus uniformément en l'agitant



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sans cesse. — Au-dessus de la boîte à colle sont les rouleaux presseurs F F′ en cuivre rouge, et au fond de la bâche et sur le même plan que les arbres à ailettes, deux tuyaux de vapeur.

L'*appareil sécheur* est enveloppé de panneaux hermétiquement clos, et assez vastes pour que la chaîne puisse y avoir un parcours de 25 mètres. Celle-ci entre par le haut d'un côté et en sort par le bas de l'autre. Elle est tendue sur tout son parcours par des cylindres unis à froid. Il y a sept passages; chacun d'eux est séparé du suivant par deux plaques de tôle, rivées sur un cadre de fer et espacées de 25 millimètres, entre lesquelles il y a un passage de vapeur. Ce sont en somme ces plaques qui constituent le principe de l'appareil sécheur. Un ventilateur H est placé à l'entrée, et aspire 5000 mètres cubes d'air par heure.

Enfin, le *mécanisme enrouleur* se composé de trois rouleaux, dont l'un en caoutchouc. Nous y avons remarqué un système de friction à double frein pour la commande du manchon de l'ensouple; un système d'appel qui permet de livrer les fils aux ensouples régulièrement et sans étirages, enfin un mouvement de ralentissement qui permet, sans arrêter, de remplacer les ensouples et de réparer les accidents. La vitesse de ces rouleaux varie de 1 à 2 $^1/_2$ suivant le numéro d'encollage et le numéro de fil, grâce à l'emploi de tambours coniques.

L'encolleuse de MM. Tulpin constitue un véritable progrès sur les anciennes machines à cylindres dans lesquelles le fil, appliqué sur des cylindres chauffés à la vapeur à une température de 110 à 120 degrés, se séchait trop rapidement à la surface, s'aplatissait et se couvrait de bavures de colle. Ajoutons qu'on y augmente aussi considérablement la surface de chauffe. Bien que sa construction soit de date récente, elle fonctionne déjà dans quelques tissages de Rouen. D'après les chiffres qui nous ont été communiqués par des industriels, la production de cette machine serait :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pour chaînes | n° 12 à 2,500 fils. . . . . | 7,000 m. | par jour. |
| — | n° 30 à 3,500 à 4,000. . . . . | 9,000 | — |
| — | n° 28 à 3,500 à 4,000. . . . . | 12,000 | — |

**Canetières de MM. Hacking et C°.** — Dans l'exposition anglaise, MM. Hacking, de Bury, près Manchester, exposent une canetière d'un système entièrement nouveau. La canette s'y forme au moyen de son contact roulant avec un plateau ou disque conique, animé d'un mouvement de rotation variable. Elle est disposée pour dévider des écheveaux ou des bobines, soit sur canettes en bois, soit sur tubes en papier. Un côté de la machine exposée est arrangée spécialement pour dévider des trames de lin, et l'autre côté pour trames de coton ou de laine. Cette machine a l'avantage d'occasionner peu ou point de friction au fil pendant le dévidage, point très-important pour les fils faibles ou de nuances délicates.

## 2°. — Machines à tisser les étoffes.

**Métier Jacquard de M. Grange, avec substitution du papier au carton** (pl. III, fig. 1). — Le papier continu en remplacement du carton pour les métiers Jacquard n'avait été employé que sur des *cylindres* réellement cylindriques à 6 ou 8 pans, mais point sur des *cylindres* carrés. Dans le métier à tisser exposé par MM. Grange et C , de Paris, on est arrivé à employer du papier continu sur les cylindres carrés au moyen de la disposition suivante (pl. III, fig. 1):

On a fixé au battant *b* deux petits cylindres *a* et *a′* mobiles sur leur axe; puis, un ou plusieurs ressorts *d* sur le cylindre *c′*, et on a ajouté aux angles de ce cylindre quatre repères supplémentaires $c^2$. D'après ladisposition du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindre $a$, quand le cylindre $c$ fait un quart de tour, le papier $e$ n'est plus attaqué brusquement et ne vient pas porter avec brutalité sur l'angle. Les repères du cylindre viennent s'engager simultanément dans les trous qui y correspondent sur le papier, les repères $c^2$ étant destinés à l'entraînement de ce dernier. Puisqu'il y a huit points d'attaque au lieu de quatre sur la circonférence, les angles seront nécessairement divisés. Lorsqu'on fait faire au cylindre $c$ un quart de tour et par conséquent qu'un des repères $c^2$ est à son plus grand développement, les ressorts $d$ sont à leur maximum.

A mesure qu'il est déroulé, le papier vient s'enrouler sur une lanterne $f$, à laquelle on donne un mouvement d'entraînement au moyen d'une corde $f'$, actionnée par un crochet $g$, qui communique au rochet $h$. Comme il se trouve aussi une même roue à rochet $i$ sur la lanterne $f$, à chaque mouvement du métier la roue à rochet est actionnée, elle entraîne la lanterne $f$, d'une même quantité et aide au développement du papier.

Cependant, à mesure que cet enroulement se produit sur la lanterne $f$, il donne une augmentation de diamètre, et comme il arriverait toujours un moment où le papier serait tellement tendu que cela nuirait au bon fonctionnement du métier, on a disposé un levier $j'$ sur le papier $e$; lorsque ce dernier se trouve tendu par le tirage, ce levier est actionné, oscille sur son centre, et le petit bras $j^2$ est mis en communication avec la branche $g'$ du crochet $g$. Le bras $j^2$ est donc en communication avec le crochet $h$ et, par l'intermédiaire du crochet $g$, l'entraînement de la lanterne $f$ est suspendu.

Ce métier contient encore un autre perfectionnement applicable à tous les métiers, système Jacquard à papier ou à carton, il se rapporte au *dégriffage*, opération toujours difficile, car le ressort employé donne une pression au battant pendant toute la durée de son fonctionnement, ce qui est vicieux. Dans le métier exposé, les galets $k$ et $l$ sont disposés de telle façon que, pendant son fonctionnement, $k$ est éloigné de $l$ de la quantité A B; la pression d'un galet sur l'autre s'exerce en montant, et en descendant elle est annulée, le galet $k$ glissant sur le plan incliné $l'$ et le galet $l$ s'abaissant naturellement par son propre poids, puisque la partie supérieure est supprimée. On voit dès lors que les changements reposent sur l'adjonction d'un deuxième galet $l$, employé dans les ressorts existant jusqu'à ce jour, avec quelques modifications. Dans cette nouvelle modification, la pression n'existe qu'au moment précis où elle est nécessaire, c'est-à-dire quand tous les crochets sont reposés sur la planchette, sans usure, contrairement à ce qui a été fait jusqu'à présent.

**Mécanique Jacquard de M. Gadel.** — Cet appareil est dû à M. Gadel, mécanicien à Bohain. C'est une application de pression aux mécaniques Jacquard, qui atténue l'usure des aiguilles et des crochets et réduit l'épaisseur du carton. Le système de l'inventeur consiste en une lame qui conduit un galet enfermé entre des parois courbes:

Le galet communique le mouvement produit aux supports du cylindre qui porte le carton. Un appareil semblable est adapté sur chacune des faces extérieures des deux jumelles. Par ce système, quand le crochet vient de faire son ascension et redescend sur la planche à collets, il n'a à subir aucune pression de la part des aiguilles, car arrivé au point le plus bas de sa course, le carton se trouve encore à une certaine distance du bout des aiguilles et n'a pas pu, par conséquent, leur communiquer aucune pression. A la seconde période de la marche, au moment où les crochets remontent, le galet passe à l'extrémité de la lame présentant un angle aigu, le cylindre se rapproche, et à ce moment pour ainsi dire instantané, les aiguilles qui n'ont pas rencontré de trou dans le carton décrochent les crochets qui ne doivent pas travailler, sans pression ni effort

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour ainsi dire de la part du carton; le dégriffage se fait tout naturellement puisque, à ce moment, les lames ne retiennent plus les crochets, et ce travail instantané ne produit son effet que quand il est nécessaire.

**Métier Gillet.** — Au premier abord ce métier ressemble à tous les métiers mécaniques à fouets horizontaux. Les modifications apportées par le constructeur, M. Joseph Gillet, à Castres (Tarn), consistent principalement dans le mode de commande et le mode d'enroulement du tissu.

La commande du métier qui se fait ordinairement par l'arbre à bielles (vilebrequin), se fait ici par l'arbre inférieur. Pour cela, dans la traverse inférieure du devant, qui présente à cet effet une partie coudée, s'engage un arbre à doubles bielles : ces bielles sont munies de deux étriers sur lesquels viennent appuyer les pieds de l'ouvrier. L'extrémité de cet arbre porte une poulie qui est reliée par une courroie à une autre poulie fixée sur l'arbre inférieur, lequel porte les excentriques du chasse-navette. C'est à l'extrémité de ce dernier arbre que se trouve la roue qui commande l'arbre à bielles. — Celui-ci est muni à chaque extrémité de volants assez lourds pour obtenir une certaine force de rotation, et diminuer l'effort de l'ouvrier pour l'entretien du mouvement.

L'enroulement du tissu au fur et à mesure de la confection s'opère au moyen d'un régulateur des plus simples, muni d'un contre-régulateur qui permet d'éviter les feintes quand on tisse des articles légers. Voici comment ce régulateur est construit : sur l'arbre ensouple est une roue dentée, qui engrène avec un pignon faisant corps avec une roue à rochets. Autour de l'axe de cette roue à rochets, oscille un levier qui porte un cliquet et une coulisse reliée au bras de chasse. Le rochet est maintenu par un contre-cliquet et on règle la tension de l'ensouple, qui porte la chaîne au moyen d'un contre-point attaché au levier.

Il résulte d'expériences qui ont été faites sur ce métier par M. Alfred Armbruster à l'École industrielle de Flers, que l'on est arrivé à une production moyenne de 9 mètres en 4 heures, en tissant de l'oxford avec $^{16}/_{17}$ duites au centimètre en trame n° 12 et en 1 mètre de large.

Pendant la manœuvre le tisserand est assis assez commodément sur le devant du métier et peut facilement s'appuyer sur la barre, au lieu de s'appuyer contre la poitrinière, comme dans le métier ordinaire. Il peut de cette façon éplucher son tissu et avoir toujours avec lui une navette de rechange garnie, ce qui diminue les arrêts du métier.

En somme la production de ce métier paraît être de près d'un tiers en plus que celle des métiers ordinaires ; avec le régulateur tel qu'il est composé, on obtient aussi un tissu plus régulier. Cependant grâce à sa disposition, on ne peut y tisser des chaînes qui n'auraient pas été suffisamment encollées au préalable,

**Métiers à tisser exposés par MM. Hacking et C°.** — MM. Hacking et C^ie^, de Bury, près Manchester, exposent six métiers à tisser, tous différents les uns des autres, et dont quelques-uns présentent de notables perfectionnements. Comme nous ne pouvons décrire ces diverses machines, en raison du grand nombre de mécanismes de détail qu'elles renferment, nous ne ferons qu'en signaler deux principales, le métier pour toile de lin et le métier à six navettes.

Le *métier pour toile de lin*, propre aussi pour lourds tissus de coton, à 46 pouces, soit 1^m^,17 de rot. Dans ce métier, le mouvement de chasse fonctionne sur le côté. Le talon du levier sur le côté travaille sur un coussinet en fonte qu'on peut faire monter ou baisser dans la rainure pratiquée dans le côté du métier, au moyen d'une vis : de cette façon, la puissance de la chasse est très-facilement réglée. Les diverses marches sous le métier y sont aussi très-rapprochées dans leur agencement, de sorte que le changement d'un genre de croisure à un autre s'effectue avec beaucoup de facilité et très-rapidement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le *métier à six navettes*, avec cinq marches sur le côté, à 40 pouces, soit $1^m$,015 de rot. Là, les boîtes mobiles sont équilibrées par un contre-poids, et la force nécessaire à les actionner est ainsi réduite à un minimum. L'arbre coudé, ou bric à brac, est en fer étiré, mais le support de chaque extrémité est garni d'une chemise en fonte, qui travaillant dans un support également en fonte, fonctionne à frottement doux et évite toute usure. Le métier posé possède un mouvement régulateur négatif à vis sans fin, mais un mouvement positif peut y être substitué au besoin. On peut y appliquer des tambours à sections jusqu'à 16 marches, ou une armure mécanique jusqu'à 30 marches.

Ces métiers nous ont paru parfaitement agencés.

### 3°. — Machines destinées à l'apprêt des tissus.

**Machines à cylindrer, apprêter, élargir et sécher de MM. Tulpin frères.** — MM. Tulpin frères, de Rouen, ont exposé, dans l'annexe de la classe 56, une machine à cylindrer. — Cette machine est une nouveauté en ce sens qu'elle peut indistinctement ou cylindrer ou calandrer. Dans les appareils ordinaires, le cylindrage, c'est-à-dire le lustrage d'un seul côté du tissu, se produit au moyen d'un canon à froid et d'un cylindre métallique chauffé, le calandrage se produit soit au moyen de la calandreuse à crémaillère où le tissu est écrasé sous une masse de pierre, soit au moyen de trois cylindres en fonte (calandre Deblon) qui appuient fortement sur le tissu placé entre eux.

La machine de MM. Tulpin se compose de deux cylindres métalliques chauffés. Dès lors, lorsqu'on ne se sert que d'un rouleau seulement, l'appareil est à simple effet; lorsqu'on se sert des deux il est à double effet. Par suite de sa robuste construction, on peut donner à ces rouleaux une pression considérable sans crainte d'accident et allonger le tissu comme dans les calandres classiques. Elle est en outre construite de façon à pouvoir être actionnée par un moteur à vapeur à deux cylindres d'angle, permettant de travailler isolément à toutes vitesses et à toutes pressions, sans nuire à la marche régulière d'une usine.

— Nous signalerons encore, dans l'exposition de MM. Tulpin, une machine qui permet simultanément l'apprêt, l'élargissement et le séchage des tissus. Ce que cet appareil possède surtout de remarquable, c'est son système de pinces qui saisissent les lisières et dont le serrage augmente en raison de la tension exercée sur lui, en même temps que la manière dont elle est disposée.

**Machine à velouter de MM. Delamare et Chandelier.** — Le principe de cette machine est celui-ci : étant donné un tissu tendu, animé d'un mouvement de translation entre deux rouleaux, si on fait tourner dans un sens perpendiculaire à celui du mouvement de translation, sur la partie tendue du tissu, un rouleau garni de pointes de cardes, ce rouleau tirera à poil le tissu suivant la génératrice de contact.

Dans la machine de MM. Delamare et Chandelier (fig. 17), le tissu T est attiré par un rouleau cardeur *h* dans un sens et retenu tendu par le rouleau cardeur *b* qui tourne en sens contraire, passe par une série de petits cylindres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*. Alors dans les parties tendues du tissu comprises entre *g* et *f*, *d* et *c*, les appareils C, C, viennent s'appliquer. Comme on le voit, il y a aussi deux tirages à poils successifs, dans deux sens différents, et le travail fait est double. Il va sans dire que, suivant la nature du veloutage que l'on veut obtenir, les vitesses des différents éléments de la machine sont des plus variables. La vitesse de sortie du tissu varie en moyenne entre 8 et 9 mètres par minute.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

**Machine à fouler les draps de M. Desplas fils.** (pl. III, fig. 3). — Toutes les machines à fouler à cylindres, de quelque construction qu'elles soient, sont de deux espèces. Dans les unes, la pression est obtenue à l'aide de ressorts, dans les autres à l'aide de contre-poids. La pression par le contre-poids présentant au travail plus de dureté que la pression par le ressort, on est généralement obligé jusqu'ici, dans tous les ateliers de foulage, d'employer les deux systèmes à la fois, pour répondre au travail varié que l'on peut avoir à faire.

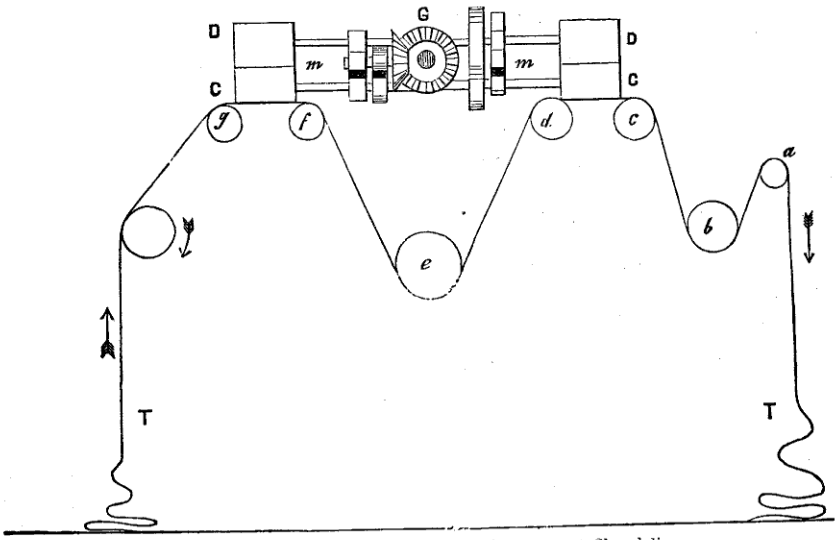



Fig. 17. — Machine à velouter, de MM. Delamare et Chandelier.

M. H. Desplas, constructeur à Elbeuf, a exposé une machine à fouler dans laquelle un mécanisme spécial permet de transformer n'importe quelle machine à fouler, en machine à ressorts ou à contre-poids, à volonté.

La légende suivante permettra de saisir facilement le mécanisme de cette fouleuse :

A, contre-poids fixé à l'extrémité d'un levier à l'aide d'une vis à béquille; B, levier calé sur un arbre horizontal; C, arbre horizontal porté par deux paliers fixés au bâti; D, palier supportant l'arbre C; E, manivelle courbe; F, axe en fer muni d'oreilles à l'extrémité. Ces axes peuvent être facilement enlevés; G, bielle en fonte articulée en F et en H; I, support en fonte portant la bielle H. Ce support est fixé par deux boulons au-dessus des ressorts au palier L; K, ressort; L, palier mobile pouvant monter ou descendre, guidé par le support M; M, support-guide fixé au bâti de la machine; N, tiges verticales articulées aux extrémités des ressorts; P, oreilles en fonte du bâti; Q, écrous permettant de tendre le ressort en K.

Si l'on a bien suivi cette légende, on comprendra facilement comment on peut transformer la machine, très-rapidement, en machine à ressort ou à contre-poids.

Veut-on une machine à ressorts ? — On retire l'axe F, la bielle G devient libre à sa partie supérieure, on la rabat sur le ressort autour de l'axe H et l'on ramène le contre-poids A vers l'arbre horizontal C. Le contre-poids n'agit donc aucunement. On serre alors les écrous Q', et l'on donne ainsi une pression sur le palier L', à l'aide seulement des ressorts K.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Veut-on au contraire une machine à contre-poids ? — On desserre les écrous Q de deux centimètres environ, de façon à ne produire aucune pression par les reports, puis on relève la bielle G. On l'approche de la manivelle E, et on les réunit par l'axe F. On ramène ensuite le contre-poids A vers l'extrémité du levier. On voit alors que la pression sur le palier L, qui porte le rouleau supérieur, n'est obtenue que par le contre-poids A.

Comme on le voit, on a ainsi sur la même machine les deux systèmes. Cette combinaison nous a semblé des plus ingénieuses.

**Machines à ramer et à sécher les draps de M. Duesberg-Bosson.** — Dans la construction de ce genre de machines, le problème à résoudre consiste à donner mécaniquement à tous les genres de draps, en les séchant complétement, dans le plus petit espace donné, avec le moins de dépense de vapeur, une longueur et une largeur parfaitement déterminées.

La machine exposée par M. Duesberg, de Verviers, remplit certainement un grand nombre de ces conditions. Tout d'abord, elle prend assez peu de place; $4^m,75$ de hauteur, $2^m,75$ de profondeur et 4 mètres de largeur. Comme le système employé est le système vertical, il y a aussi un cube d'air à chauffer beaucoup moindre. Enfin, pour avoir le moins de dépense de vapeur possible, la machine comporte une disposition spéciale, qui permet d'employer la vapeur de décharge des machines à vapeur sans condensation. Cette vapeur s'introduit à l'intérieur dans une grande quantité de tubes diversement aménagés.

La marche verticale même du drap permet le dégagement continuel de la vapeur d'eau : une simple ouverture, à la partie supérieure de la machine, donne un courant d'air que l'on règle à volonté, pour permettre le dégagement complet de la vapeur d'eau, sans trop de perte de chaleur et sans force motrice. On sait que, dans le système horizontal, l'humidité se dégage du parcours inférieur, et qu'il est nécessaire de l'entraîner au moyen d'un ventilateur, ce qui est une source de perte énorme de chaleur, et exige l'emploi d'une force motrice relativement considérable.

Un appareil spécial, placé à l'entrée de la machine, permet de juger exactement de la *longueur* dont la pièce est étirée. Un dynamomètre, placé aussi à l'entrée, sert de guide à l'ouvrier qui est chargé de le régler, et est muni d'un indicateur spécial qui indique l'étirage exact. Quant à la *largeur*, elle est réglée exactement par un mouvement automatique de la machine à un millimètre près.

La température est donc réglée automatiquement par un instrument spécial à condensation, muni d'un cadran. Si l'ouvrier veut sécher une étoffe à un nombre de degrés de chaleur voulus, 60 par exemple, il lui suffit de mettre l'aiguille du cadran sur le nombre 60. — Un appareil de dilatation ferme en outre le robinet d'admission de vapeur, si la chaleur dépasse la température déterminée, et ouvre ce même robinet, si la température est en dessous de celle marquée par l'aiguille du cadran. — Grâce à ces appareils, on peut dès lors sécher à toutes les températures. Il y a des étoffes qui, pour rester parfaitement souples, demandent à sécher à une douce chaleur; il en est d'autres dont les couleurs pourraient être altérées par une température trop élevée. Le patron, s'il n'a pas confiance en l'ouvrier qui manœuvre la machine, peut régler lui-même la température au moyen de l'aiguille du cadran, et fermer ensuite celui-ci à clef : il sera dès lors certain du résultat

**Machine à assouplir et élargir les tissus de laine et de coton de M. Devilder.** — Cette machine, construite par M. Julien Devilder, de Cambrai, présente certains points nouveaux sur lesquels nous croyons nécessaire d'attirer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'attention. Le tissu y passe d'abord sur un rouleau en zinc, tournant dans une bassine pleine d'eau; il s'y mouille très-légèrement et uniformément, et de là sur le rouleau, où il doit subir l'élargissement avant d'y arriver; il rencontre un cylindre tendeur facile à déplacer, et qui, permettant à l'étoffe d'arriver plus tôt ou plus tard pour cet élargissement, en règle ainsi le degré de tension.

Le rouleau d'élargissement est la pièce principale de la machine. Il se compose de seize lames en cuivre qui s'entre-croisent deux à deux, et qui, pendant que le rouleau fait un demi-tour, s'écartent et élargissent le tissu, et se rapprochent ensuite pendant l'autre demi-tour. Ce rouleau lisse et tend convenablement le tissu sans le fatiguer, et celui-ci conserve sa largeur après être enroulé; tous les plis qui peuvent s'y trouver disparaissent complétement. Les lames qui s'entre-croisaient vers le milieu du rouleau sont actionnées directement par la machine, et ce n'est pas, comme dans certains cylindres extenseurs, le tissu lui-même qui est obligé de les faire tourner. — L'axe du rouleau d'élargissement est fixe; à chaque extrémité de cet axe sont deux plateaux, actionnés par la machine, et réunis entre eux par huit tringles en fer de 12 millimètres, chacune d'elle portant deux lames qu'elle conduit circulairement en passant dans deux petites douilles, faisant corps avec les lames. La course de chaque lame est de 25 millimètres, ce qui produit entre deux lames opposées un écartement de 50 millimètres. — Par sa disposition, la machine permet à l'ouvrier qui la surveille d'épingler et d'enlever les boutons qui peuvent apparaître sur le tissu.

## III. — LE PRODUIT MANUFACTURÉ.

Il nous reste maintenant à étudier la partie la plus étendue de l'exposition textile, celle qui concerne les fils et les tissus. Cette partie occupait à elle seule le cinquième de toute l'exposition française, et dans les sections étrangères une place considérable lui était réservée. Il nous semblerait assez aride d'examiner vitrine par vitrine une exhibition de ce genre; non-seulement nous serions forcés de tomber dans des répétitions, parce qu'un grand nombre de produits manufacturés de même genre sont plusieurs fois exposés par chacune des contrées de fabrication, mais il nous faudrait nécessairement arriver à des longueurs inévitables et fatiguer notre lecteur.

Nous croyons donc indispensable, pour donner plus d'intérêt à notre étude, en même temps et pour initier notre lecteur à des faits qui sont généralement peu étudiés, de retracer à grands traits la manière dont on est arrivé à connaître, dans les différents pays et particulièrement en France, l'emploi et la fabrication des fils et tissus en général.

### Historique.

**La soie.** — S'il faut en croire les Chinois, ce seraient eux qui, deux mille ans avant J.-C., auraient les premiers connu la manière d'élever le ver à soie et d'en filer le cocon. En dépit de leurs affirmations, cependant, nous croyons cette date trop éloignée, car il nous semble difficile qu'ils aient pu jouir si longtemps de ce monopole sans que les peuples voisins en aient eu la moindre notion. Les Romains en effet qui, après les Chinois ont eu les premières connaissances de cet art, n'ont guère connu la soie qu'au siècle d'Auguste, et, comme un produit tellement rare, que les empereurs romains eux-mêmes dont le luxe était pro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

verbial ne s'en revêtissaient point; Héliogabale est le premier qui en l'an 220 porta une robe faite toute de soie.

Ce ne fut qu'au VIe siècle, sous le règne de l'empereur Justinien que l'on connut plus amplement la soie. On ignorait, encore jusque-là, l'art d'élever le ver à soie. Des caravanes de négociants perses apportaient de Chine, de temps en temps, quelques ballots de soie filée, et la vendaient au poids de l'or. Ce furent deux moines persans qui, après avoir longtemps voyagé en Chine, s'y étaient instruits dans l'art d'élever le ver à soie et d'en retirer le fil qu'il produisait, qui, un beau jour, vinrent confier à l'empereur que le fameux textile, qui se vendait si cher, était produit par un ver que vraisemblablement on pourrait élever dans l'empire. L'empereur leur promit de grandes récompenses s'ils voulaient entreprendre à nouveau le voyage, et lui rapporter ce ver; grandement, alléchés par ces promesses, ceux-ci partirent et revinrent bientôt avec des graines de ver à soie renfermées dans un bambou. Arrivés à Constantinople ils les firent éclore dans du fumier, et enseignèrent à ceux qui voulaient les entendre la manière d'élever le ver et d'en retirer le textile. Ils dotèrent ainsi l'empire grec et principalement le Péloponèse, d'une industrie qui devint bientôt très-considérable.

Les Grecs furent longtemps seuls à avoir le monopole de la soie, et il n'y eut que la guerre qui put le leur retirer. Ce furent en effet des habitants de Céphalonie, Athènes, Thèbes et Corinthe, qui, amenés prisonniers à Palerme en 1187, par le comte Roger, premier roi de Sicile, enseignèrent aux habitants de cette ville à élever le ver à soie. L'Italie ne fut pas longtemps à profiter de cette découverte, et bientôt Lucques, Florence, Bologne, Milan, Venise, acquirent une grande réputation pour la fabrication de leurs soieries.

Au XIIIe siècle, les papes, qui possèdaient le comtat d'Avignon, y introduisirent le mûrier et le ver à soie, et c'est à partir de cette époque que les tissus de soie furent connus en France. Il se monta quelques tissages là où on pouvait espérer avoir du fil, mais l'industrie proprement dite prit bien peu d'extension. Louis XI, en 1480, comprit que ce n'était qu'avec des maîtres que l'on pourrait acquérir une certaine vogue dans la fabrication, et il fit venir de Grèce et d'Italie des ouvriers spéciaux, auxquels il donna de grands privilèges: ceux-ci s'établirent particulièrement à Tours. Cette ville fut longtemps le centre de la fabrication des soieries. Sous François Ier, en 1520, les guerres des Guefles et des Gibelins nous envoyèrent d'Italie bon nombre d'ouvriers sans travail qui vinrent s'établir à Lyon. Ce fut là le commencement de la prospérité de cette ville au point de vue industriel et du monopole qu'elle devait plus tard s'acquérir dans l'industrie des soieries. Mais ce ne fut que sous Henri IV qu'on commença véritablement à planter le mûrier, et à élever le ver à soie dans les parties méridionales de la France; on connaissait alors en fait de soieries les *doucettes*, les *marcelines*, les *gros de Tours*, les *brocarts*, et les tissus consistants ne vinrent que plus tard. Sully voyait alors de mauvais œil l'usage des soieries se répandre dans les classes élevées, il préférait, disait-il « de vaillants et laborieux soldats à tous ces petits marjolets de cour et de ville, revêtus d'or et de pourpre » Olivier de Serres cependant n'était pas du même avis et croyait avec raison que la soie pouvait devenir une source de profits pour l'agriculture. Colbert en 1666 pensait de même, et plus tard accordait à tout agriculteur qui plantait un mûrier dans ses possessions une prime de 20 sols par arbre. Cette dernière mesure porta ses fruits: avant la révocation de l'édit de Nantes, Lyon comptait environ 10,000 métiers à soie; la révocation de l'édit de Nantes en fit disparaître quelques-uns, mais en 1789 il y en avait 18,000.

A cette époque les tissus de soie étaient encore d'un prix inabordable, et seuls les grands de la cour et les riches bourgeois pouvaient en posséder. Le désir que beaucoup avaient de se procurer des étoffes « façonnées » et la difficulté de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tisser ces étoffes en élevait encore le prix. Les machines qui servaient à les tisser étaient alors d'une complication extrême, et d'un maniement des plus difficiles, on n'y voyait que cordes et pédales, et plusieurs ouvriers étaient nécessaires pour la manœuvre de ces instruments. On y employait particulièrement des jeunes filles dites *tireuses de lacs* et des ouvriers dits *canuts*, qui étaient obligés de conserver toute la journée des positions fatigantes et peu naturelles, qui déformaient leurs membres et abrégeaient leur vie. Ce fut Jacquard qui, en 1800, par l'invention de son métier, vint mettre un terme à cette situation. Aujourd'hui le métier Jacquard est répandu partout, mais alors il arriva de son appareil ce qu'il advient des meilleures inventions, le jury de l'exposition de 1801 lui donna comme encouragement une médaille de bronze « comme inventeur, dit le rapport, d'un mécanisme qui supprime *un ouvrier* dans la fabrication des tissus brochés » Le célèbre inventeur ne pouvait faire mentir le proverbe : nul n'est prophète en son pays.

Aujourd'hui, la diversité des tissus de soie est grande. On peut les diviser en trois catégories :

1° *Les soieries*, fabriquées à Lyon et dans un rayon assez étendu autour de cette ville, et accessoirement celles fabriquées à Tours et à Nimes;

2° *Les rubans*, fabriqués spécialement à Saint-Etienne;

3° Les *étoffes mélangées*, fabriquées à Lyon, Paris et ses environs, Roubaix et la Picardie.

La production de ces divers tissus était estimée en 1872 :

| | | |
|---|---|---|
| Pour les foulards à . . . . . | 50,000,000 | de francs. |
| — crêpes, à. . . . . | 8,000,000 | — |
| — tulles, à . . . . . | 14,000,000 | — |
| — velours, à. . . . . | 30,000,000 | — |
| — satins, à . . . . . | 25,000,000 | — |
| — l'étoffe noire pour robes, à. . . . . | 165,000,000 | — |
| — l'étoffe couleur pour robes, à. . . . . | 120,000,000 | — |
| Autres tissus brochés ou unis, à . . . . . | 28,000,000 | — |
| Pour les rubans, à. . . . . | 80,000,000 | — |
| — étoffes mélangées, à. . . . . | 40,000,000 | — |
| | 540,000,000 | |

sans comprendre les tissus d'ameublement qui figuraient à la classe 21. Une très-forte proportion de ces tissus est exportée en Angleterre et en Amérique.

La fabrication de ces étoffes est faite tantôt en petits ateliers, tantôt dans de grandes fabriques parfaitement outillées. Depuis 1867, l'industrie de la soie, arrivée déjà à un haut degré de perfection, a eu peu de chose à changer à ses procédés; il n'y a pas de progrès généraux à signaler. Il est juste de noter un abaissement dans les prix de revient de certains tissus, et de sérieuses améliorations dans les apprêts qui terminent la fabrication des fils de déchets de soie.

**Le coton.** — Le filage du coton commença naturellement comme bien d'autres par la quenouille et le fuseau.

Ce ne fut qu'au XVIII^e^ siècle qu'un mécanicien anglais, *Thomas Highs*, inventa la *Jenny*. Highs n'était qu'un pauvre ouvrier qui fabriquait des peignes à tisser à Leigh, dans le Lancashire, et c'est en voyant un jour un de ses voisins, malheureux ouvrier fatigué et harassé, qui avait toute la journée cherché de la trame sans en trouver, que l'idée lui vint qu'on pourrait bien fabriquer cette trame mécaniquement. Il fit part de son projet à un horloger de sa connaissance du nom de Kay, et tous deux, retirés dans un grenier, construisirent rouages sur rouages pour arriver à l'appareil projeté. Ils ne réussirent point tout d'abord,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Kay se rebuta et abandonna Highs; celui-ci se remit seul à l'œuvre. A force de recherches, il parvint à construire sa machine, et lui donnant le nom d'une de ses filles qui s'appelait Jenny, il la nomma *spinning Jenny* ou Jenny la fileuse. La première machine avait six broches et une aune carrée.

Trois ans plus tard, un autre mécanicien anglais; fileur à Stanhill, dans le comté de Lancastre, *James Hargreaves*, qui avait déjà inventé en 1760 une espèce de carde dite carde à bloc *(stock-card)*, apporta en 1768 quelques modifications à la pince de la Jenny. Le résultat fut magnifique. à tel point, qu'Hargreaves se rendit plus tard à Nottingham, et trouva bientôt des capitaux pour monter une fabrique.

On ne pouvait cependant avec cette machine que fabriquer de la trame, la chaîne étant toujours constituée dans les tissus par un fil de lin. Highs essaya alors de perfectionner ses inventions premières et inventa le métier continu ou *throstle,* dont le nom signifie machine hydraulique, sans doute parce qu'elle ne pouvait marcher qu'à l'aide d'un moteur mécanique, et où l'on voit employés pour la première fois les cylindres étireurs qui sont la base de la filature moderne.

Sur ces entrefaites, un barbier de Preston, *Richard Arkwright,* arrivait à Leeds. Actif et entreprenant, désireux de réussir à tout prix, il essaya, en entendant parler de l'invention de Highs, de s'approprier sa machine. Il alla trouver Kay, l'horloger avec lequel Highs avait primitivement travaillé, et il obtint par son intermédiaire les modèles et dessins qui lui étaient nécessaires pour construire ses métiers. Puis, se rendant à Nottingham, il trouva un capitaliste qu'il intéressa à son œuvre en lui montrant les ingénieux appareils de Highs, et en 1768 il prit en son nom un brevet pour les machines continues à filer le coton, déjà inventées avant lui. Un beau jour, Kay voulut le dénoncer, mais il le séduisit à prix d'or et l'apaisa en lui confiant exclusivement la construction des cylindres de ses machines; Kay se tût alors. Arkwright, pour mieux cacher sa fourberie, lança dans le public de nombreux prospectus dans lesquels il disait qu'il avait perfectionné la machine Jenny inventée par Hargreaves. De la sorte, en attribuant à ce dernier une invention qu'il n'avait pas faite, mais seulement améliorée, il achetait son silence, et répandait dans le public une opinion qui prévaut encore aujourd'hui. Il eut cependant plusieurs procès et bien qu'il les perdit, il n'en continua pas moins son œuvre audacieuse. Bientôt tout fut oublié; et le 22 décembre 1786, les notables de Wirkworth adressèrent au roi d'Angleterre une pétition pour le prier de récompenser un de ses plus dévoués serviteurs : Arkwright fut créé chevalier. Il mourut le 5 août 1792 à Crumford, dans le Derbyshire, comblé d'honneurs et laissant une fortune évaluée à plus de 12 millions.

Pendant ce temps, Hargreaves éprouvait un tel chagrin de l'invention et des progrès du métier continu qu'il mourait bientôt dans la misère. Highs, de son côté, végétait inconnu et misérable, mais il s'occupait encore de ses machines en 1773, époque à laquelle nous le voyons encore ajouter un nouveau perfectionnement au métier continu en collaboration avec Wood. A partir de ce moment, on n'entend plus parler de lui.

En 1775, *Samuel Crompton* de Bolton-le-Moors, avait combiné les deux machines anciennes pour en faire la *mull-Jenny*, ainsi nommée ou parce qu'elle n'était qu'une jenny abâtardie ou parce qu'elle était primitivement mue par un mulet. Cet appareil ne fut bien employé que plus de vingt ans après son invention. — De nos jours, le métier *self-acting* est venu réaliser le mouvement automatique de la mull-jenny.

Aujourd'hui, la filature et le tissage du coton en France ont une très-grande importance. Nos fils de coton se classent en sortes nombreuses et différentes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

non-seulement quant à la finesse des fils qui varie depuis 2000 mètres jusqu'à 600,000 mètres de longueur par kilogramme de fil, mais aussi quant aux matières employées et même au mode de préparation (peignage ou cardage). D'après les dernières statistiques officielles, nous comptions en France 4,916,775 broches. Le tissage serait représenté par 68,000 métiers mécaniques environ, comme nous l'avons déjà dit.

**La laine.** — Ce n'est que du commencement du XVIII^e^ siècle que date l'introduction en France de la laine mérinos, alors la plus estimée pour le filage. A cette époque, le roi Louis XVI obtint du roi d'Espagne, à titre de grande faveur, d'extraire un troupeau de 200 bêtes de ses plus belles *cavagnes*. Ces moutons, qui provenaient des plus belles races de Léon et de Ségovie, furent parqués à Rambouillet dans une bergerie spéciale, et la direction en fut confiée au naturaliste Daubenton. En 1786, le roi obtint encore 350 moutons de même race qu'il ajouta aux premiers. On sait que le gouvernement retira longtemps de cette institution un revenu des plus lucratifs : les laines étaient vendues au double de ce qu'elles valent aujourd'hui, et les moutons du troupeau de l'État étaient tellement recherchés, qu'on vit vendre quelques têtes de bétail jusqu'à 8,000 fr. pièce.

Onze ans plus tard, par suite du traité de Bâle, l'Espagne se vit encore forcée de céder à la France 5,500 moutons et béliers des plus beaux troupeaux de Castille, et le gouvernement d'alors en profita pour fonder six établissements semblables à celui de Rambouillet.

L'Angleterre ne voulait pas, pendant ce temps, se laisser distancer par la France. A l'exemple de Louis XVI, Georges III avait à la même époque fait venir d'Espagne un grand nombre de moutons mérinos, qu'après un grand nombre d'essais, il finit par élever sur ses propres terres. De là, date la grande puissance agricole de l'Angleterre, au point de vue de l'élève du mouton. Ce n'est pas qu'il y ait actuellement dans ce pays beaucoup de mérinos, ceux-ci n'existent au contraire qu'à titre de curiosité chez certains amateurs, mais dès que l'anglais, homme pratique par excellence, s'aperçut qu'il tirerait plus de profit d'un mouton élevé pour la viande et la laine que de moutons dont il ne retirait que la toison, il acclimata chez lui des races qu'il regardait comme plus lucratives; le célèbre Bakewell créa le *dishley*, type du mouton de plaine, d'où est dérivé le *south-down*, race des coteaux et des dunes.

La laine se file comme le coton sur les continus et les self-acting, aussi l'histoire de la filature de laine se confond-elle avec celle de ce dernier textile. Elle ne prit guère d'extension que lorsque l'invention du peignage mécanique vint remplacer les anciennes méthodes de peignage à la main. Ce fut en 1842, à Reims, que l'on essaya pour la première fois de se servir de peigneuses mécaniques. La machine dont on usait alors avait été inventée en 1825 par un sieur Godart, d'Amiens, lequel en 1827 avait cédé la propriété de son brevet à un sieur J. Collier. Mais ces appareils étaient imparfaits; seule l'apparition de la peigneuse Heilmann vint donner un essor considérable à l'industrie lainière.

J. Heilmann était le fils d'un modeste commerçant qui ne lui donna qu'une instruction des plus élémentaires. En 1815, ses parents montèrent une petite filature de coton à la main, et l'envoyèrent à Paris comme apprenti dans une manufacture similaire. Là, il put suivre les cours du Conservatoire : ce fut ce qui décida de sa vocation. Il n'avait que 21 ans lorsqu'il fut appelé peu de temps après pour diriger un établissement au Vieux-Thann : au bout de deux ans, la filature qu'il dirigeait et qui était toute mesquine comptait dix mille broches. Ce fut lui qui décida dès lors de l'essor de l'industrie cotonnière en Alsace. Malgré son peu de fortune, il devint bientôt le gendre de M. J. Kœchlin, l'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des manufacturiers les plus importants du pays, et on le vit alors l'un des fondateurs et l'un des membres les plus actifs de la Société industrielle de Mulhouse. Ce ne fut seulement qu'à la fin de sa vie, en 1845, qu'il inventa la fameuse peigneuse, qui d'un seul coup substitua partout au travail à la main le travail automatique. Cette machine ne figura pour la première fois à une exposition qu'en 1855, et le jury la proclama, comme l'invention la plus importante qui depuis quarante années avait été faite en filature. Plus tard, la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale lui décerna le prix d'Argenteuil de 12,000 fr., destiné à récompenser la découverte la plus importante faite dans toute industrie, de six ans en six ans.

La filature de la laine peignée est donc d'invention toute récente. La filature de la laine cardée est plus nouvelle encore, elle nous fut importée d'Angleterre de 1809 à 1815 par John Cockerill, Douglas et Lasgorsain. Actuellement nous l'avons vu, nous possédons en laine 2,898,829 broches et 27,000 métiers mécaniques à tisser environ. C'est donc une industrie qui a rapidement marché.

**Le lin.** — On sait que c'est Napoléon Ier qui fut le promoteur de l'invention de la filature de lin en France. Etonné des prodiges d'activité et des sources de richesses qu'engendrait chez nos voisins l'industrie de la filature de coton, il pensa que, de préférence au blocus continental, le meilleur moyen de faire concurrence à ce produit exotique était de filer un textile indigène, et il choisit le lin, matière filamenteuse d'un usage alors universel. — Le 12 mai 1810, un décret daté de Bois-le-Duc parut dans le *Moniteur*, promettant un million de récompense à l'inventeur de la filature de lin. Chacun en connait le texte.

Deux mois après, le 18 juillet 1810, un premier brevet était pris pour cette invention, il contenait tous les principes fondamentaux du filage mécanique, *Philippe de Girard* avait résolu le problème, la France comptait une gloire de plus.

Quelques jours après la publication du décret impérial, dit M. Ampère, Philippe de Girard, alors âgé de 35 ans, était chez son père à Lourmarin. Pendant le déjeuner de famille, on apporta le journal qui contenait ce défi magnifique jeté à l'esprit d'invention, sans exclure aucun peuple, et comme avec la confiance que l'universalité du concours n'empêcherait pas cette récompense d'être remportée par un Français. En effet c'est un français qui a eu, sinon le bonheur de l'obtenir, du moins la gloire de l'avoir méritée. Philippe de Girard passe le journal à son fils en lui disant : « Philippe, voilà qui te regarde » Après le déjeuner, celui-ci se promenait seul, décidé à résoudre le problème. Jamais il ne s'était occupé de rien qui eût rapport à l'industrie dont il s'agissait. Il se demanda s'il ne devait pas étudier tout ce qui avait été tenté sur le sujet proposé; mais bientôt il se dit que l'offre d'un million prouvait qu'on n'était arrivé à rien de satisfaisant. Il voulut tout ignorer pour mieux conserver l'indépendance de son esprit. Il rentra, fit porter dans sa chambre du lin, du fil, de l'eau, une loupe, et regardant tour à tour le lin et le fil, il se dit : « Avec ceci, il faut que je fasse cela ». Après avoir examiné le lin à la loupe, il le détrempa dans l'eau, l'examina à nouveau, et le lendemain à déjeuner il disait à son père « le million est à moi ! » Puis il prit quelques brins de lin, les décomposa par l'action de l'eau, de manière à en séparer les fibres élémentaires, les fit glisser l'une sur l'autre, en forma un fil d'une finesse extrême et ajouta : « Il me reste à faire avec une machine ce que je fais avec nos doigts et la machine est trouvée ». Il avait effectivement trouvé le principe de la filature à l'eau chaude, et pour lui, du principe à l'application, il n'y avait qu'un pas.

Certain du succès de ses œuvres, il voulut toutefois les mettre en pratique, afin de présenter au concours proposé une méthode logique et assurée, associé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec ses frères et quelques amis, il convertit en appareils de tout genre et en constructions, l'héritage paternel (700,000 fr.) et monta bientôt rue Meslay, à Paris, la première filature de lin. Sous l'influence de Constant Prévost, un second établissement fut bientôt créé rue de Charonne, et Girard se trouva bientôt à la tête de deux fabriques modèles. Le moment étant venu de faire connaître son invention, Philippe de Girard en fit part à l'empereur, accompagné de Chaptal, celui-ci examina toutes les machines et les produits fabriqués. Son approbation fut complète. Aussitôt après cette visite, il écrivit lui-même au Ministère le 22 mai, pour donner l'ordre de convoquer le jury de concours. Les événements politiques en décidèrent autrement.

La Restauration lui succéda. Peu soucieux de payer les dettes de Bonaparte, ce gouvernement ne donna aucune suite au concours provoqué par Napoléon Ier. Avec les Cent-jours, Philippe de Girard reprit espoir. Il avait, pour soutenir son industrie, grevé d'hypothèques ses propriétés et celles de ses frères, et comme, grâce à ces sacrifices, il avait pu soutenir sa réputation d'inventeur, il écrivit à l'administration pour qu'elle donnât suite aux promesses de 1810. Le directeur du Conservatoire lui écrivit le 11 juin que sa demande était agréée. Mais peu de jours après Waterloo vint nous perdre, Napoléon tomba et avec lui son protégé.

Philippe de Girard ferma d'abord sa filature de la rue Meslay. Il ne conserva celle de la rue de Charonne que dans l'espoir de relever son crédit, refusant malgré tout de céder aux conseils de ses amis qui l'invitaient à déposer son bilan. Un créancier impitoyable le fit arrêter et conduire à Sainte-Pélagie. — En ce moment critique, il offrit au gouvernement, par l'intermédiaire de M. de Bevière, de vendre ses machines à des conditions exceptionnellement avantageuses. Le Ministre de l'intérieur, M. de la Branche, jugea d'abord plus digne de ne pas donner suite à ces propositions et se décida ensuite, à bout de sollicitations, à donner à Philippe un léger secours. Napoléon n'avait pas reculé devant l'offre d'un million pour l'invention de la filature mécanique, celui-ci finit, après maintes demandes, par accorder une simple subvention de 8,000 fr., et encore, en prenant pour garantie un matériel qui en valait plus de 30,000.

Ce fut alors qu'exaspéré par ces revers et sollicité par François d'Autriche, Philippe de Girard alla construire une filature mécanique à Hirtenberg, près Vienne. Il laissait cependant à Paris, sous la direction de ses frères, un *assortiment* complet, pour perpétuer dans sa patrie le souvenir de ses inventions.

A la même époque, un brevet était pris en Angleterre, par M. *Horace Hall*, en société avec MM. *Lanthois* et *Cachard*, employés de Philippe de Girard qui, profitant de la confusion des événements, avaient eu l'impudence d'enlever clandestinement les dessins du maître et de se les approprier. Chose singulière, tandis qu'en France le gouvernement refusait tout secours à Girard, de l'autre côté du détroit on donnait à Lanthois et Cachard, pour prix de leur abus de confiance, 2,000 liv. st. comptant. Pendant ce temps, l'établissement créé à Paris, par Philippe de Girard était loin de prospérer. Abreuvé de revers et désespéré du peu de sympathies qu'il rencontrait en France, Frédéric de Girard qui le dirigeait mourut en 1820. Il était le seul survivant des frères de l'inventeur dont l'usine fut aussitôt fermée. — Plusieurs français essayèrent après Philippe de Girard de monter des établissements sur ses modèles, mais la plupart, peu encouragés, succombèrent.

En 1824, on vit venir en France un anglais, homme obscur jusque-là et inconnu de tous, mais qui était poussé par une idée fixe : dérober à la France le secret de la filature mécanique et l'importer en Angleterre. Il se nommait *Marshall*. — Après un court séjour parmi nous, il retourna dans sa patrie,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

muni des renseignements qui lui étaient nécessaires, et bientôt fonda à Leeds la première filature anglaise.

A ne considérer cette industrie que par ses résultats financiers, elle date vraiment de cette époque, car Marshall réalisa bientôt des bénéfices incroyables. Il engagea comme contre-maître, avec un salaire élevé, Lanthois, employé de Girard, dont nous avons parlé plus haut. Quant à Cachard, largement aidé, il fit bientôt concurrence à son ancien complice, sous la raison sociale de ses deux commanditaires *Hives et Atkinson*. — L'essor une fois donné à l'Angleterre, la filature de lin s'y transforma bientôt. Exploitées par nos voisins, les idées ingénieuses de Philippe de Girard, considérées chez nous comme peu pratiques, furent aussitôt appliquées et vulgarisées.

Nous ne pouvions avec nos machines primitives, lutter avec les appareils anglais que nos voisins perfectionnaient sans cesse. — Ce fut en 1825 que commença la grande importation des fils d'Angleterre en France, ce fut en 1830 qu'elle prit une véritable extension. Les fils anglais entrés en France en 1825, pour 161 kilog., y entraient en 1825 pour 418,383 kil.

De cette inondation de produits anglais résultait évidemment pour la filature de lin une chute inévitable. Dans son *Dictionnaire du commerce*, publié en 1832, M. Hautrive de Lille évaluait à 37 le nombre de filatures de lin qui fonctionnaient en France en 1831. Situées au centre de la production de la matière première, ces filatures donnaient des résultats sinon brillants, du moins satisfaisants. Mais peu à peu l'invasion des fils anglais les fit tomber. En 1836, 15 à 16 de ces établissements subsistaient à peine dans toute la France, à Lille il en restait 8.

En présence de cette situation précaire, une idée vint alors à deux de nos industriels, celle de dérober le secret de la filature de lin à l'Angleterre comme l'avait fait Marshall quelques années auparavant. Parmi eux, nous sommes heureux de citer un Lillois, M. *Scrive Labbe*, l'autre était M. *Féray* d'Essonnes, aujourd'hui Sénateur.

Les difficultés cependant semblaient insurmontables. A peine eut-on connaissance en Angleterre des tentatives de M. Scrive, que tous les filateurs anglais se réunirent d'un commun accord pour former à leurs frais une contre-ligne de douane, destinée à fortifier le service du gouvernement, qui punissait d'une amende de 5,000 fr. tout exportateur de métier à lin. — Or, ce fut en 1833 que MM. Scrive et Féray commencèrent leurs démarches. Ce ne fut qu'en 1835 qu'ils purent monter leurs filatures. Après des peines inouïes, avec une patience infatigable, ils finirent par tromper la surveillance anglaise et parvinrent à triompher de tous les obstacles, M. Scrive monta à Lille une filature de 2,500 broches, M. Féray une autre à Essonnes de 1,800. Il leur avait fallu faire expédier les métiers pièce à pièce dans autant de ports différents, sous de fausses dénominations, le plus souvent dans des cornues à gaz, et en payant des primes de contrebande qui s'élevaient souvent à plus de 80 %. M. Scrive, qui était entré le premier en possession de ses métiers reçut à titre de premier importateur l'exemption des droits à l'entrée. M. Féray, une fois son premier écheveau fabriqué, l'envoya au Ministre du commerce, M. Duchatel, il reçut la croix de la légion d'honneur par retour du courrier.

Mais après tous leurs exploits, nos premiers importateurs n'admirent malheureusement personne au partage de leurs conquêtes. MM. Scrive et Féray ajoutèrent même à leurs établissements des ateliers de construction où ils essayèrent de construire ces machines pour leur usage particulier, afin de s'en réserver le monopole. Il fallut qu'un français se dévouât à nouveau pour faire connaître à tous et construire enfin, lui-même, les machines à lin. Ce fut M. *Decoster* qui voulut remplir cette noble mission.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En 1834, il partit en Angleterre, faisant dire bien haut qu'il n'avait d'autres intentions que de faire employer dans ce pays la peigneuse Girard qu'il ne pouvait propager en France. L'Angleterre se montra comme toujours hospitalière et bienveillante envers les industriels sérieux, et, sous les auspices d'un riche négociant anglais, Decoster put bientôt, malgré son titre de français, visiter à loisir les principales filatures de Leeds. Il analysa toutes les machines, les étudia, les compara à celles de Girard, se rendant compte de tout ce qui pouvait l'instruire et être utile au bien de son pays. — Il rentra en France en 1835, non-seulement muni de tous les dessins des machines anglaises, mais initié à tous les mystères de la fabrication. Il commença alors à Paris la construction d'un atelier spécial qu'il ne put ouvrir qu'en 1837. Grâce à son initiative, on comptait en France, vers la fin de 1839, le chiffre respectable de 37 filatures de lin, il avait fourni le matériel des 3/4 d'entre-elles.

Telles sont les origines en France de l'industrie nationale du lin. Aujourd'hui après mille et une péripéties, la dernière statistique, qui est évidemment exagérée constate chez nous 716,490 broches.

**Statistique textile.** — Nous avons déjà donné plus haut la statistique officielle du tissage, laquelle peut difficilement être dressée, en raison du grand nombre de métiers à bras dont le total ne peut guère être relevé. En résumant pour ce qui concerne la filature seulement, les chiffres fournis par la statistique nous aurons pour l'ensemble : plus 26,000 bassines pour la soie et 942,000 tavelles ou fuseaux répartis en 1684 établissements.

| | | |
|---|---|---|
| Lins, chanvres, jute, etc . . . . . | 716,490 | broches. |
| Coton . . . . . | 4,916,775 | — |
| Laine, alpaga, etc. . . . . | 2,898,929 | — |
| Bourre de soie, déchets. . . . . | 419,553 | — |
| Mélanges. . . . . | 536,301 | — |
| En tout. . . . . | 9,571, 848 | — |

La force motrice employée pour l'industrie textile mécanique en général est :

| | | |
|---|---|---|
| Lin et chanvre. . . . . | 21,519 | chevaux-vapeur |
| Coton . . . . . | 34,398 | — |
| Laine . . . . . | 29,414 | — |
| Soie. . . . . | — | — |
| Mélanges . . . . . | 2,584 | — |

répartis en un nombre de fabriques :

| | | |
|---|---|---|
| Pour le lin . . . . . | 714 | établissement. |
| — le coton. . . . . | 1048 | — |
| — la laine . . . . . | 2520 | — |
| — la soie . . . . . | 3528 | — |
| — les mélanges . . . . . | 249 | — |
| Soit au total. . . . . | 8059 | |

Quant au travail de la corderie, dont nous n'avons pas ici à nous préoccuper, rappelons qu'en raison de sa nature, de la grosseur de la plupart des objets fabriqués et de la facile production, il est et restera encore, en grande partie, un travail à la main. Toutefois, il y a sur plusieurs points en France, et notamment à Angers, des corderies entièrement mécaniques très-bien outillées. — Dans leur ensemble, les industries textiles emploient plus d'un million de travailleurs et font vivre près de deux millions d'individus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

### 1° Fils et tissus de soie.

La section des fils et tissus de l'exposition française a été, cette fois, agencée avec art. Les négociants et les industriels étaient, en 1867, les seuls qui la visitaient, en 1878 les simples consommateurs ont pu y faire une promenade instructive et intéressante.

Ce qui lassait trop souvent le visiteur en 1867, c'était le double emploi. Telle ville, qui comprenait par exemple vingt-cinq manufacturiers, filateurs ou tisseurs du même textile, se croyait obligée d'offrir au public l'exhibition certainement peu intéressante de vingt-cinq vitrines semblables, et composées des mêmes spécialités. Les chambres de commerce de nos grands centres manufacturiers ont aujourd'hui remédié en partie à cet état de choses, et les expositions particulières de Paris, Lyon, Saint-Étienne, Rouen, Tarare et Epinal, ont eu le rare mérite d'offrir à notre vue, dans des groupes collectifs, des expositions de fils et tissus dont le caractère général présente un grand intérêt, et qui n'en réservent pas moins pour chacune d'elles une place distincte et remarquée.

En outre, le groupement des fils et tissus de tous genres en un seul espace, qui avait déjà été essayé en 1867, a ici pleinement réussi. Le visiteur qui entrait dans la section française par la galerie de l'habillement, qui donnait sur le vestibule d'honneur, en face de la grande vitrine de Sèvres et des Gobelins, trouvait à sa droite, après avoir traversé la section très-restreinte des armes à feu et de l'art militaire, la galerie des fils et tissus de lin; puis, à gauche de la galerie de l'habillement, et tout en entrant, les fils et tissus de coton; un peu plus loin, dans des salons qui se suivent les uns les autres, étaient disposés, à droite et à gauche, les fils et tissus de soie, les fils et tissus de laine, les laines peignées et cardées; enfin, le long de la seconde galerie transversale, la passementerie et les dentelles. Tout cela ne formait qu'un bloc, et la disposition en était si heureuse qu'on pouvait facilement en une journée se faire une idée générale de l'ensemble de l'exposition textile, pour se réserver de l'examiner en détail les jours suivants. Pareille chose ne pourrait être affirmée d'autres exhibitions, sur lesquelles il faut si souvent revenir pour saisir le progrès accompli.

Dans les soieries, l'exposition collective de la *Chambre de commerce de Lyon* doit être placée au premier rang. Les produits exposés ne le cédaient en rien aux autres sous le rapport de la qualité et du goût, et les industriels français, malgré la situation mauvaise des affaires ont voulu montrer que, puisqu'ils prenaient part à la grande lutte engagée à Paris avec la fabrication étrangère, ils savaient quand ils le voulaient, ne pas rester au-dessous de leurs concurrents. Il n'est que trop vrai que notre pays, en soieries comme en tout autre genre de tissus, traverse une crise véritable. Nous n'en voulons pour preuve que la diminution de nos exportations en ce genre qu'on évaluait à 477,688,000 fr. en 1873, à 818,909,000 fr. en 1874; et qui sont tombées à 376,665,000 fr. en 1875, et à 296,818,000 fr. en 1876. Pour lutter contre la concurrence étrangère, la Chambre de commerce de Lyon a fait de grands efforts; on se rappelle qu'elle a organisé, il y a six années, une exposition faite exclusivement à ses frais; aujourd'hui elle a convié le plus grand nombre des fabricants qu'elle représente, à exhiber leurs meilleurs produits à l'Exposition de Paris.

On se représente d'ailleurs facilement ce que peut être une exposition collective de ce genre, où l'on rencontre des fabricants tels que M. *L. Payen*, qui, rien qu'au Bengale, possède, pour son propre compte, 19 filatures comprenant 2,815 bassines et utilisant 5,080 ouvriers, et qui tisse les fils qu'il fabrique sur 1,500 métiers exigeant 3,000 ouvriers; tels encore que M. *Arlès Dufour*, dont les filatures et moulins en France et en Italie, produisent jusque 103,000 kilogr. de



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fil. Nous n'en finirions pas si nous voulions citer tous les fabricants qui ont répondu à l'appel de la chambre de commerce, il y en a 178; ici ce sont les soies jaunes 12 deniers cocons de Saint-Vallier de M. *Aimé Barboin*, que nous admirons, les soies grèges bleues, noires, vertes et rouges, teintes à la bassine par le procédé Gachon, les organsins 2 bouts apprêts satin et les organsins 3 bouts apprêts velours de M. *Payen*, la trame tsatlée à tours comptés 44 deniers de MM. *Blachner frères*, de Sorgues (Vaucluse), la faille extra et le drap de soie de M. *Guinet*, les tentures jaunes pour rideaux de lit de MM. *L. et A. Emery*, les foulards avec impressions photographiques de MM. *Janard et Guillot*, etc.

*L'exposition collective* des fabricants de rubans et de velours de soie de *Saint-Étienne* n'est pas moins remarquable. Il y avait là 26 exposants qui tous rivalisaient par leur bon goût et le fini des produit qu'ils exposaient. — On sait que c'est Saint-Chamond qui tout d'abord au XI^e^ siècle avait la spécialité de la rubannerie, mais aujourd'hui c'est Saint-Étienne surtout, qui a concentré cette industrie et qui l'a emporté sur Saint-Chamond, dès qu'un certain nombre de ses ouvriers habitués à manier le fer et le bois dans les fabriques d'armes, ont bien voulu fabriquer le métier à la zurichoise, lorsqu'il fut importé en France, et plus tard la mécanique Jacquard. Saint-Étienne tient à conserver le monopole qu'elle s'est acquis car outre le ruban commun et classique qui forme les trois quarts de sa production totale, elle fabrique encore beaucoup le ruban nouveauté qui ne relève que de la mode, et dont l'écoulement dépend avant tout du bon goût et des soins multiples du fabricant. A l'Exposition, les rubans nouveauté, rubans unis, rubans velours et passementerie exposés dans les vitrines pouvaient défier toute concurrence étrangère.

Enfin nous signalerons encore dans la section française, l'exposition de soies moulinées, retorses, écrues et teintes, organisée par le *syndicat des fabricants de soie à coudre* de Paris (28 exposants).

Parmi les autres pays d'Europe, nous citerons la *Suisse* dans laquelle l'industrie de la soierie forme deux branches très-importantes, les rubans et les tissus. Les rubans se fabriquent à Bâle, les tissus spécialement à Zurich et à Winthert-hur. — Il est regrettable qu'à l'Exposition la rubannerie de Bâle n'ait pas été représentée : nous l'aurions volontiers comparée à celle de Saint-Étienne et de Saint-Chamond. — Par contre, les soieries proprement dites ont leur salle à part. Les tissus de soie fabriqués à Zurich, d'après les spécimens que nous avons sous les yeux, sont principalement des étoffes à bon marché, gazes, marcelines, taffetas pour parapluies, etc; il en est de même pour la fabrique de Winthertur. Le travail de la soie, répandu sur les deux rives du lac de Zurich, s'étend jusque Zug.

L'*Italie* a exposé quelques tissus de soie, de la soie grége, de la filoselle, des organsins, quelques belles pièces de taffetas, de velours et de rubans dans quatre vitrines seulement. Ces soieries proviennent pour la plupart de la ville de Côme, le grand centre de tissage de la soie qui occupe à lui seul 5 à 6000 métiers et 10,000 ouvriers. Le velours se fabrique à Gênes.

L'exposition des soieries du *Portugal* était assez bien réussie. Il y avait là quelques belles pièces de taffetas dont les couleurs n'étaient pas cependant toujours très-heureuses.

L'*Autriche* a exposé quelques rubans de soie pure et mélangée, des gazes à bluter et des tissus de soie mélangés d'or et d'argent qui n'étaient pas sans mérite. Il y a dans ce pays, d'après la dernière statistique, 700 métiers mécaniques seulement pour le tissage de la soie, et 7,800 à la main : c'est donc la petite industrie qui domine.

Enfin la *Chine* et le *Japon*, ces deux grands producteurs de soie, ont pris

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soin de nous montrer comment ils savaient utiliser la matière première qu'ils ont chez eux en si grande abondance. En Chine, il y eut peu de chose, quelques tissus unis et quelques soies brochées peu réussies ; mais au Japon, l'exposition fut vraiment imposante et nous montra que ce pays, entré si rapidement dans la voie du progrès, a bien peu d'efforts à faire pour arriver à faire concurrence aux tissus du même genre exposés en Europe.

### 2° Fils et tissus de coton.

L'industrie de la filature en général traverse en ce moment une crise qu'il serait puéril de nier ; mais la filature de coton pâtit plus que toutes les autres de cette situation. Ainsi que nous l'avons montré plus haut, à propos du commerce de ce textile, les importations augmentent annuellement outre mesure, et bon nombre de broches sont arrêtées.

Malgré cet état précaire, nos filateurs et nos fabricants ont essayé de faire bonne figure à notre exposition, et bon nombre d'entre eux avaient vraiment des vitrines remarquables. L'une des expositions qui méritaient le plus d'attirer l'attention, celle de MM. *Thiriez* père et fils, de Loos, brillait à l'unt des premiers rangs. La fabrication de la filature Thiriez est très-complexe ; nous y avons vu tout d'abord des fils simples, des nos 40 à 250, pour gazes et mousselines ; d'autres, blancs laminés, des nos 16 à 300 pour tulles et dentelles ; d'autres encore des nos 20 à 170 glacés satinés pour rubans, galons, et robes nouveautés ; enfin des fils noirs pour velours, taffetas, grenadines, passementeries, et des fils spéciaux pour la couture des gants, la broderie mécanique et le tricot. Mais à côté des produits de leur filature, MM. Thiriez ont aussi exposé ceux de leur retorderie : nous notons entre autres des retors des nos 10 à 250 pour tulles et rideaux ; des nos 20 à 210 retors extra pour satins, velours, rubans et tissus mélangés ; des fils cablés 6, 9, 12, 15 et 24 bouts pour lissures et filets en nos 16 à 160; des fils perses brillantés pour bonneterie et ganterie de 30 à 150 ; des fils imitation soie pour bonneterie et nouveautés en nos 50 à 100 ; enfin des fils quadrillés, chinés, ondés pour fantaisie et tissus nouveauté. Comme on le voit, rien n'y manquait, et nous avions là affaire à une filature modèle. Ajoutons que tous ces produits, d'un fini parfait, étaient rangés intelligemment avec un ordre et une symétrie qui décèlait la main d'un homme du métier.

Non loin de là M. *Dolfus-Miag*, un industriel alsacien qui figurait parmi nos exposants en raison de la succursale qu'il possède à Paris, exposait des cotons filés pour crochet et des fils de même genre pour pointer les pièces, repriser, marquer, tricoter, etc. C'est dans son genre une vitrine qui méritait d'être remarquée.

M. *Sapin* fils, de Lille, nous a montré des fils simples et retors pour la fabrication des articles de bonneterie. Ces produits étaient de bonne fabrication, ils nous ont semblé bien réguliers.

Les cotons filés spéciaux pour peluches, exposés par M. *Feray*, d'Essonnes (Seine et Oise), avaient aussi beaucoup de mérite. Cet exposant a compris que sa situation au milieu d'un département où il se trouve être à peu près le seul filateur de coton ne lui permettait pas de faire autre chose que des articles tout spéciaux. Il a exposé à côté de ses autres produits des trames et chaînes extra fortes pour tissage : il y avait là, entre autres, des chaînes en 50 égyptien et du 60 mélangé peigné vraiment remarquable.

Un filateur de Bragelu (Seine et Oise) M. *Léger* fils, qui fabrique particulièrement des cotons en mêches tressées pour chandelles, a eu la singulière idée de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nous tresser un spécimen réduit de son établissement avec ses produits. Cela fait diversion avec le reste.

Signalons encore, parmi nos meilleurs exposants, M. G. *Barrois* de Lille, qui avait des fils simples de 90 à 250 et des retors et cablés de numéros divers filés sur le continu à retordre du système Taylor, qu'il a eu l'honneur d'introduire en France, MM. *L. et E. Crepy* de la même ville, qui on eu l'heureuse idée, à côté de leurs fils, d'exposer un foulard fabriqué exclusivement avec ces produits, par MM. Lévy frères de Lyon, et M. *H. Loyer* dans l'exposition duquel nous remarquions une mousseline extra fine fabriquée par M. Ledoux, de Saint-Quentin, avec le n° 350 anglais filé par lui.

Enfin, nous remarquions dans la section française, la vitrine de MM. *Wallaert frères*, de Lille, qui possèdaient à eux seuls 50,000 broches en coton simple et 18,000 en retors, et dont l'exposition, qui figurait un trophée central bordée de pyramides de pelotes, était agencée avec un goût tout particulier.

Après les fils, les *tissus* de coton tenaient une grande place dans la section française.

Avant tout, nous devons y mentionner *l'exposition collective* de la ville de *Flers*, qui comprend 35 fabricants. — C'est vers 1770 que la fabrication du coutil-coton a commencé à Flers; on y fabriquait à cette époque quelques pièces de fil en petites barres, bleues et blanches, pour literie. Vers 1800, cette industrie avait déjà pris de l'extension, lorsque la paix de 1814, en permettant de développer les filatures de coton, a permis aux fabricants de Flers de produire des tissus nouveaux et convenant parfaitement à la consommation, et par suite d'augmenter leur production; mais ce n'est qu'après 1821 que les coutils de coton ont été produits sur une grande échelle. — En 1839, une enquête industrielle fut ouverte par l'association normande, et il fut constaté que la production du coutil, à Flers et aux environs, était de 2,000 pièces par semaine, d'une valeur de 100 fr. à la pièce, soit une production annuelle de plus de 10 millions. En 1852, la même association procéda à une nouvelle enquête, et il fut établi que la fabrique de Flers produisait 192,000 pièces par an, pesant 3,600,000 kil. d'une valeur de 17 millions de francs. — Les traités de commerce et la concurrence des tissus anglais, qui en a été la conséquence, forcèrent les fabricants de Flers à perfectionner leur outillage et à monter des métiers mécaniques. — En 1868, dans la session de l'association normande, il a été constaté que le nombre des maîtres fabricants était de 302, celui des métiers répandus dans la campagne de 15,000, des métiers mécaniques de 400, et le nombre d'ouvriers occupés de 23,000, produisant annuellement 250,000 pièces pesant 4,500,000 kil. d'une valeur de 28 millions de francs. — Aujourd'hui, le nombre des fabricants de Flers est de 175 occupant 10,157 métiers à la main; il existe sept tissages mécaniques avec 1080 métiers; le nombre d'ouvriers occupés est de 2,800; la production peut être évaluée à 8,900,000 kil. par an, d'une valeur de 27 millions de francs. Dans cette somme de travail, on peut évaluer la production des 1,080 métiers mécaniques à 12 millions de francs, et celle du tissage à la main à 15 millions. Le chiffre de 4,900,000 kil. est celui de l'exportation des tissus de coton constaté par la gare de Flers.

Les principales améliorations introduites dans la fabrique de Flers depuis 1867 sont la fabrication des toiles oxford, des flanelles et tissus façonnés pour chemises, et celle des molletons laine et coton pour doublure de chaussures, introduits par MM. *Forge et Quentin* qui exposèrent personnellement ce dernier article.

Parmi les principaux exposants de Flers, nous signalerons principalement MM. *J. Huard*, *P. Lainé* et *A. Halbout* qui ont exposé des coutils pour literie dits trois pas, trame mouillée, en $1^{m},20$ de largeur, des rayés bleu et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

blanc en 1m,60 et des quatre pas trame sèche en 1m,80; MM. *Lemaître frères* et *F. Caillebotte* qui ont exposé des coutils pour stores en 1m,80 rayés gris et blanc avec rouge, bleu, jaune, etc., tout coton; M. *Toussaint*, qui avait des cotelines et des algériennes treillis pour housses 4 et 3 pas en 0,80 cent. et 1m,20, enfin MM. *Diot, Moriel et Cie*, dont les oxfords et les flanelles rayées étaient de toute beauté.

Nous citerons encore, dans le nombre des autres exposants de la section française, MM. *Keittinger et fils*, de Lescure (Seine-Inférieure), pour leurs tissus imprimés en bleu d'indigo par le procédé Schutzenberger et de Lalande; MM. *Sahler et Cie* de Montbéliard (Doubs) pour leur velours rouge pour tentures de portes; MM. *Lang et Gantzler*, de Puteaux (Seine), pour leurs divers foulards teints en rouge d'Andrinople; MM. *Thibaut Antin et Lapersonne*, de Deville-lez-Rouen (Seine Inférieure), pour leurs tissus imprimés en noir inverdissable, etc.

Enfin, n'oublions pas M. *E. Renault*, de Darnetal (Seine-Inférieure), qui a exposé des tissus à vignettes et principalement des mouchoirs, dits d'instruction militaire. Avec ces derniers, M. Renault ne peut manquer d'avoir une clientèle toute faite chez nos réservistes ou nos volontaires d'un an.

Nous avons mentionné la France en premier lieu, mais si nous avions voulu classer par ordre d'importance les contrées que nous examinions, nous aurions été forcés de donner le premier rang à l'Angleterre.

L'*Angleterre* possède près de 42,000,000 de broches! Pour donner au lecteur une idée de ce que peut être ce chiffre, nous rappellerons qu'il comprend plus du double des broches réunis des pays d'Europe suivants:

| | | |
|---|---|---|
| France | 4,500,000 | broches. |
| Allemagne | 4,700,000 | — |
| Russie | 2,500,000 | — |
| Suisse | 1,850,000 | — |
| Espagne | 1,775,000 | — |
| Autriche | 1,558,000 | — |
| Italie | 880,000 | — |
| Belgique | 800,000 | — |
| Suède | 310,000 | — |
| Hollande | 230,000 | — |

On comprend combien avec un pareil matériel, la Grande Bretagne est une redoutable concurrente pour les autres pays. Aussi, tandis qu'en France nous n'avons reçu en 1876 pour 113,389,900 fr. de fils et tissus de coton venant de l'étranger, et en 1877 pour 105,048,000 fr., l'Angleterre au contraire a renvoyé au dehors en fil et tissus de coton :

| | | |
|---|---|---|
| 1872 | 344,924,695 | livres sterlings. |
| 1873 | 339,904,050 | — |
| 1874 | 320,504,705 | — |
| 1875 | 309,240,316 | — |
| 1876 | 286,240,684 | — |

Les exposants anglais ont tenu à honneur de soutenir leur vieille réputation. Nous y avons relevé plus de 30 exposants qui tous avaient des vitrines remarquables. Nous signalerons en particulier les mousselines unies et de fantaisie et les couvertures de lit en coton de MM. Barlow et Jones, de Manchester; les velours lisses et croisés, les velours à côte, les moleskines et les velours demi soie et coton de M. Behrens, de la même ville; des serviettes royales turques et les tissus reps brochés de MM. Christy et fils de Londres; enfin les batistes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

basins, couvertures piquées, satinées, damassées, nankins, oxfords, etc., exposés par la Cie Dacca Twist, de Manchester. Nous nous voyons forcés d'en passer, et des meilleurs.

Pour les autres pays nous citerons la *Suisse*, où l'industrie cotonnière s'est localisée dans la plaine qui s'étend de Berne à Saint-Gall. Zurich y tient le premier rang, puis viennent après Wintherthur et Saint-Gall. Les cantons de Zug, Berne, Argovie, Thurgovie et Appenzell comportent aussi bon nombre de filatures et de tissages de coton. Il y avait à l'Exposition un grand nombre de cotonnades suisses, sous forme de foulards et de mouchoirs, qui simulaient les étoffes de l'Inde, les dessins en étaient assez variés; le rouge d'Andrinople y dominait principalement. L'*Italie* mérite aussi d'être mentionnée. La grande partie des étoffes qu'elle fabrique est consommée à l'intérieur, elle n'en exporte que pour 4 millions et en importe au contraire pour 15,600,000 francs.

La vitrine des cotonnades imprimées de Barcelone, en *Espagne* était vraiment remarquable. Il y avait là des toiles imprimées, des cretonnes et des tissus pour ameublement artistiquement agencés dans leurs vitrines, et dont l'éclat des couleurs et la beauté ne laissaient rien à désirer. Barcelone est d'ailleurs le grand centre manufacturier de l'Espagne; les habitants du pays l'appellent avec ses environs leur Lancashire. Le coton occupe actuellement 100,000 ouvriers, dans cette région. Les expositions de Valence et de Malaga étaient aussi très-réussies.

Les cotonnades d'*Autriche*, unies et façonnées, sont moins bien que celles d'Espagne. La *Hongrie* qui ne compta que deux exposants, fit maigre figure. L'Autriche posséderait, d'après un recensement récent, 22,877 métiers mécaniques pour tissus de coton, et 5,500 métiers à la main; en Hongrie, il y aurait peu de chose. Ce dernier pays en effet, est moins industriel que l'autre : d'après les statistiques les plus récentes, 11 % de la population vivent de l'industrie en Autriche, et 4 2 % seulement en Hongrie. Mais, il faut le dire, ces mêmes statistiques nous apprennent que, dans les deux pays réunis, sur une population de 37,000,000 âmes, on compte 16 millions $^1/_2$ d'individus sans profession déterminée. — Les régions les plus industrielles de l'Autriche sont la Bohême, la Moravie, la Silésie et la Basse-Autriche.

La *Grèce* avait une assez vaste exposition de tissus de coton, mais il semble qu'elle se soit surtout attachée à la fabrication des marchandises à bon marché. Dans les *Pays-Bas*, nous signalerons surtout l'exposition collective de l'industrie cotonnière de Twenthe, dont les produits fabriqués spécialement pour la plupart en vue de l'exportation des Indes, méritèrent d'attirer l'attention. Ces produits paraît-il sont fort estimés à Java.

Enfin en *Russie*, les nombreuses pièces exposées de calicot teint et d'indiennes, nous montrèrent que ce pays est dans la voie du progrès. La société de Baranoff, à Karabanovo (Vladimir) exposait des mouchoirs teints en rouge d'Andrinople qui ne laissaient rien à désirer. N'oublions pas non plus le *Portugal*, qui nous montra quelques cotonnades destinées moins à sa consommation intérieure qu'à ses colonies d'Afrique. Le Portugal devrait songer un peu à lui-même, car il recevait encore l'année dernière, en partie de l'Angleterre, pour plus de 8 millions de milreis de tissus, et en grande partie d'étoffes de coton. — En dehors de l'Europe nous aurons peu de chose à citer.

L'exposition de l'*Inde* mérite cependant d'être signalée. Les fils de coton exposés par le Comité d'exposition de Chandernagor, les toiles de Guinée de MM. Amalric et Cie de Pondichéry, et les mousselines du Comité d'exposition de Yanaon ne sont pas sans mérite. Ce pays est en voie de devenir une puissance cotonnière, capable d'ici quelques temps de faire concurrence à l'Angleterre elle-même, qui y importait autrefois passablement de cotonnades. En 1861,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

il n'y avait dans toute la contrée que 338,000 broches, et actuellement il y en a 1,231,000 et 11,000 mètres à tisser. Mais le comble du progrès en ce genre est représenté par les *Etats-Unis*, qui nous fournissent à eux seuls les deux tiers des produits bruts nécessaires à la fabrication européenne. Le nombre des broches à filer le coton dans ce pays était :

| | | |
|---|---|---|
| En 1860 | 5,235,667 | broches. |
| — 1870 | 6,621,571 | — |
| — 1875 | 9,539,364 | — |
| — 1876 | 10,054,364 | — |
| — 1877 | 12,000,000 | — |

C'est-à-dire trois fois autant que la France. Il va sans dire que les exportations d'article de coton ont suivi une progression identique.

| | | |
|---|---|---|
| En 1872 | 2,304,330 | dollars. |
| — 1874 | 3,891,332 | — |
| — 1876 | 11,000,000 | — |
| — 1877 | 14,000,000 | — |

En cinq années seulement, les exportations sont donc montées de 2 millions 308,330 dollars à 14 millions de dollars. L'industrie des États-Unis qui n'employait que 1,201,127 balles coton en 1873, en a employé plus de 1,435,418 balles en 1877. On s'explique d'ailleurs ces importations par la qualité des étoffes de coton exposés par ce pays industriel. Les indiennes de MM. S. H. Greene et fils, de River Point (Rhode Island), les batistes de Manville C° à Providence, et les diverses cotonnades des exposants américains en général, peuvent être comparés à tout ce que l'Angleterre produit de mieux en ce genre. Le *Manchester Guardian* nous apprenait d'ailleurs dernièrement que les États-Unis avaient envoyé sur le marché de Liverpool, des tissus de coton pour une valeur de 2,468,179 de dollars : cela ne nous étonne pas.

### 3° Fils et tissus de laine.

La fabrication des fils et tissus de laine tient une très-grande place en France, et, depuis 1867, a certainement marché dans la voie du progrès. Non-seulement l'outillage s'est perfectionné, mais les métiers produisent plus et mieux qu'auparavant. Malheureusement, le progrès a dévié, dans certains cas, de la direction qu'il aurait dû prendre : lorsqu'il s'est agi de faire avec de bonnes laines de belles étoffes, on est arrivé à une fabrication satisfaisante et à des prix de vente relativement modérés, mais on a voulu quand même faire mieux, et l'on s'est un peu tourné du côté de l'*apparence* des tissus; alors, avec la laine dite *renaissance*, avec de mauvaises laines, et grâce surtout à une découverte d'une importance capitale, l'*épaillage chimique*, on est arrivé à produire des étoffes qui flattent l'œil si l'on veut, mais qui ne résistent pas à l'usage. Le consommateur ne sait plus distinguer la plupart du temps entre deux étoffes qui se ressemblent, la meilleure et la plus résistante; il croit acheter bon marché, et en réalité il paie excessivement cher.

Dans l'exposition française, nous avons remarqué de suite *Elbeuf* et *Louviers*, qui sont le centre de la fabrication des draps et des nouveautés. La fabrication en est soignée, les dispositions en sont de bon goût, l'ensemble est satisfaisant. Parmi les meilleurs exposants nous signalerons principalement les maisons Victrice Léon, Frœnkel Blin, Blin et Bloch, Bellest et C^ie^, pour leurs draps noirs,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et MM. Prinvault frères, Legrix père et fils et Maurel, A. Lemonnier, etc., pour leurs nouveautés. L'exposition collective de *Mazamet*, que nous avons vue un peu plus loin, était aussi fort remarquable. La plupart des étoffes exposées étaient faites en laine renaissance, ce qui permet d'arriver à un extrême bon marché, et étaient cependant fort bien soignées. Nous avons remarqué dans cette exhibition une belle série de molletons, article qui a commencé la réputation de Mazamet.

*Lisieux* a exposé surtout des nouveautés et des imprimés à bas prix. Nous citerons en particulier les expositions de MM. Méry Samson, J. Samson et Fleuriot, et Fournet et Duchesne. A *Sedan*, nous avons admiré des velours, des étoffes pour dames et des draps qui n'étaient pas sans mérite. MM. Cunin Gridaine et Christin, Bestèche, Baudoux Chesnon, sont ceux qui méritent avant tout d'être cités. Deux exposants, MM. Bourguignon et Grosieux ont exposé, l'un une étoffe exclusivement fabriquée avec des plumes, l'autre des étoffes pour dames avec mélanges de plumes de paon, qui ne manquaient pas d'originalité. A *Vire*, nous avons surtout remarqué les cuirs-laine de M. P. Pichard.

A *Vienne*, ce sont les nouveautés de MM. J. Burle et Bouvier frères, qui ont le plus attiré notre attention. *Roubaix* et *Reims* font une grande concurrence à Sedan et à Elbeuf; Roubaix surtout compte un grand nombre de commerçants actifs et intelligents, toujours à la piste des découvertes nouvelles. L'outillage lainier de cette dernière ville consiste actuellement en 7 grands établissements de peignage réunissant 381 peigneuses, et 82 filatures de laine peignée formant ensemble 276,000 broches, en 135 fabricants de tissus qui font mouvoir 1,200 mètres à tisser mécaniquement et 15,000 à la main et 50 retordeurs de laine et de coton. Cette ville a un avantage sur beaucoup d'autres, c'est qu'elle sait très-facilement ce qu'on appelle « changer son fusil d'épaule ». C'est ainsi qu'elle a, suivant les moments, abandonné un peu son industrie première et qu'elle fabrique actuellement des mérinos et des mousselines de laine en concurrence avec Reims, le Catteau, Fourmies et Saint-Quentin; des draps en concurrence avec Elbeuf et Sédan; des popelines et des velours en concurrence avec Amiens; des calicots, cretonnes toiles de Vichy en concurrence avec Rouen et Roanne.

Citons encore à *Lodève*, les draps de troupe et les tissus bas prix de MM. Pueche Fournier et Vallot; à *Châteauroux*, les draps et satins d'uniforme pour administrations et les étoffes pour livrées de MM. Balsan el fils. Enfin, à *Orléans*, section spéciale pour la fabrication des couvertures, nous avons MM. Daudier père et fils, Chevalier frères, Michel et Collas qui ont exposé des couvertures unies et de fantaisie. Nous en mentionnerons encore à *Beauvais*, les couvertures de cheval de MM. Communeau et Driard, et à *Amboise*, les couvertures de voyage exposées par MM. Pathault et Leclaire, et nous terminerons la section française en mentionnant les feutres pour la chaussure, la sellerie et l'ameublement que nous montrèrent les maisons Fortus frère, Asf père et C^ie^, et Troty-Latouche qui, bien que constituant un article nouveau, n'en sont pas moins une étoffe d'avenir, si l'on continue à les fabriquer avec le soin et le fini que l'on a admiré à l'Exposition.

Après la France, examinons rapidement les autres pays.

En *Belgique*, la ville qui représenta principalement l'industrie de la laine cardée, c'est Verviers, qui comporte aujourd'hui dans son arrondissement près de 300,000 broches, et qui envoie en Angleterre pour une valeur annuelle de 45 à 50 millions de fils cardés, tout en exportant aussi plus de 30 millions de tissus. L'exposition de Verviers était comprise dans une vaste salle où se dressaient de tous côtés de longues files d'énormes rayons tendus de pièces de draps. Elle était vraiment imposante. C'est surtout vers le bon marché que la fabrique belge a dirigé ses efforts.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Toutes les anciennes maisons qui ont fondé la réputation de Verviers ont exposé. C'est ainsi que nous y avons vu la maison Simonis, où en 1824, le mécanicien anglais Topham établit les premiers foulons en fer, dits bacs anglais à pression; la maison Peltzer et fils, à qui l'on doit l'introduction en Belgique du commerce des laines lavées et qui, en 1835, implanta dans la mère-patrie la fabrication des étoffes, dites *nouveautés*, que J. L. Bonjean venait de créer à Sédan; la maison Biolley frères, la première qui, en 1826, employa la laineuse, dite ballon; la maison Lieutenant qui, en 1848, importait la machine à échardonner qui permit dès lors aux fabricants de se servir des laines de Buenos-Ayres, très-chargées de chardons, etc.

La Belgique a développé la filature du fil cardé tout autant que la fabrication de ses draps, et a réussi à donner à ses produits une perfection qui les fait rechercher partout. C'est ainsi que l'Angleterre qui, à tort ou à raison, a la réputation de dominer dans tous les genres d'industries textiles, a reçu en 1873, 5,583,000 kilogr. de fils cardés venant de Verviers; que l'Allemagne et l'Autriche en ont reçu, en 1874, 2,170,800 kilog., et qu'en totalité, dans l'année 1877, l'arrondissement de Verviers a expédié pour une valeur officielle de 53,234,384 francs de fil de laine cardée. A voir l'exposition verviétoise, on s'aperçut bien vite que l'on avait affaire à des maitres. La fabrication y semblait excellente. Ajoutons que la beauté des nuances, pour les fils teints, n'est pas moins belle, et la grande variété de jaspés, chinés, mouchetés, boutonnés, pointillés, retors, etc., que nous avons admiré dans l'exposition de Verviers nous en a donné la preuve.

Dans la *Grande-Bretagne*, l'exposition était des plus complètes. Nous avons vu d'un côté, la maison Hudson, Sykes et Bousfield, nous exposer une série de draps noir chaine coton à des prix extraordinairement bas, et d'un autre côté, la maison Marling et C^ie^, nous montrer du drap de qualité extra fine valant plus de 30 francs le mètre. On voit donc ainsi côte à côte le bon marché et l'inabordable, le drap du millionnaire et le drap des moins fortunés. En laine comme en coton les progrès de cette puissance ont été des plus rapides. Le nombre des broches à filer la laine des tissus mélangés a progressé de la façon suivante :

| | | |
|---|---|---|
| En 1750 . . . . . | 875,000 | broches. |
| — 1861 . . . . . | 1,281,000 | — |
| — 1871 . . . . . | 1,821,000 | — |
| — 1875 . . . . . | 2,182,000 | — |

Et le nombre de métiers à tisser les tissus mélangés à la mécanique a été :

| | | |
|---|---|---|
| En 1850 . . . . . | 32,617 | mètres. |
| — 1861 . . . . . | 46,848 | — |
| — 1871 . . . . . | 61,659 | — |
| — 1875 . . . . . | 81,647 | — |

La fabrication des draps est concentrée dans la Grande-Bretagne, dans le Yorkshire et dans certaines parties de l'Écosse, ou l'on travaille particulièrement et avec une très-grande habileté la renaissance et la chaîne coton. Parmi les principaux exposants, nous citerons MM. Hargreave et Nusseys, de Leeds; MM. Taylor Littlewood, d'Huddersfield, et MM. Hepworth et C^ie^, de Dewsbury, qui ont exposé de splendides imitations de fourrures, et MM. W. Brown et fils de Galashiels, Watson et fils, Alexander er C^o^, de Hawick, qui ont exposé de magnifiques nouveautés. En *Norwége*, les draps de Norkoping méritaient attention : il y avait là des nouveautés qui tiendraient bien leur place à côté des exposants anglais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'*Autriche* n'exposait que des étoffes de belle qualité. Il est vrai qu'elle a à sa disposition des qualités de laine brute qui ne laissent rien à désirer, mais, on le sait, cela ne suffit pas toujours aux fabricants pour bien faire. On ne saurait trouver mieux, par exemple, que les magnifiques draps aux éclatantes couleurs exposées par M. Moro frères, de Klagenfurth. Les tapis et couvertures de M. J. Guiskey, de Maffersdorf, les étoffes pour dames et les satins noirs et d'uniforme de MM. Samak frères, de Brum et Trenkler, de Reichemberg, étaient aussi très-remarquables. La dernière statistique accuse en Autriche pour le tissage de la cardée 1,906 métiers mécaniques, contre 22,000 à la main, et pour la laine peignée 4,428 mécaniques contre 13,704 à la main.

Le *Portugal* ne brillait pas dans sa draperie. Il y avait là des teintes qui manquaient de fraîcheur et un ensemble n'ayant aucune distinction. Ce pays aurait pu mieux faire. La fabrication des draps est en effet assez bien développée dans le Nord et dans le centre du pays, et le district de Portalegre, à lui seul, possède plus de 1,000 métiers à tisser le drap. En *Espagne*, il y a peu de chose à noter. On y a vu des couvertures à dessins originaux et de couleurs spéciales au pays, mais la fabrication des draps pour vêtements était généralement peu réussie. Nous en excepterons MM. Sat frères et Sola de Barcelone, qui avaient de belles couvertures; MM. Rodriguez frères, de Bajar, dont les draps d'uniforme étaient bien fabriqués et MM. John et Richardson, de Barcelone, qui exposaient des nouveautés à bas prix.

En *Hollande*, les draps de Leyde, d'Utrecht, de Maestricht et notamment de Tilbourg (exposition collective), n'étaient pas mauvais, mais ne pouvaient entrer en concurrence avec les draps des autres contrées. Il y a cependant de grands progrès accomplis depuis la dernière Exposition. En 1860, la Hollande importait d'Angleterre 5 millions et de Belgique 12 millions de draps; aujourd'hui les manufactures de Tilbourg exportent à leur tour les tissus qu'elles fabriquent. La *Suède* n'a exposé que peu de chose, mais ses produits valaient la peine d'être remarqués. Les Compagnies de *Bergsbro*, de *Drag* et de *Stockholm*, exposaient des draps à bon marché très-bien réussis. En *Russie*, le grand industriel bien connu, le baron Stieglitz, nous montra des draps d'uniforme bien fabriqués. Nous avons été moins satisfaits de l'exposition de la Compagnie *Thornton*, très-complète et très-étendue, il est vrai, mais dont les produits ne nous ont pas semblé très-soignés.

Enfin, la *Suisse*, dont l'exposition était très-restreinte, peut encore être citée parmi les contrées qui savent fabriquer les coutils et les draps d'uniforme. Nous citerons particulièrement MM. Ferd. Ernst, du canton de Zurich, et Hefti frère du canton de Glaris. En dehors des contrées européennes, nous n'avons rien vu qui vaille la peine d'être nommé. Nous ferons exception cependant en faveur des colonies anglaises et en particulier du *Canada* et de l'*Australie*, dont l'industrie, encore dans l'enfance, ne peut certainement fournir des produits aussi beaux que ceux de la métropole, mais qui nous ont montré des types qui avaient vraiment un mérite réel.

### 4° Fils et tissus de lin.

La France occupait à l'Exposition, pour ce qui concerne l'industrie linière, un rang des plus honorables, et dans certaines spécialités, elle est arrivé certainement au premier rang. Examinons tout d'abord quelques exposants français:

On sait que la fabrication des fils *secs* a une limite : en règle générale, on ne fabrique guère en étoupes au-dessus du n° 25, et en lin au-dessus du n° 35; ces numéros mêmes sont rarement atteints. L'exposition de M. Agache fils, de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pérenchies (Nord), dépassa en ce genre tout ce qu'on a pu imaginer jusqu'ici. On se rappelle qu'en 1867, ce même industriel avait exposé du 600 mouillé filé mécaniquement, et que ce tour de force lui avait valu sans conteste la médaille d'or sur tous ses concurrents. Aujourd'hui, M. Agache semble surtout s'être appliqué au travail des étoupes et au perfectionnement du filage au sec. C'est ainsi qu'avec des étoupes de bonne qualité, dont on n'obtient qu'avec peine le n° 100 mouillé, il est arrivé au 300 et au 160 mouillé : le premier, grâce à un travail perfectionné sur les peigneuses d'étoupes ; le second en cardé ordinaire. En sec, il exposait du 1 et 20 lin, du 100 étoupe cardée. Ce sont là surtout les côtés les plus saillants de cette exposition modèle, car M. Agache, qui possède un nombre considérable de broches, a pris soin en outre d'encadrer ses produits d'un grand nombre de types très-bien fabriqués de tous les numéros classiques qu'il file couramment.

Non loin de cette vitrine MM. Le Blan frères, de Lille, ont exposé des fils de lin mouillé. Les nos 20, 50 et 70 qui y représentaient les types les plus gros, étaient réguliers et bien unis ; les numéros fins, qui comprenaient les fils entre 100 et 160, nous ont prouvé que, si nos fabricants français étaient suffisamment protégés, ils sauraient livrer à nos tissages nationaux ces fils fins dont nos voisins d'outre-manche inondent constamment nos marchés. Passant de là à l'exposition de MM. Drieux et Decroix, de Lille, nous constatâmes qu'il est difficile de mieux fabriquer les numéros mouillés 40, 55 et 70 que nous y vîmes, et qui représentaient avant tout des genres courants.

M. de Bailliencourt, de Douai, exposait à côté d'eux des fils secs en bas numéros, soigneusement pliés et brossés, mais ne sortant pas du genre classique. Il est impossible d'apprécier, sans les avoir en main, des fils secs, tels que le n° 20 lin par exemple, que la majorité des fabricants voit tous les jours et qui forment le fond de la fabrication française en ce genre. Enfin, l'exposition de M. Mahieu, d'Armentières, se rapprochait beaucoup de celle de MM. Drieux et Decroix. Il avait dans sa vitrine des 25 et 45 mouillé.

Ce furent là les principaux exposants. Passons maintenant aux fils retors.

On sait que la fabrication des fils retors en lin a son siége à Lille, et que les produits qui y sont fabriqués luttent avantageusement avec les fils retors de l'étranger. La régularité est le *désidératum* ordinaire des fils retors en lin, et c'est le défaut d'unité dans le retordage qui, nonobstant leur grande solidité, leur fait souvent préférer par nos ménagères le fil retors en coton.

Les expositions qui nous ont semblé le plus remarquables étaient celles de MM. Philibert Vrau, de Lille, Crespel et Descamps, Scrive et Aug. Descamps, de la même ville. — L'art a sa grande part dans le commerce des fils retors en lin : ceux-ci sont minutieusement enroulés sous forme de pelotes artistiques, entourées d'une bande de papier glacé, et rangés avec symétrie dans une boîte en carton blanc moiré. Celle-ci est en outre recouverte d'une étiquette luxueuse qui est la *marque* du fabricant. Cette marque sert même de point de repère aux acheteurs qui donnent généralement la préférence à celle qui, dans un premier essai, leur a semblé renfermer le meilleur fil. Parfois même la beauté de l'étiquette pèse d'un certain poids dans leur décision. Certaines marques telles que le *Chinois*, le *Petit Tambour*, le *Conscrit*, etc., jouissent d'une réputation universelle.

Mais si l'art est pour quelque chose dans le paquetage particulier des pelotes, il avait aussi sa part dans la disposition proprement dite des vitrines. C'est ainsi que M. Lambin, de Comines, a agencé ses fils colorés de diverses façons, de manière à leur faire représenter une fleur, à laquelle il est vrai, il aurait de la peine à donner un nom botanique. M. Guillemaud, de Seclin, a formé avec de grosses pelotes de fil un édifice que ne renierait pas un architecte, et M. Rogez,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de Lille, a su tirer un tel parti de ses fils en écheveaux, dont les jets de diverses couleurs partent tous d'une pelote centrale pour former une sorte de gerbe multicolore, que, bien qu'il n'ait exposé que des fils retors en très-gros numéros, sa vitrine avait certainement le cachet et le goût qui convient à toute Exposition française.

Les toiles ont fait aussi bonne figure dans notre section nationale. Les toiles grande largeur, dont MM. Wallaert frères, de Lille, ont fait leur spécialité, étaient régulières et bien fabriquées; toutes sont blanchies dans un établissement spécial à Santes, dépendant de la fabrique de Lille : les plus fines auxquelles on avait donné la nuance blanc de lait étaient d'une régularité parfaite. Un grand nombre de fabricants d'Armentières, parmi lesquels nous citerons MM. Emile Cary, Dren et Cie, V. Pouchain, Miellez et Petit, Gille et Decherf, Villard, Castelbon et Vial, nous exposaient les genres de toiles écrues, crêmées et blanches qui forment la spécialité de cette ville. Nous y avons vu des crêmées-cartons en toutes laizes, des rondelettes, des tournants, etc., qui nous furent évidemment indiqués comme les plus beaux types choisis dans une fabrication courante, mais qui ne sortaient guère du classique.

Mais le comble de la perfection dans les tissus de lin est atteint dans le genre damassé et ouvré. Les nappes et les serviettes exposées par MM. Jean Casse et Lemaître-Demeestere, réalisent certainement tout ce qu'on pouvait imaginer de plus beau en ce genre. M. Jean Casse est déjà un lauréat de 1867 : il a tenu à honneur de prouver que, non-seulement sa fabrication n'avait pas dégénéré, mais qu'elle avait encore progressé. Enfin, quelques exposants avaient dans leur vitrine des toiles bleues, ce genre de tissus qui donne lieu dans le Nord au commerce si considérable des *confections* et des *sarraux*. Les nuances en étaient bien réussies. Nous avons trouvé cependant que le teinturier seul en avait tout le mérite, et la généralité des exposants dont nous parlons ne nous ont pas annoncé sur leurs cartes qu'ils possédaient un établissement de teinture.

Après la France, voyons la Belgique où l'industrie linière forme, depuis de longues années, l'une des branches les plus importantes de la production nationale : « Toute Flandre, disait Jacques Artevelle, est fondée sur tisser et draper. » Actuellement en effet, on compte dans ce pays plus de 800,000 broches, soit 500,000 de plus qu'en France, et 50,000 métiers à tisser. On ne comptait en 1867 que 625,000 broches. Les fils exposés par les sociétés anonymes la *Liène*, la *Lys*, la *Ganthoise* de Gand et *Saint-Léonard* de Liége, sont bien droits et réguliers. C'étaient en général des fils de lin mouillé en numéros très-fins, plus fins généralement que ceux que l'on rencontrait dans les vitrines françaises similaires : nous sommes d'avis que les fils français de même numéros les valent et peuvent lutter avantageusement avec eux, nous ne pouvons comparer les numéros plus fins qu'avec les fils anglais dont nous parlerons tout à l'heure.

En toiles, nous avons vu dans la section belge des toiles écrues pour blouses et teinture, et du linge de table damassé à côté de toiles à voiles et de toiles pour sacs et emballage. Nous n'avons pas constaté plus de régularité dans ces tissus que dans ceux des autres nations, mais les prix de revient en sont écrasants pour nos manufactures nationales. L'*Angleterre* n'a pas fait grands frais pour son exposition linière et ce ne furent pas les quelques types de fils des fabriques de Belfast, ni les pièces de tissus exposées par quelques commerçants de Londres qui donnèrent une idée des 1,712,000 broches et de 51,601 métiers à tisser que possède le Royaume-Uni. Les fils en fins numéros l'emportent sur la fabrication belge dans les séries tout à fait élevées, mais ils ne sont pas mieux filés dans les catégories moyennes. Quant aux tissus très-variés et bien choisis, nous n'avons pu qu'en constater la bonne fabrication.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En dehors du lin, nous avions encore le jute dont la *Barow Flaxand Jute Company* (Limited) de Barrow-in-Furness (Lancashire), possédait la plus belle exposition. Nous y avons vu entre autres des étoffes en jute avec dessins imprimés pour tapis et rideaux, d'un extrême bon marché, et dont l'éclat des couleurs et la belle apparence ne pouvaient manquer d'attirer les acheteurs. Plusieurs fabricants, entre autres MM. Bonsor, de Wakefield et Dawson, de Bradfort ont aussi exposé divers échantillons de fils et de tissus china-grass, non pas, comme on pourrait le croire, à titre de curiosité, mais comme type de leur fabrication courante à la main et à la mécanique ; les étoffes qu'ils exposaient avaient un éclat et une blancheur dont les plus beaux tissés de lin n'approchent certainement pas.

Les *Pays-Bas* ont eu une exposition assez vaste. On connaît l'ancienne réputation des toiles de Hollande, qui jouissaient autrefois d'une suprématie incontestée sur toutes les autres. C'est encore là une de ces histoires du temps passé dont les Hollandais n'ont conservé que le souvenir : les « toiles de Hollande » peuvent aujourd'hui dormir dans l'histoire à côté des « velours d'Utrecht » et des « draps de Ségovie » : Il faut dire cependant que les toiles fabriquées à Dordrecht et blanchies dans cette ville et celles des manufactures de Haarlem qui figuraient à l'Exposition, n'étaient pas sans mérite. Ces toiles sont surtout destinées aujourd'hui à être exportées aux colonies de la métropole.

L'*Autriche* a droit à une mention pour ses fils et tissus de lin, surtout dans le genre damassé, fabriqué avant tout à la main. Une récente statistique ne mentionne en effet dans ce pays que 500 métiers mécaniques à tisser le lin et 60,000 à la main. Il y a en outre 320 métiers mécaniques pour le jute. Dans l'exposition d'*Italie*, nous avons remarqué surtout des toiles à voile d'une beauté rare en chanvre du pays, si renommée pour sa finesse, et nous mentionnerons enfin, dans l'exposition de la *Russie*, les toiles à voile exposées par le baron Stiegliz, et quelques beaux linges damassés de l'usine de Tammerfors pour la fabrication desquels les manufactures de Finlande se sont acquis une réputation méritée.

A. Renouard.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# TABLE DES MATIÈRES

de l'article

## ARTS TEXTILES

1re PARTIE : **Les progrés depuis 1867** (pages 1 à 64 du tome III).


| | Pages. |
|---|---|
| PRÉLIMINAIRES . . . . . | 1 |
| I. *La matière première depuis 1867.* . . . . . | 2 |
| La soie. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 | 2 |
| Le coton. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 . . . . . | 11 |
| La laine. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867.. . . . . | 18 |
| Le chanvre. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 . . . . . | 27 |
| Le phormium. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 . . . . . | 35 |
| Le jute. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867 . . . . . | 37 |
| Le lin. Découvertes et recherches diverses faites depuis 1867. . . . . | 39 |
| II. *La fabrication.* — Coup d'œil général. | |
| La filature. . . . . | 45 |
| Le tissage . . . . . | 46 |
| Le peignage. . . . . | 57 |
| La filterie . . . . . | 58 |
| III. *Production et commerce.* | |
| La soie. . . . . | 59 |
| Le coton. . . . . | 60 |
| La laine. . . . . | 62 |
| Le lin et le chanvre . . . . . | 63 |


2me PARTIE : **Les arts textiles en 1878** (1). (Pages 429 à 493 du tome III).


| | Pages. |
|---|---|
| I. *La matière première à l'Exposition.* . . . . . | 429 |
| 1° La soie . . . . . | 429 |
| 2° Le coton . . . . . | 431 |
| 3° La laine. . . . . | 435 |
| 4° Le lin . . . . . | 438 |
| 5° Le chanvre . . . . . | 443 |
| 6° Autres textiles. . . . . | 445 |
| II. *Le matériel des arts textiles.* | |
| I. Matériel de la filature de coton. . . . . | 448 |
| II. Matériel de la filature de laine. . . . . | 454 |
| III. Matériel de la filature de lin, chanvre, jute, etc. . | 457 |
| IV. Machines accessoires de la filature, retorderie . . . | 462 |
| V. Matériel de tissage et d'apprêt . . . . . | 464 |
| 1° Machines préparatoires. | 465 |
| 2° Machines à tisser les étoffes . . . . . | 466 |
| 3° Machines destinées à l'apprêt des tissus . . . | 469 |
| III. *Le produit manufacturé.* . . | 472 |
| HISTORIQUE. . . . . | 472 |
| 1° Fils et tissus de soie . . . | 481 |
| 2° Fils et tissus de coton . . | 483 |
| 3° Fils et tissus de laine. . . | 487 |
| 4° Fils et tissus de lin . . . . | 490 |


(1) Visite à l'Exposition de 1878.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# TABLE DES FIGURES


| Figures. | | Pages. |
|---|---|---|
| 1. | — Capsule de cotonnier montrant le duvet prêt à s'échapper | 11 |
| 2. | — Plant de cotonnier Louisiane blanc | 12 |
| 3. | — Vue du coton au microscope | 13 |
| 4. | — Entrelacement des fibrilles du coton | 13 |
| 5. | — Appareil phrosodynamique pour déterminer la résistance, l'élasticité et la torsion des fils | 15 |
| 6. | — Poil grossi du mouton coupé de manière à montrer sa structure tubulaire | 19 |
| 7. | — Laines vues au microscope | 22 |
| 8. | — Disposition contournée des filaments de laine | 22 |
| 9. | — Autre disposition des filaments de laine | 23 |
| 10. | — Disposition qu'affectent ordinairement les duvets de cachemire | 23 |
| 11. | — Empoutage suivi | 53 |
| 12. | — Envergure des corps | 56 |
| 13. | — Machine à égrener le lin, exposée par M. Legris | 441 |
| 14. | — Carde Plantrou, exposée par M. Delamarre de Rouen | 449 |
| 15. | — Repasseuse-étaleuse Masurel, exposée par M. Walker, de Moulins-Lille | 459 |
| 16. | — Étirage à tête radiale pour chanvre de Manille, exposé par M. Lawson, de Leeds | 461 |
| 17. | — Machine à velouter de MM. Delamarre et Chandelier | 470 |


# TABLE DES PLANCHES


Planches.

I. Fig. 1. Remettage suivi; — fig. 2. Rentrage à pointe; — fig. 3. Remettage à retour; — fig. 4. Remettage sauté; — fig. 5. Remettage en plusieurs corps; — fig. 6. Exemple de réduction appliqué à un tissu brillanté; — fig. 7. Empoutage à retour; — fig. 8. Empoutage à pointe; — fig. 9. Empoutage à plusieurs corps; — fig. 10. Empoutage sur deux corps dont l'un est interrompu; — fig. 11. Empoutage combiné sur plusieurs corps; — fig. 12. Colletage.

II. Fig. 1. Machine à décortiquer la ramie, exposée par MM. Laberie et Berthet, de Gueures; — fig. 2. Chariot métallique du métier renvideur à filer la laine, exposé par MM. Pierrard-Parpaite, de Reims; — fig. 3. Appareil brise-mariage de MM. Dauphinot, Martin et Desquilbet, de Reims; — fig. 4. Encolleuse par ventilation et rayonnement de MM. Tulpin, de Rouen; — fig. 5. Machine de M. Imbs, à nettoyer les fils retors; — fig. 6. Appareil exposé par M. Mousserau pour mesurer la longueur des fils.

III. Fig. 1. Métier Jacquard du système Grange; — fig. 2. Fileuse Ryo-Catteau; — fig. 3. Machine à fouler les draps, de M. Desplas, d'Elbœuf.


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# LES TISSUS RÉTICULAIRES

PAR

M. ALFRED, RENOUARD, FILS

Président du Comité de filature et tissage de la Société industrielle du Nord.

---

On comprend sous le nom de *tissus réticulaires* (du latin *reticulum*, petit filet) toutes les étoffes à mailles, celles dont la constitution se rapproche plus ou moins de celle d'un réseau.

A l'Exposition, ces tissus comprennent les dentelles, les tulles, les broderies, les tricots, les passementeries, les filets, les franges, les épinglés, etc.

## I. — LES DENTELLES.

Ce qui caractérise spécialement le genre *dentelle*, c'est l'enchevêtrement spécial des mailles entre elles terminé par une torsion entre les fils de rencontre. Ce nom lui vient de l'effet *dentelé* que présente le *picot* qui garnit le bas de la dentelle.

Une fois les fils *a b c* arrivés au coin d'une maille, ils sont aussitôt tordus une ou plusieurs fois l'un sur l'autre, les mailles ne peuvent dès lors être sujettes à glisser et sont arrêtées très-solidement. Ce mode d'enchevêtrement, est cause de la durée et de la résistance de ces tissus au lessivage.

Les dentelles n'exigent aucun matériel et constituent pour ainsi dire une sorte d'industrie de ménage qui n'est centralisée nulle part. On les distingue en *dentelles au point* et *dentelles au fuseau*. Les dentelles au point sont celles qui se font simplement avec une aiguille qui se pose dans la main. Les dentelles au fuseau se font sur de petits métiers ou *carreaux*, que les ouvrières tiennent sur leurs genoux, et à l'aide d'une grande quantité de petites bobines ou *fuseaux* qu'elles manœuvrent à la main en les dirigeant à volonté d'un côté ou de l'autre : de longues aiguilles, piquées sur le carreau, servent à retenir les fils qui s'échappent des fuseaux et à tracer les contours de la dentelle.

Nous allons retracer en quelques mots l'histoire de la dentelle, qui est généralement peu connue, nous guidant en cela sur les travaux déjà faits à ce sujet par un homme des plus compétents, M. F. Aubry.

Disons tout d'abord qu'il est fort probable que l'industrie de la dentelle était connue des Romains. Dans l'*Encyclopédie* de 1785, Roland de la Platière dit en effet : « La dentelle remonte sans doute à une haute antiquité. On peut augurer que les peuples qui excellaient dans la broderie, les Phrygiens, connaissaient la dentelle dont l'origine semble se confondre avec elle. Les dentelles à l'aiguille auront sûrement précédé les dentelles au fuseau ». Ces quelques lignes nous montrent déjà que nous devons avoir affaire à une industrie fort ancienne.

En France, les dentelles sont connues depuis longtemps. Les chroniques



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du temps nous apprennent que, sous Charles V (1364-1380) on portait des dentelles. Nous savons aussi qu'en 1476, Charles le Téméraire perdit ses dentelles à la bataille de Granson. En 1542, la fabrication en devint tellement étendue, qu'on songea à en tirer profit pour le trésor, et on les frappa d'un droit de douane à la sortie comme à l'entrée. A une époque, les dentelles furent tellement goûtées qu'on finit par en abuser : non-seulement en effet le clergé s'en servait, comme toujours, dans les cérémonies de l'Église, mais les nobles et les dames de la cour finirent par en garnir leurs manchettes et leurs bottes, ainsi que leurs carrosses et leurs chevaux. Lorsqu'on arriva à en garnir les linceuls, le code Michaud (1629) en prohiba la vente. Et comme, malgré la loi, il s'en portait encore, une déclaration du roi, du 30 mars 1635, en confirma la prohibition. Les fabricants réclamèrent et, en novembre 1639, une nouvelle déclaration toléra les dentelles mais en limita l'emploi.

Dès le principe ce qu'on appelle *dentelle* ne fut tout bonnement qu'une grossière passementerie blanche en fil de lin, une sorte de tricot fin. Plus tard, on en vint à faire le *passement*, c'est-à-dire une sorte de toile découpée, à fortes nervures, pour garnir les étoffes d'ameublement et les ornements d'église. Du passement on arriva à la *guipure*, en employant du fil plus fin et en donnant à l'étoffe plus de jour. On connaissait alors, avant Colbert, plus de dix sortes de dentelles, parmi lesquelles on peut citer le *point*, la *bisette*, la *gueuse*, la *mignonnette*, la *campane*, le *point de champ*, la *valenciennes*, la *malines*, etc.

A partir de Colbert, l'industrie dentelière se développa d'une façon très-rapide. Ce ministre, en effet, chargea une dame Gilbert, d'Alençon, qui savait faire le *point de Venise*, alors fort à la mode, de monter plusieurs manufactures de points à Alençon, à Auxerre et à Argentan. Savary rapporte qu'elle monta aussi une fabrique de point de France à Paris, dans le château de Madrid, au bois de Boulogne. Ce furent trente ouvrières de Venise qui commencèrent la fabrication. Les premiers échantillons furent présentés par Colbert lui-même à Louis XIV lequel, pour témoigner sa satisfaction à la dame Gilbert, lui fit remettre une forte somme. A partir de cette époque, le point de Venise devint le *point de France* et cette innovation fit la fortune d'Alençon.

Bientôt, en effet, les fabriques créées par la dame Gilbert ne purent suffire aux commandes, et celle-ci enrola des ouvrières du pays pour y suppléer. Ces ouvrières ne firent d'abord que du mauvais travail, mais leur maîtresse leur ayant distribué à chacune une besogne facile pour arriver par la division à un ensemble plus compliqué, elles changèrent petit à petit le point de France et créèrent un genre à elles qui devint le *point d'Alençon*. Argentan, de son côté, prospérait de même et créait la *bride d'Argentan*.

Le succès de ces deux villes excita l'émulation des Flandres. Les villes flamandes s'empressèrent d'organiser dans les couvents des associations d'ouvrières dentelières et, pour en accaparer le monopole, on prononça la confiscation contre toute personne qui embaucherait des dentelières (édit de Bruxelles du 20 décembre 1698).

Bientôt après cependant, malgré ces lois restrictives, l'industrie dentelière était étendue par toute la France. Aux environs de Paris, on fabriquait des dentelles à Chantilly, à Sarcelles, à Villers-le-Bel, à Gisors, etc. Dans les Ardennes le *point de Sedan* prenait du renom et Charleville occupait un grand nombre de dentelières. On en faisait aussi un grand commerce à Aurillac et à Murat et le *point d'Aurillac* était réputé par sa solidité. Lyon avait la spécialité des dentelles d'or ou d'argent, en fin ou en faux rehaussées de perles et d'autres ornements. On connaît la renommée des dentelles d'Eu et la réputation de ce réseau mince, à losanges, appelé *point de Dieppe*. Mais c'est surtout la ville de Valenciennes qui l'emportait sur toutes les autres par la beauté et le fini de son

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

travail, à tel point qu'elle arriva à donner son nom à un genre spécial qui fut longtemps prisé.

La Normandie finit par accaparer presque à elle seule le commerce des dentelles. Ce fut elle qui inaugura la dentelle en soie plate, dite *blonde*, ainsi nommée parce que tout d'abord on la fabriquait avec de la soie nankin. Elle fabriquait aussi les dentelles blanches en fil de lin à réseau simple, dites *points de Bruxelles*, et les fonds doubles désignés sous le nom de *points de champ*.

De 1790 à 1801, il faut signaler dans la fabrication des dentelles une certaine décadence, due en grande partie aux événements politiques. La dentelle n'était pas alors, comme elle est aujourd'hui, accessible même aux petites bourses : elle était avant tout un objet de luxe porté principalement par la noblesse et le clergé. Ces deux castes ayant eu à souffrir de la révolution, l'industrie dentelière, dont ils étaient les principaux clients, éprouva naturellement un certain contre-coup. Toutes les manufactures, sises dans les villes que nous avons précédemment nommées, disparurent en partie, et la Belgique en particulier hérita de l'habileté proverbiale des ouvrières de Valenciennes qui s'y réfugièrent en grand nombre.

En 1801, M. Dieudonné, préfet du Nord, fit de louables efforts pour relever cette industrie dans les Flandres, mais les essais qu'il fit restèrent stériles. Ce ne fut seulement qu'après les victoires remportées par nos armées que le goût du luxe reprit le dessus et partant l'industrie dentelière. Il y eut alors une transformation notable dans le commerce de la dentelle : les ouvrières ne pouvant se réunir ensemble, ni dans les couvents, ni dans les manufactures de l'État, travaillèrent à domicile, et pour la première fois on fabriqua des articles à bas prix particulièrement dans les villes de Caen, Bayeux, Mirecourt, le Puy et Arras.

Quelque temps après, la Belgique devint une province française et Napoléon Ier se fit couronner empereur. Le premier de ces événements attacha à la France un pays qui s'était fait une renommée dans l'industrie des dentelles, le second développa dans le reste du pays le goût des produits de grand luxe. La demande fut si grande que le mode de production s'en ressentit. Les anciens dessins de dentelles furent trouvés trop ouvragés, on les remplaça par des genres plus clairs, d'un goût et d'un style plus légers, et l'on inventa la dentelle *application* : ce dernier genre permit de disséminer le travail en un grand nombre d'ouvrières pour en réunir ensuite les différents éléments en un seul bloc. C'est à cette époque qu'on inaugura ce qu'on appelle *les dessins de l'Empire* : à lignes droites, à vase de fleurs, etc., et Napoléon Ier, à l'exemple des rois qui avaient autrefois favorisé ces industries, voulut bien encourager, par de nombreuses commandes personnelles, les fabriques d'Alençon et de Bruxelles. L'exemple du souverain mit rapidement ces produits en vogue.

Une seule fabrique cependant résista à ces avances, ce fut celle de Valenciennes. Les principales dentelières de ce pays avaient élu domicile à Bruxelles et celles qui restaient s'étaient rejetés sur d'autres métiers qui leur semblaient plus lucratifs. Ce fut en vain qu'un atelier fut monté par ordre de l'empereur, à l'hospice général, aux frais du gouvernement : le succès ne répondit pas à ces efforts. Chantilly vint bientôt prendre la place de l'antique cité flamande.

De 1813 à 1830, l'industrie des dentelles resta stationnaire. La cause en doit être attribuée beaucoup moins aux événements politiques d'alors qu'à une invention nouvelle qui aurait pu complètement bouleverser ce commerce domestique, nous voulons parler de la fabrication du canevas à la mécanique. Comme on appelait alors *point de tulle* la dentelle aux fuseaux à réseau clair, on donna à ce nouveau produit le nom de *tulle*. Ce fut un fabricant anglais de Notthingham qui nous valut cette concurrence.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La Grande Bretagne ne nous envoya d'abord que des tulles grossiers et en particulier ceux désignés sous le nom de *meklin* (malines) et de *tulle-bobin* (dentelle à bobines). Ce fut ce qui sauva l'industrie de la *vraie dentelle*, comme on l'appelait alors. En 1818, Calais se mit à imiter l'Angleterre. Pour un moment, on crut que la dentelle avait vécu : la rapidité avec laquelle on fabriqua le tulle, son bon marché extrême, défiaient largement toute concurrence, et c'était en vain que les commerçants français essayaient de vendre sciemment leurs produits à perte, ils étaient partout repoussés. Qui le croirait ? ce furent les Etats-Unis d'Amérique qui détournèrent tout péril. Les premières offres qui furent faites dans ce pays par la France furent acceptées, et quand l'Angleterre, toujours pratique, vit qu'elle pourrait tirer profit du commerce des anciennes dentelles, elle les acheta largement à la France pour les revendre à son ancienne colonie.

Cette nouvelle phase du commerce de la dentelle suscita une concurrence extrême entre l'industrie domestique et l'industrie manufacturière. Un grand nombre de fabricants abandonnèrent la dentelle pour fabriquer le tulle, d'autres au contraire préférèrent reprendre la dentelle en laissant là le tulle qu'ils avaient essayé de fabriquer. Il en résulta une telle abondance de ce dernier produit qu'il fut complètement déprécié, la dentelle au contraire restait toujours dans des prix élevés. Bientôt résulta naturellement ce classement qui existe encore aujourd'hui et qui a fait de l'un un produit de grand luxe à l'usage seulement des classes aisées, de l'autre un produit plus commun recherché avant tout par le peuple et la petite bourgeoisie.

A partir de ce moment la fabrication proprement dite des dentelles fut conservée en France alors qu'elle disparaissait en grande partie au dehors, à l'exception toutefois de la Belgique, et qu'elle était remplacée par la dentelle mécanique. Aujourd'hui la vraie dentelle est sujette avant tout aux variations de la mode; ses dessins changent forcément à chaque instant et la consommation s'en agrandit toujours. Comme elle est avant tout un produit de goût, il est plus que probable qu'elle restera longtemps une spécialité française.

**Dentelle au point.** — Aujourd'hui presque toutes les dentelles sont exclusivement faites au fuseau; une seule, la *dentelle d'Alençon*, est faite au point. On n'y emploie comme instrument qu'une aiguille et une petite pince, elle est entièrement fabriquée en fil de lin et emploie du crin de cheval blanc pour l'entourage des jours. C'est naturellement la plus chère de toutes les dentelles.

Nous avons suffisamment retracé plus haut les diverses variations par lesquelles est passée la fabrication des dentelles d'Alençon, ancien point de France, dérivé du point de Venise, sans avoir besoin d'y revenir. Disons seulement que, bien que très-ancienne, cette industrie menaça pour un instant de péricliter, à cause de la concurrence que lui faisaient les dentelles au fuseau. Elle fut remise en vigueur en 1836 par M. le baron Mercier qui, pour obtenir plus économiquement le point de *bride*, avait imaginé d'employer le tulle bobin; mais ce ne fut vraiment en 1840 qu'elle se releva, grâce aux efforts persévérants de MM. Videcoq et Simon. En 1855, le point à l'aiguille d'Alençon fut importé à Bayeux par M. Lefébure qui l'a modifié en introduisant dans les motifs du dessin des effets ombrés, relevés de profondes nervures, qui en font un genre tout spécial.

Il y avait à l'Exposition de 1878, de splendides échantillons de dentelles en point d'Alençon. Nous citerons en particulier, dans la vitrine de MM. Verdé Delisle et C^ie^ de Paris, la reproduction exacte d'un réseau de brides bouclées ayant appartenu à la marquise de Pompadour vers 1730 et tout à côté un éventail de toute beauté; chez MM. Lefébure frères, de Paris, une robe tout

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

entière faite en point d'Alençon et point Colbert, et aussi chez MM. Tissier. Bourrely et Cie de Paris, une robe en velours de soie rouge complétement recouverte de point d'Alençon; non loin de là encore, dans la même vitrine, un magnifique mouchoir de même contexture.

**Dentelles au fuseau.** — Nous avons dit plus haut ce qu'on doit entendre par dentelles au fuseau. Ce nom appelle quelques définitions. On désigne sous le nom de *picot* l'endroit d'entrelacement autour d'une épingle sur le carreau des fils de deux mailles consécutives, *toilé* l'entrelacement simple et ténu qui constitue le fond, *talon* le bord de la dentelle formé par le croisement irrégulier de deux fils de fond autour des fils des lisières, enfin *fils d'entourage* ceux qui circonscrivent les motifs des dessins du réseau.

Nous nous proposons d'examiner rapidement les produits des diverses nations qui se livrent au commerce et à la fabrication de la dentelle. Nous commencerons naturellement par la France.

Chez nous, les principaux centres de fabrication, pour la dentelle au fuseau sont : 1° Le Puy. pour les dentelles d'Auvergne; 2° Mirecourt, pour les dentelles de Lorraine; 3° Bayeux, pour les dentelles de Normandie.

Les matières premières de ces produits sont les cotons de Lille et d'Angleterre, la soie de Lyon, la laine d'Amiens et d'Angleterre. Ces matières n'entrent dans la valeur du produit que pour une faible proportion, 5 à 10 % au plus. Environ 200,000 femmes et jeunes filles travaillent à la dentelle en France. Leur salaire est en moyenne de 1 fr. à 1f,50 par journée de 10 heures de travail.

Les dentelles françaises s'expédient aux Etats-Unis, au Brésil, en Allemagne, en Italie, en Angleterre, en Russie, en Orient et aux Indes anglaises. Paris est le principal centre de consommation ou de commerce.

**Dentelles d'Auvergne ou du Puy.** — C'est là sans contredit le pays de la dentelle par excellence : plus de 100,000 ouvrières répandues dans les montagnes du pays, vivent de cette industrie, laquelle comprend quatre départements : la Loire, le Cantal, le Puy-de-Dome et la Haute-Loire principalement. En 1820, on ne fabriquait dans ce pays que des dentelles extrêmements grossières qui toutes avaient des dénominations empruntant un caractère religieux, ainsi il y avait les *chapelets*, les *pater*, les *ave*, etc. Aujourd'hui, la fabrique du Puy fait tous les genres, mais particulièrement les variétés ordinaires et communes, soit blanches, soit noires. Ces dentelles sont de soie, de lin ou de laine. Les genres fins, qu'elle réussit moins bien parce qu'ils ne sont pas de sa spécialité, sont cependant très-recherchés à cause de leur bon marché relatif. Ajoutons qu'elle tâche de maintenir son ancienne réputation par la variété continuelle de sa fabrication et en se prêtant aux exigences de la mode. Elle s'est surtout particulièrement attachée aux dentelles de fil blanc, fond doubles et fonds clairs, et aux dentelles de soie noire. Parmi les principaux exposants en ce genre nous pouvons citer MM. Guichard, du Puy (Haute-Saône), Gonteyron-Beigner de la même ville, Alamagne et Oriol, de Saint-Chamond, Verdé-Delisle, de Paris (compagnie des Indes), et l'exposition collective des fabricants de dentelles du département de la Haute-Loire.

**Dentelles de Lorraine ou de Mirecourt.** — Les environs de Mirecourt (Vosges) et quelques localités du département de la Meurthe constituent le centre de fabrication de ces produits. On se rappelle que, dans notre historique, nous avons parlé du *passement*, sorte de dentelle grossière qui autrefois se fabriquait beaucoup en France. C'est par là qu'a commencé Mirecourt, et l'on désigne encore

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le pays la dentelle par le mot patois *peussemot*, et celui qui achète par celui de *peussemotier*. Ce fut M. Aubry-Febvrel qui contribua le plus, vers le commencement de ce siècle, à transformer la fabrication et à introduire à Mirecourt un travail similaire à celui qui se faisait alors à Lille et connu sous le nom de *point de Flandre*. Des dessinateurs qu'on fit venir à grands frais de la Suisse contribuèrent alors beaucoup à la vogue qu'eurent les nouvelles dentelles. Aujourd'hui, Mirecourt a la spécialité des dentelles blanches en coton, à dessins compliqués, et des fleurs de dentelles appliquées sur tulle uni. Les dessins en sont extrêmement variés et les produits se vendent à un assez bas prix. Elle fait aussi depuis 1870 des *dentelles de laine* (mohair) qui paraissent très-fines et se vendent très-bon marché; elle commence à faire une spécialité de ces dentelles, et l'Angleterre, malgré des essais sans nombre, n'a pu encore parvenir à l'imiter.

La seule vitrine en ce genre qui mérite d'être citée est celle de M. Bonnechaux, de Lunéville (Meurthe et Moselle), qui a exposé des dentelles appliquées et fantaisies vraiment remarquables.

**Dentelles de Normandie ou de Bayeux.** — On désigne sous ce nom les dentelles qui se fabriquent soit à Chantilly, soit à Caen, soit à Bayeux, et qui se composent généralement de grandes pièces, telles que châles, robes, etc., confectionnées au moyen de bandes ou de morceaux réunis à l'aide du *point* dit de *raccroc*. Ces produits sont toujours vendus extrêmement chers, les plus fins se font à Bayeux. Le point de raccroc est un ingénieux procédé inventé par une ouvrière du nom de Cahanet qui, non-seulement permet de réunir des morceaux sur une grande pièce d'une façon imperceptible même pour l'œil du fabricant, mais encore amène à réduire le prix déjà très-élevé de ces dentelles en employant à leur confection un nombre illimité d'ouvrières.

C'est à Catherine d'Orléans, duchesse de Longueville, paraît-il, que la ville de *Chantilly* serait redevable de l'industrie dentelière. Celle-ci en effet fit venir en son château d'Etrepagny, au commencement du XIII[e] siècle, des ouvrières de Dieppe et du Havre auxquelles elle fit confectionner des dentelles et dota ainsi le pays d'une fabrication lucrative. On y fit tout d'abord les articles étroits et ordinaires, puis ensuite la guipure et les dentelles de fil blanc et de soie noire. En 1805, suivant les exigences de la mode, on confectionna des blondes blanches en bande et des dentelles noires. Ce fut en 1835 que la dentelle noire reprit faveur et que les ouvrières s'occupèrent surtout de faire des fonds de champ noirs d'abord, puis ensuite des fonds clairs, dits d'Alençon, et qu'elles fabriquent supérieurement aujourd'hui.

*Caen*, de son côté, ne fit d'abord que des dentelles blanches et surtout des dentelles noires en fil de lin; elle faisait en même temps, concurremment avec celles-ci, des blondes en soie appelées *nankins*, du nom de la couleur du textile qui servait à les fabriquer, qui eurent longtemps une immense vogue. A partir de 1830, ce fut la dentelle en soie noire qui l'emporta, et ce genre, ayant complétement réussi, les ouvrières s'y adonnèrent uniformément.

Enfin, à *Bayeux*, la fabrication des dentelles date de 1750, époque où un sieur Clément installa la première maison de commerce en ce genre. Il trouva des ouvrières dans la ville même, car, depuis longtemps, on faisait des dentelles dans les couvents et les écoles dirigées par les religieuses dites de la Providence. Il ne s'y fit tout d'abord que des dentelles en fil de lin, dites points de tulle et appelées encore *blondes de fil*; puis on y travailla de grands morceaux en fil blanc. Ce fut madame Carpentier qui, en 1827, fit faire la première à Bayeux des blondes de soie pour la consommation française. En 1831, M. Lefébure y introduisit la fabrication des blondes mates pour l'exportation. Ce fut à Bayeux que fut inventé le point de raccroc dont nous avons parlé tout à l'heure, mais

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ce ne fut qu'en 1833 qu'on le perfectionna et qu'il devint ce qu'il est actuellement.

A l'Exposition, nous avons surtout remarqué dans la vitrine de MM. Pagny et Cie de Paris, un splendide échantillon de dentelle noire de Bayeux représentant un paon sur des ruines, chez MM. Robert, frères, de Courseuille-sur-mer (Calvados), des châles, éventails, bandes et ombrelles en dentelle noire du plus beau travail, enfin, dans l'exposition de la *compagnie franco-belge*, un splendide châle en dentelle de Caen. Nous ne quitterons pas la section française sans signaler des produits spéciaux du plus grand mérite que l'on ne rencontre guère que par occasion dans le commerce. Nous signalerons principalement une barbe en bride d'Argentan, exécutée par MM. Pagny et Cie de Paris, sur les dessins et plaques ayant déjà servi pour la fabrication de la barbe portée par la reine Marie-Antoinette le jour de son mariage; une bande de dentelle Louis XIV entièrement faite à l'aiguille et une bande en dentelle de Venise exécutée pour la première fois entièrement au fuseau, exposées par MM. Warré et fils de Paris, une parure et une cravate en point de Venise, dues à MM. Bancquart et Cie de Paris; enfin, une bande en véritable point d'Argentan, exécutée par MM. Lebéfure frères.

— Après avoir étudié les dentelles françaises, examinons rapidement les dentelles de la Belgique. Il y avait autrefois dans ce pays quatre points bien différents : 1° Dentelles de Malines en fil de lin; 2° Dentelles de Grammont, en fil de coton ou de soie; 3° Dentelles de Bruxelles (applications); 4° Dentelles dites *valenciennes*. Aujourd'hui les trois derniers genres seuls existent encore. La dentelle de Malines, appelée encore *malines* brodée, à cause du fil plat qui entourait le mat des fleurs, et qui se fabriquait à Anvers, Malines, Louvain et environs est complétement disparue.

**Dentelles de Grammont.** — Cette fabrication est concentrée dans les villes d'Enghien et de Grammont. Elle comportait autrefois tous les genres de dentelles blanches en fil, fond clair et fond double, commune et à bas prix; elle s'est aujourd'hui tournée du côté des dentelles noires en bandes et en grandes pièces ou morceaux. La dentelle qu'elle produit est une sorte de dentelle noire de Chantilly à réseau moins serré, dans laquelle on a soin, par des combinaisons spéciales, de tourner et même de supprimer toutes les difficultés du travail qu'exigent les dentelles françaises.

Aujourd'hui, la fabrique à laquelle elle fait surtout concurrence est celle de Bayeux. Un connaisseur sait facilement en faire la différence : la dentelle de Bayeux est fine, légère, compliquée; la dentelle de Grammont n'est qu'apparente. Mais comment veut-on parfois qu'un consommateur qui y voit le même dessin (car, dans ce pays de contrefaçon, l'un s'ingénue toujours à copier l'autre) et une matière seulement un peu moins belle, ne préfère pas la dentelle sur laquelle il lui est fait une différence de prix sensible; n'y aurait-il que la différence des frais de dessinateur, que déjà cette condition militerait en faveur de la dentelle belge. A l'Exposition, les meilleures vitrines en ce genre sont celles de MM. de Groothe-Vierendeel, J. Everaert et Robyn Stocquart tous trois de Grammont.

**Dentelles dites valenciennes.** — Les centres principaux de production de la dentelle dite valenciennes, sont les villes d'Ypres, Bruges, Gand, Courtrai, Alost, Menin, etc. Nous avons retracé dans notre historique comment la fabrication de la dentelle fut exportée de Valenciennes en Belgique au XVIIe siècle, et en premier lieu dans la ville d'Ypres. Le genre qui fut alors importé n'est plus aujourd'hui le même qu'à cette époque. La dentelle se composait alors de mailles serrées avec de larges toilés lourds et épais et de maigres petites fleurs. Ce fut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un fabricant d'Ypres, M. Duhayon-Brunfant qui, en 1833, changea complétement cette fabrication.

Aujourd'hui, la valenciennes comporte une grande maille élargie et des dessins très-clairs. Cependant, tous les centres de fabrication ont un genre spécial à chacun d'eux qui est dû au nombre varié de conversion des fuseaux : ainsi à Bruges, on trouve les fuseaux deux fois, à Gand deux fois et demi, à Courtrai trois fois et demi, à Ypres quatre fois, à Alost cinq fois. Maintenant qu'on ne fabrique pour ainsi dire plus de dentelle à Alost, c'est la valenciennes d'Ypres, dite à *point carré*, qui est la plus estimée. Aujourd'hui la France, qui ne connaissait autrefois les dentelles d'Ypres que sous le nom de « fausses valenciennes » est la meilleure cliente de cette ville. Les principaux exposants en ce genre sont MM. Vandezande-Gœmaere de Courtrai, R. Begerem d'Ypres et Guequier-Gleesener de Gand.

**Point de Bruxelles.** – C'est cette dentelle qu'on nomme encore *application de Bruxelles* et plus improprement *point* ou *application d'Angleterre* d'après une erreur généralement accréditée et propagée à dessein par les Anglais, d'après laquelle on croit que les dentelles sur réseau les plus riches, qui se vendent à Bruxelles viennent de l'Angleterre : elle est la plus ancienne de la Belgique.

Pour fabriquer le point de Bruxelles, on formait autrefois de petites bandes de trois centimètres de largeur, qu'on réunissait ensemble au moyen du point de raccroc et sur lesquelles on appliquait des fleurs de dentelle. Aujourd'hui, on fabrique à Bruxelles deux genres bien distincts : 1° Le point à l'aiguille gazé, dit point de Venise ; 2° les fleurs appliquées sur tulles. Ces deux genres figuraient à l'Exposition, particulièrement chez MM. Verdé-Delisle et Cie de Bruxelles Ve A. Calvet de Saint-Gilles et Recteur de Bruxelles.

**Dentelles d'Angleterre.** — C'est en 1367 que des réfugiés flamands s'établirent à Cranfield et importèrent ainsi l'industrie dentelière en Angleterre. Dès que ce gouvernement vit qu'il avait quelques chances d'introduire chez lui ce nouveau genre de fabrication, il commença par le protéger à outrance comme il le faisait à cette époque pour la majorité de ses industries. Peuchet rapporte qu'en 1463, sous Edouard IV, on confiscait toutes les dentelles importées et on condamnait les détenteurs à une amende de 150 livres. Savary dit aussi qu'en 1706, sous le règne de la reine Anne, les dentelles de France, qui étaient le plus à craindre, continuèrent à êtres prohibées, mais que les dentelles étrangères purent entrer en payant un droit d'entrée qui représentait 63 % de la valeur. Ce ne fut qu'au commencement de notre siècle que toutes ces prohibitions furent levées, alors que la fabrication en était bien établie dans les comtés de Buckingham, Northampton et d'Oxford.

A cette époque, la fabrication de la dentelle était extrêmement importante. Dans son *Dictionnaire du commerce*, imprimé en langue anglaise, Mac-Culloch parle d'une pétition adressée en 1830 à la reine Victoria dans laquelle on disait que le nombre des personnes qui s'occupaient de cette industrie était de 120,000.

Aujourd'hui, ces beaux jours sont passés. L'industrie dentelière ne vivait en Angleterre que sous le couvert de la prohibition, mais dès que le goût français put entrer en concurrence avec le goût britannique, celui-ci ne fut pas longtemps à lui céder la place. Parmi les expositions les plus remarquables nous devons citer cependant celle de MM. Howell James et Cie de Londres, qui nous montraient une garniture de dentelle anglaise fabriquée en Devonshire et généralement connue sous le nom de « dentelle Honiton ». Cette garniture se compose d'un large volant-garniture, d'un mouchoir et d'un éventail, le dessin en est fait d'après le plan d'un genre de dentelle flamande du XVIIIe siècle, le fond

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ressemble au point d'Argentan alternant avec la malines, tandis que la bordure est presque toute droite, mais variée avec une quantité de détails s'étendant sans répétition à peu près sur une longueur d'un mètre. Les trophées de cette vitrine représentaient la Musique, la Poésie et la Peinture arrangées en médaillons de diverses proportions. Dans l'exposition très-complète de la *duchesse de Malborough*, nous avons aussi remarqué des lapets de dentelle faits par les demoiselles de la « Youghal convent school » (comté de Cork), ainsi qu'un éventail monté en dentelle point irlandais et un autre éventail non monté, imitation du point de Bruxelles. N'oublions pas de signaler non plus, dans la vitrine de *lady de Rotschild* divers genres de dentelles du Buckinghamshire faites à la main, échantillons d'un renouvellement récent de l'industrie locale aux environs de Aylesbury, encouragé par l'exposante et autres dames de la contrée.

**Autres dentelles.** — Nous venons de passer en revue les principaux pays qui s'adonnent à la fabrication de la dentelle; il nous reste peu de chose à dire sur ceux qui restent. Autrefois, cette industrie avait en *Suisse* une certaine importance. Elle était alors concentrée dans le val de Travers. Ce fut la concurrence de la fabrique de Mirecourt qui l'a fait à peu près disparaître. Aujourd'hui, la Suisse s'est tournée du côté de la broderie où nous la retrouverons tout à l'heure. Nous dirons la même chose de l'*Italie*, qui rendit autrefois si célèbre son point de Venise fait à la main, et que la fabrique d'Alençon a entièrement supplantée. L'exposition nous montre toutefois qu'elle essaie de reprendre le dessus; nous citerons entre autres produits, sinon remarquables, du moins témoignant d'efforts assidus, les dentelles en fil et en soie faites dans l'école établie par la Chambre de commerce d'Avellino, dans l'orphelinat provincial par les jeunes filles de la ville, celles exécutées dans l'orphelinat de jeunes filles de Milan, et aussi les dentelles au fuseau exposées par l'école des dentelles de Burano et par la Société vénitienne pour la fabrication des dentelles de Venise et de Palestine. Le nom de ces institutions prouve clairement que l'Italie n'a pas encore abandonné la partie dans la joute industrielle qu'elle soutient contre la France.

L'*Espagne*, autrefois célèbre pour la fabrication de ses blondes de soie, a une exposition de dentelles insignifiante. Le *Portugal* nous montre seulement quelques dentelles à fond clair, dites de Peniche, exposées par la commission centrale de Lisbonne, qui feraient certainement bien maigre figure à côté des produits belges et français. Enfin, le *Danemark* a toujours fabriqué beaucoup de dentelles. Ce pays doit cette industrie à des moines qui, au XVI^e^ siècle, émigrèrent de Belgique dans le Schleswig. Il s'y créa plus tard des écoles spéciales dont le gouvernement confia la direction à des ouvrières qu'il fit venir de Brabant. A partir de cette époque, la fabrication fit de grands progrès : les ouvrières belges, qui ne savaient faire que le point de Malines, enseignèrent à le fabriquer, et il s'en suivit une sorte de mixture de l'ancienne dentelle danoise, sorte de tricot fin mélangé d'ornements, avec la dentelle belge. Peuchet estime qu'en 1772, il s'expédiait du Danemark pour plus de 100,000 rixdales de dentelles.

Actuellement, les dentelles exposées par le Danemark ont encore beaucoup de ressemblance avec le point de Malines, on les vend très-bon marché; leur qualité n'est certainement pas mauvaise, mais le goût des dessins manque, et dans une fabrication comme celle des dentelles, le travail, quelque bien fait qu'il soit, ne peut jamais y suppléer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## II. — LES TULLES.

On désigne sous le nom de tulles les tissus à mailles *ouvertes*, avec ou sans dessin, produits sur des métiers mécaniques.

L'industrie des tulles diffère essentiellement de l'industrie dentelière. Tout d'abord, l'une est une industrie purement manuelle qui ne demande pour ainsi dire pas de matériel, tandis que l'autre, essentiellement mécanique, exige l'emploi de métiers à la Jacquard coûtant en moyenne 25,000 francs chacun pour la fantaisie; mais encore les tissus eux-mêmes n'ont aucun rapport entre eux. Nous avons vu que dans la dentelle il y avait torsion des fils les uns avec les autres à l'entrecroisement des mailles, tandis que dans le tulle, les fils se fixent plutôt par des ligatures régulières. On peut s'en rendre compte en examinant avec attention la fig. 1. On pourra, sur une étendue assez grande défiler le tulle, on ne pourra jamais au contraire obtenir de la dentelle que de minces fragments.

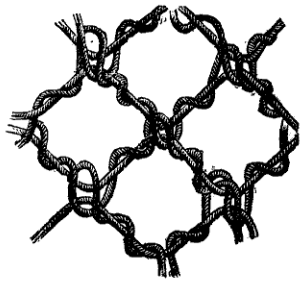


Fig. 1. — Contexture des tulles.

Mac-Culloch fait remonter à 1768 l'invention du premier métier à tulle, lequel serait dû, selon lui, à un ouvrier nommé Hammond qui, en faisant des bas au métier, pensa qu'il lui serait facile de fabriquer de même des dentelles à la mécanique, et qui donna au premier tissu qui résulta de ses essais le nom de *tricot à dentelles*. Dans un rapport de 1811, le docteur Eynard ne fait remonter qu'en 1774 l'invention par un ouvrier lyonnais d'un métier de tricots à jours. M. Aubry, de son côté, dit que ce ne fut qu'en 1778 que le tricot à dentelles fut travaillé en France pour la première fois par un nommé Callon sous les yeux d'une Commission nommée par l'Académie et par l'administration : il lui fut accordé 1000 livres de gratification et la maîtrise de bonnetier.

Mais ce fut surtout en Angleterre que les recherches furent actives. Si l'on en croit Mac-Culloch, ce furent MM. Else et Harvey de Londres qui montèrent dans cette ville le premier métier à tulle, sous le nom de *métier à épingles* : ils produisirent alors une sorte de tricot commun qu'ils appelèrent *twist*. John Blacknaer rapporte dans son histoire de Nottingham les péripéties par lesquelles passa la construction des premiers métiers à tulle, d'où résulta finalement, après une myriade de perfectionnements apportés par plusieurs générations, un métier dit *métier tickler*, au moyen duquel on arriva à faire des bordures de rideaux d'abord, puis ensuite le *meklin*, sorte de tissu léger à mailles rondes. Ce ne fut qu'en 1775 qu'un mécanicien de Nottingham, du nom de Crane, ou mieux, comme on le prétend en France, un ouvrier de Nîmes, inventèrent le *métier warp* avec lequel on put commencer à imiter la dentelle, et qui de nos jours est encore conservé dans un grand nombre de fabriques. Ce métier fut successivement perfectionné, entre autres en 1785, par un fabricant d'aiguilles à tricot de Nottingham, Dawson, qui inventa une machine pour la fabrication du réseau dont les guides-barres étaient mis en mouvement par une roue qu'on tournait à la main, machine dont on se sert encore de nos jours pour confectionner divers articles de passementerie, et en 1796 par un français, nommé Rolland qui inventa un système pour produire des étoffes élastiques.

L'invention des métiers à bobines vint complétement transformer l'industrie

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des tulles. Le premier métier de ce genre fut inventé, si l'on en croit John Blacknaer *(History of Nottingham)*, par un fabricant de Nottingham, John Lindley. Dès ce jour, le tulle commença à faire concurrence à la véritable dentelle. Mais ce fut surtout en 1807 que le métier à tulle bobin fut définitivement adopté par l'industrie, grâce aux perfectionnements importants qu'y apporta à cette époque un simple ouvrier régleur de Teveston, Heathcoat. Ce dernier adopta la bobine Lindley, s'associa avec l'inventeur et donna au premier tulle qu'il fabriqua le nom de *bobinet-lace* ou tulle bobin.

Ce fut cette invention qui fit pour un moment la fortune de la ville de Nottingham. La population de cette ville décupla bientôt, et la majorité de ses industriels s'occupa tout particulièrement de perfectionner le métier Heathcoat. Divers nouveaux systèmes connus sous le nom de *straigh-both*, *traverse-warp*, *puscher*, *circulaire*, *leavers*, y furent successivement inventés. Quand le brevet de Heathcoat, qui avait été pris pour quatorze années, fut tombé dans le domaine public, tous les producteurs de bonneterie se firent fabricants de tulle bobin et un grand nombre de nouvelles maisons de fabrication furent établies par des capitalistes entreprenants.

L'Anglais est avant tout spéculateur. Le gouvernement avait cru entrer dans les vues des fabricants de tulle en défendant, sous peine de déportation, l'exportation des machines à tulle. Les ouvriers anglais ne l'entendirent pas ainsi. Comme la France était l'un des principaux débouchés des marchandises qu'ils fabriquaient pour leurs patrons, ils s'imaginèrent de former une sorte de ligue pour rompre la barrière que leur imposait la douane, et aller établir en France même des manufactures de tulle. A force de persévérance et de bon vouloir, ils finirent par réussir et firent parvenir à Calais, par l'intermédiaire de marins français, diverses pièces de métiers à tulle. C'était en 1819, et de cette époque date en grande partie la fortune de l'industrie des tulles de Calais. Avant eux cependant, ainsi que le prouve une déclaration faite à la préfecture du nord le 14 août 1816, MM. Thomassin et C^ie^ avaient importé en France le métier appelé *traverse-wrap*.

Les métiers installés par les ouvriers anglais étaient du système *straigh-bolt* et fonctionnèrent longtemps à Calais et dans le faubourg de cette ville. Saint-Pierre-lez-Calais adopta plus tard, en 1824, les machines dites *circulaires*.

Dès lors, la fabrication anglaise et la fabrication française se firent une concurrence acharnée, concurrence inégale avant tout, et au désavantage de la fabrication française, puisque celle-ci était obligée d'emprunter constamment à l'Angleterre, non-seulement ses métiers qu'elle était seule à fabriquer, mais encore une grande partie de la matière première de ses tulles. Un rapport de M. Felkin de Nottingham constate qu'en 1835, il y avait en Europe 6,850 métiers à tulle dont 5,000 pour l'Angleterre et 585 pour la France. Ces derniers étaient surtout répartis dans les villes de Calais et Saint-Pierre-lez-Calais, puis à Boulogne, Saint-Omer, Douai, Lille, Caen, Saint-Quentin et Lyon. D'autre part, une adresse à la Chambre des députés en 1833 constate que l'on consommait en ce moment en France pour 15 millions de francs de tulles.

Le *tulle-bobin* était, pour ainsi dire, à cette époque, l'unique produit de fabrication ; on pouvait y joindre encore des articles de fantaisie étroits et communs, à petits dessins nommés *tattings*. Mais, à cette époque, on trouva moyen de faire dans le tulle une sorte de petite mouche formant semé appelée *point d'esprit*. Le point d'esprit ne resta pas longtemps le privilége de l'Angleterre, il fut bientôt importé en France par MM. Champailler et Pearson.

L'émulation entre les villes de Calais et de Nottingham fut portée à un tel point qu'il en résulta une production excessive, production qui menaça un moment d'anéantir cette industrie par ses excès et les méventes qui en résultèrent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mais l'invention du métier Jacquard qu'on appliqua immédiatement au métier à tulle-bobin, vint complétement changer cette fabrication. On put alors arriver à produire à la mécanique des dessins aussi variés qu'avec les fuseaux pour les dentelles à la main. Le premier brevet pour cette application fut pris en France le 28 décembre 1836 par MM. Hind et Draper qui réussirent à produire ainsi des dessins de dentelles sur fond bobin; le second brevet, pris en 1839, est de M. Wright, qui sur métier *puscher* obtenait les mêmes effets au moyen de cartons sur la largeur du réseau. Ce ne fut qu'en 1841 que MM. Hooton et Deverille prirent un brevet pour les *leavers* jacquardés qui sont encore aujourd'hui les plus employés à Nottingham et à Calais. Dans l'intervalle, il avait été pris d'autres brevets pour applications sur métier *warp* et *circulaire*.

Lorsque la ville de Calais se vit en possession de métiers qui pouvaient avantageusement la placer au premier rang dans l'industrie dentelière, elle perfectionna ceux-ci petit à petit de mille manières, et comme elle pouvait avoir plus de prestige dans le commerce par le goût et le fini de ses dessins, elle innova ceux-ci à tout instant, les transforma suivant les exigences de la mode et finit par obtenir la préséance sur Nottingham. En 1846, une note publiée par la Chambre de commerce de cette ville estimait qu'il existait à cette époque en France 1,800 métiers à tulle, dont 908 à Calais et à Saint-Pierre-lez-Calais. Ces 1,800 métiers, y était-il dit, représentaient une valeur de 12 millions; la main-d'œuvre, les frais et les bénéfices étaient estimés 4 millions, et la matière première 8 millions, dont 4 millions en cotons anglais et 5 millions en cotons français.

**Tulles de France.**—Ce furent naturellement les villes de Calais et de Saint-Pierre-lez-Calais qui eurent les exhibitions les plus importantes. Il y a aujourd'hui dans ces deux villes plus de 1,500 métiers à tulle représentant un capital de près de 50 millions de francs et employant environ 18,000 ouvriers et ouvrières. C'est surtout Saint-Pierre-lez-Calais qui a profité de cette industrie, et il est à noter que cette ville, qui en 1823 n'était qu'un simple village de 4,000 âmes, possède aujourd'hui 22,000 habitants s'occupant presque entièrement de la fabrication des tulles. Les principaux centres de fabrication en dehors de ces deux villes sont Lyon, Lille, Douai, Saint-Quentin, Caudry et Jonchy.

Dans toute la France, l'industrie des tulles occupe actuellement 31,500 ouvriers, ouvrières et enfants auxquels elle paie, rien qu'en salaire, 25 millions de francs. Ce salaire varie de 10 fr. à 15 fr. par jour. Elle possède un matériel de métiers d'une valeur approximative de 37 millions, et ses produits donnent lieu à un mouvement d'affaires qui dépasse annuellement 85 millions de francs. Dans ce chiffre, l'exportation pour tous les pays d'Europe et d'Amérique entre pour 28 millions.

Depuis 1867, l'industrie des tulles a fait des progrès très-remarquables, tant au point de vue de la perfection mécanique qu'à celui du goût et des procédés de fabrication. Nous regrettons que l'Exposition de 1878 ne nous permette d'envisager cette industrie que sous ce dernier côté, car, soit en raison de la place qu'exigent les métiers à tulle, soit en raison des frais élevés de montage, aucun ne figurait ni dans la galerie des machines, ni dans la galerie dite du travail qui ne comportait que des métiers classiques. Nous ne pouvons, en raison du cadre restreint de notre aperçu, faire l'étude du métier à tulle, laquelle devrait être forcément longue et détaillée.

Parmi les principaux exposants du rayon calaisien, citons tout d'abord MM. Herbelot et Devot de Calais, qui avaient une très-jolie collection de blondes en soie blanche et noire. Cette maison est, paraît-il, l'une des plus anciennes de sa localité, elle date de 1825. Les tulles qu'elle a exposés étaient presque aussi

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

beaux que les dentelles au fuseau et leur prix en est considérablement inférieur : la fabrication est tellement parfaite que c'est à s'y méprendre. Citons encore avec eux MM. Bacquet père et fils de Saint-Pierre-lez-Calais, qui ont exposé une robe en tulle d'un travail parfait : cette robe, posée sur soie jaune était certainement l'un des meilleurs types du bon goût français.

La fabrique de Paris était aussi très-bien représentée, entre autres par MM. Sarrazin, Monfort et Cie, dont les tulles en coton et en soie se rapprochent aussi beaucoup de la dentelle au fuseau et qui ont atteint en ce genre une véritable perfection, et par MM. Galoppe et Tragin qui avaient de magnifiques dentelles noires en soie et lama imitant la dentelle Chantilly et entourées de dentelles au fuseau du meilleur effet.

On ne pouvait mieux juger de la fabrication de Caudry que par la vitrine de MM. Tofflin et Cie. Le tulle fantaisie qu'ils exposaient représentant « une chasse au cerf » nous donnait bien la clef de la rapide renommée à laquelle est arrivée le petit village de Caudry, dans une contrée où il est presque le seul à s'occuper de cette fabrication. Lyon, qui est surtout renommé pour les tulles de soie unie et qui fournit aussi au commerce d'exportation une grande variété de dentelles en soie noire sous forme d'écharpes, châles, volants, voilettes, laizes unies et damassées, tint bien sa place à l'Exposition. Citons entre autres, M. Babouin, dont les tulles de soie unie en bandes et en laizes ont atteint un fini remarquable, et MM. Routier et Crozet qui avaient des articles supérieurement exécutés en imitation de dentelle de laine.

**Tulles de Nottingham.** — Comme nous l'avons déjà dit, le grand centre de la production anglaise, c'est Nottingham. Cependant, il faut avouer que cette ville a perdu un peu de son prestige. Elle possédait, il y a une quinzaine d'années, près de 3,000 métiers; or, en 1868, s'il faut en croire des documents fournis par la Chambre de commerce de cette ville, il n'y avait plus que 1800 métiers, fabriquant les articles de soie et de coton. Aujourd'hui, ce chiffre doit être encore diminué, car il a été, dans ces dernières années, expédié sur Saint-Quentin et Caudry une quantité de vieux métiers qui sont actuellement employés en France pour la fabrication des tulles communs en coton : ces machines n'ont pas été remplacées. Aussi les exposants n'étaient-ils pas nombreux. Parmi les meilleurs produits exposés, nous citerons le rideau de tulle et des tulles pour manteaux, jabots, vêtements de dessous, etc., de la Société Adams, Thomas et Cie (limited), et les voiles et fichus en tulle de la fabrique Stiebel, Kaufmann et Cie. Après l'Angleterre, nous avons peu de pays qui exposaient du tulle. La Belgique, par exemple, qui a la spécialité des tulles unis clairs pour l'application et pour la broderie, n'avait pas une exposition sérieuse en ce genre. L'Espagne qui fabrique parfois des mantilles de tulle, n'a rien exposé. La Suisse a, de son côté, complétement délaissé cette fabrication.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## III. — LES BRODERIES.

D'après Pline, ce serait aux Phrygiens que nous serions redevables de l'invention de la broderie. Ceci a un certain côté de vraisemblance, puisque chez les latins les étoffes brodées étaient désignées sous le nom de *phrygiæ*. Dans tous les cas, ce tissu était bien connu des anciens.

En France, il est presque certain que ce fut la ville de Lyon qui la première en eut le monopole. Cette industrie devait même avoir chez nous une certaine importance, puisqu'il existait alors, à ce que rapporte Duhamel du Monceau, une confrérie de « brodeurs, découpeurs, égratigneurs, chasubliers » sous l'invocation de Saint-Clair.

Longtemps la broderie blanche n'exista pas en France; on ne la faisait qu'avec des fils d'or, d'argent, de soie, de lama ou de lin, et on ne l'employait que pour les ornements d'église, les étendards, les uniformes, les meubles, etc. A un certain moment, le goût des parures en broderie devint tel qu'il fallut des édits spéciaux pour en interdire le port ou en réglementer l'usage, particulièrement sous Louis X, qui édicta à ce sujet une loi spéciale les classant comme des produits uniquement destinés aux princes de sang royal, aussi sous Louis XIII et Louis XIV qui firent plusieurs édits du même acabit.

Ce fut sous Louis XV que cette industrie prit le plus d'essor. On citait alors comme les plus remarquables les broderies de Marseille sur batiste et mousseline, les broderies en chaînette de Vendôme, les broderies de soie, d'or ou d'argent, de Lyon. Ce ne fut qu'en 1785 que la ville de Saint-Quentin commença à broder en blanc sur mousseline et tarlatane, et importa aussi en France la broderie blanche dont jusque-là la Saxe avait seule le monopole.

Longtemps le centre de la fabrication le plus considérable se maintint à Nancy, mais la broderie en disparut complétement vers 1801. On cite encore parmi les principales villes qui à cette époque s'occupaient de cette industrie Saint-Nicolas (Meurthe), pour ses filets brodés destinés à garnir les ornements d'église, et Ligny (Meuse) pour ses manchettes brodées sur étoffes de fil et de coton. Ce ne fut que quelques années plus tard que Nancy reprit son ancienne prépondérance dans cette fabrication. En 1830, elle était encore regardée comme la principale productrice de cet article.

A cette époque, la broderie se faisait sur une sorte de métier qui ressemblait beaucoup à celui dont les dames se servent pour faire la tapisserie. Ce mode d'agir n'était pas très-expéditif. Aussi, en 1831, époque où il faut constater une demande excessive par la consommation courante, le métier fut abandonné et on adopta la méthode plus rapide de la broderie à la main. Cette industrie s'était répandue à Lyon, qui brode encore actuellement sur soie et sur tulle; à Paris, où elle constitue une branche fort importante de l'article dit de Paris pour porte-cigares, bourses, sacs, bretelles, etc.; à Tarare pour la broderie au crochet, et dans les Vosges pour la broderie au crochet et au plumetis.

La fabrication française ne pouvait alors suffire à la consommation, et cette insuffisance de production donna l'idée à la Suisse, qui jusque-là ne s'était guère occupée que de la production d'articles d'ameublement brodés au crochet et au passé, de fabriquer de la broderie fine au plumetis. Cette industrie s'établit principalement dans le canton d'Appenzell, où l'on adopta immédiatement le métier délaissé en France. Une main-d'œuvre meilleur marché leur facilita la production d'articles à des prix très-avantageux : la Suisse vendit ses broderies jusqu'à Paris. On peut ajouter que c'est grâce à cette dernière ville qu'elle put

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

maintenir la renommée qu'elle s'était acquise, car un grand nombre de fabricants parisiens envoyèrent à l'étranger les *dessins* des broderies qu'ils vendaient ensuite sur le marché français.

Cependant, comme la broderie étrangère était prohibée chez nous, les fabricants français, qui s'aperçurent de la fraude du commerce parisien, firent entendre leurs réclamations. On redoubla de surveillance; les commerçants de Paris s'en plaignirent, et il se créa à Saint-Gall une ligue contre la douane, dite *ligue des passeurs*, qui, moyennant une prime de 5 à 10 %, se chargeait d'introduire en France les broderies suisses. La situation n'était donc pas changée. Ce fut alors qu'un certain nombre de personnes tentèrent de réintégrer en France le métier à broder. On peut citer entre autres Mme Chancerel qui établit à Chamberg, dans les Vosges, une manufacture spéciale dans laquelle elle donnait à de jeunes paysannes l'instruction et l'éducation nécessaires, les logeait et les nourrissait, sous condition expresse qu'elles apprissent à broder au métier. Les *broderies de Chamberg* firent en peu de temps une concurrence sérieuse aux broderies suisses, et furent bientôt plus recherchées que ces dernières.

Dès ce moment, les Vosges acquirent une importance exceptionnelle dans la fabrication de la broderie, et cette importance fut encore augmentée par l'initiative d'un grand nombre de maisons de Paris et de Nancy, qui se mirent en rapport avec des entrepreneurs pour propager la broderie au métier dans les villages des Vosges limitrophes de la Franche-Comté. Paris, de son côté, grâce au commerce de la confection, attira chez lui toute la broderie fine : une enquête faite en 1848 sur les industries de Paris par la Chambre de commerce de cette ville constatait qu'il y avait à cette époque 93 dessinateurs-patrons occupant 238 ouvriers et produisant 388,246 fr. de dessins à broder.

**Broderies françaises.** — On fabrique généralement en France trois sortes de broderies : 1° La broderie de toilette ou broderie blanche, comprenant l'ameublement et les rideaux; 2° la broderie or et argent pour costumes religieux, civils ou militaires, emblêmes, étoffes d'ameublement; 3° la broderie en laine et soie sur un canevas ou tapisserie à l'aiguille.

Le premier genre peut se faire sur toile de tulle de coton, ou sur tulle au passé, au plumetis, au crochet, etc. C'est la seule partie de la broderie qui ait été jusqu'ici exécutée par les machines; les autres genres se font à la main.

C'est surtout dans la section française réservée spécialement aux tissus dits d'ameublements, que nous trouvons les plus beaux spécimens de rideaux en application sur tulle. Au milieu de toutes les expositions, celle de MM. Meunier et Cie domine. Tout Paris connaît déjà l'excellente fabrication de cette maison, bien connue sous le nom de « Grande maison de blanc » et qui journellement expose à ses vitrines du boulevard des rideaux du meilleur goût; mais il semble qu'à l'Exposition de 1878 elle ait voulu se surpasser. Elle a exposé des tissus où, sur un fond aussi ténu qu'une véritable toile d'araignée, se détachaient de diverses manières des figures grandeur nature dessinées avec un soin et une grâce incomparables : c'est M. Mazerolles, le peintre bien connu par son bon goût et ses succès, qui en a formé les contours. L'un de ces panneaux nous renseigne sur » ce que pèse l'amour » : une charmante jeune fille tient une balance et nous montre qu'un papillon, oui un simple papillon, l'emporte encore sur le fils de Vénus, et celui-ci a l'air vraiment étonné de se sentir si léger. Tout à côté, dans un autre panneau, une autre jeune fille poursuit de fleur en fleur un papillon qui lui échappe toujours. Ce tableau est vraiment vivant, mais il est encore surpassé par celui qui l'avoisine et que la loterie nationale s'est empressée d'acquérir : une magicienne, vêtue d'une robe de gaze et couverte de lourds colliers, emportée au travers des airs par un attelage de libellules.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La broderie spéciale aux ornements religieux a aussi réalisé à l'Exposition un progrès réel par le fini du modèle et la pureté des dessins. On sait que pour ce genre la valeur de la main-d'œuvre dans l'emploi des matières précieuses représente 65 % du prix de revient, et peut s'élever jusqu'à 80 % et au delà dans l'emploi de toutes les autres matières. Nous citerons particulièrement dans cette section les objets de chasublerie exposés par M. Beer de Paris, et les ornements d'église de MM. Raynal et Cie de la même ville.

Quant à la tapisserie à l'aiguille, elle comprenait un assez grand nombre d'exposants entre lesquels il serait difficile de faire un choix tant ils ont apporté de soin et de fini dans l'exécution des travaux qu'ils nous montraient. Nous mentionnerons les canevas échantillonnés de MM. Blazy frères de Paris et les tapisseries sur canevas à l'aiguille exposées par MM. Couillard-Blanchet et Cie de Nancy (Meurthe-et-Moselle).

Actuellement en France, c'est la broderie blanche qui a le plus d'importance. On estime qu'elle emploie plus de 200,000 ouvrières dont le salaire varie de 0f60 à 3 fr. par jour. A ce nombre d'ouvrières, il faut encore ajouter celui des dessinateurs chargés de la composition et de la préparation des dessins. Les principaux centres de production sont Tarare et Saint-Quentin. Les autres genres de broderies se fabriquent surtout à Paris et à Lyon.

**Broderies suisses.** — Longtemps la Suisse n'a fabriqué que des broderies au crochet et à longs points pour grands morceaux, tels que rideaux, robes et objets d'ameublement. Ce n'est qu'en 1830 qu'elle s'est occupée de la broderie fine au métier. A la dernière exposition, elle était la seule nation qui eût exposé des broderies mécaniques sur le métier inventé par Heilmann de Mulhouse. La France, qui se sert actuellement de ce métier, ne l'a adopté que bien tard après elle, et après lui avoir laissé le temps de l'étudier, de le perfectionner et d'en obtenir une production triple de celle qui lui avait été assignée tout d'abord par son inventeur.

Aujourd'hui, on peut estimer qu'il y a en Suisse près de 25,000 ouvriers et brodeuses qui s'occupent de la fabrication du rideau, et 4,500 ouvrières pour la broderie fine à la main. Si l'on ajoute à tout cela les ouvriers mécaniciens, les menuisiers pour caisses d'emballage, les agents du commerce intérieur ou extérieur; on arrive rapidement au chiffre de 30,000 travailleurs vivant aisément de cette industrie. Les rideaux d'Appenzell et les broderies de Saint-Gall et de Thurgovie sont aujourd'hui connus partout et s'exportent principalement en Amérique.

D'après un récent rapport de M. J. Kindt, inspecteur général de l'industrie suisse, la broderie de Saint-Gall peut se diviser aujourd'hui en trois branches distinctes : 1° la fabrication du rideau, qui se fait encore généralement à la main ou au métier Jacquard. Le centre de cette industrie est à Appenzel. Les ouvrières sont disséminées sur presque tout le littoral du lac de Constance, c'est-à-dire qu'il y en a dans le Tyrol, en Bavière, dans le Wurtemberg, dans le grand-duché de Bade, dans les cantons de Saint-Gall et de Thurgovie. Elles travaillent à domicile et rapportent à Appenzell et à Saint-Gall les rideaux en écru qui sont blanchis et apprêtés dans les établissements spéciaux de ces deux cantons. La machine à coudre joue un rôle très-important dans la fabrication du rideau et du store; 2° vient ensuite la broderie fine sur linon ou batiste, qui continue à se fabriquer par la méthode ordinaire, sur un tambour où le tissu est tendu par une courroie. L'ouvrière, munie de son aiguille à deux pointes, brode en suivant le dessin imprimé sur l'étoffe. C'est encore la France, et surtout Nancy, qui fait concurrence à la Suisse pour ces articles de luxe; 3° vient enfin la broderie à la mécanique sur jaconas et mousseline. Cette broderie méca-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nique qui imite très-exactement la broderie à la main, a pris un immense développement. Nous voyons partout ces bandes de broderie de 1 fr. et même de 0f50 le mètre jusqu'à 15 et 20 fr. La netteté du point, la diversité des à-jours, le dessin gracieux des contours sont tels qu'il est difficile d'imaginer que le travail mécanique puisse réaliser tant de grâce et de finesse.

A l'Exposition, la Suisse s'est construit un véritable palais avec ses broderies. Nous mentionnerons en particulier les magnifiques produits de M. Clément Depierre de Lausanne : ici, c'est un immense rideau brodé à la main, au prix relativement minime de 160 fr., plus loin un autre en style Louis XVI de 60 fr. seulement. Nous avons encore remarqué, de la même fabrication, un rideau nouveau genre avec broderies rouges sur tulle et un rideau pour chambre à coucher brodé au plumetis à la main sur croisé bleu. Tous les visiteurs ont vu le joli panneau de M. J. Zurcher, de Saint-Gall, entièrement fait à la main et représentant la République française tenant une branche de laurier, ayant à ses pieds un lion. Enfin, le devant de robe brodé mécaniquement de M. A. Naef de Saint-Gall, les mouchoirs et draps de lit brodés en fil de lin de M. Schelling-Ruesch, de Rheineck (canton de Saint-Gall), les nouveautés brodées en soie et coton couleur pour confection, et ameublement de MM. Seilec et Adler de Saint-Gall, complétent admirablement cette exhibition peu commune.

**Broderies anglaises.** — Bien que ce soit principalement Glascow et Belfast, c'est-à-dire l'Ecosse et l'Irlande qui, dans la Grande-Bretagne, fabriquent la broderie, celle-ci n'en est pas moins toujours désignée sous le nom de broderie anglaise, parce que le commerce s'en fait principalement à Londres. C'est vers 1770 que cette fabrication a commencé en Ecosse et dix ans plus tard en Irlande. M. Aubry affirme qu'en 1801 il y avait déjà 10 à 12 maisons de commerce s'occupant de broderies à Glascow et 5 ou 6 à Belfast. En 1852, ce commerce s'était surtout étendu dans le sud et dans l'ouest de l'Ecosse et dans plus de la moitié des comtés de l'Irlande : il donnait de l'occupation à 250 000 femmes.

L'une des expositions les plus belles est sans contredit celle de la *The Ladie's Work Society* : nous y avons remarqué entre autres une broderie appliquée pour un des salons du Pavillon de la commission royale britannique à l'Exposition comprenant une frise en dessin japonais sur tissu de soie couleur d'or représentant divers sujets avec figures, oiseaux et fleurs. Nous signalerons encore neuf spécimens de broderies sur canevas faits à la « Rangor manufactory » (comté de Down) et exposés par la duchesse de Malborough.

Avec les broderies anglaises, signalons encore celles d'*Espagne*, en laine sur toile canevas, très-fraîches et très-éclatantes, et les broderies toutes spéciales pour devants de chemise de la *Russie*, et nous aurons à peu de choses près nommé tout ce qu'il y a de remarquable en Europe.

**Broderies orientales.** — Les broderies orientales ont un cachet tout particulier qui ne permet pas de les confondre avec les broderies d'Europe. Généralement elles sont très-riches, mais rarement elles sont belles. Tous les visiteurs ont vu par exemple, les crêpes brodés de la *Chine*, représentant toujours les éternelles rivières, oiseaux et pagodes que nous retrouvons dans tout ce qui touche à ce pays, le tout arrangé sans goût et sans la moindre idée de ce que peut être la perspective : tout cela est original et peut figurer avec distinction dans le cabinet d'un amateur de curiosités, mais on n'y retrouve guère le véritable goût des pays d'Europe. Nous dirons la même chose des broderies exposées à Tunis, au Japon, etc. La collection du prince de Galles fait cependant un peu exception à cette règle et nous a montré de très-jolis spécimens de ces magnifiques velours du Decan, brodés d'or et employés pour dais de parades,



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parasols de dignitaires, housses d'éléphants et de chevaux. Mais il faut le dire aussi, il y a un peu dans tout cela d'origine européenne. Autrefois, les Portugais avaient pour habitude d'envoyer broder leurs satins aux Indes, par des indigènes d'après des dessins européens, et il est resté quelque chose de tout cela, car ces somptueux ornements en forme d'arabesques dénoncent clairement leur origine italienne du XVI^e^ siècle. La collection du prince de Galles contient cependant une pièce de mousseline brodée d'or et de paillettes de couleur avec des perles en imitation, qui, celle-là ne tient que du pays et a un véritable caractère d'originalité.

**Le métier à broder.** — Une maison de fabrication de Saint-Quentin (*MM. Lemaire et Naude*), a eu l'heureuse idée de faire fonctionner dans la galerie du travail, sous les yeux des visiteurs, un métier à broder classique. Cette exhibition nous permettra de dire quelques mots de ce métier.

Le métier mécanique n'est pas d'invention récente ; il y a plus de vingt-cinq ans que les premiers essais en ont été faits ; mais il a fallu bien des années pour amener ce merveilleux outil, rival de la machine à coudre, à la perfection qu'il possède aujourd'hui. Ce n'est que depuis quatre ou cinq ans que l'on est parvenu à broder les festons de manière à nouer les points et à rendre la coupure de l'étoffe sûre et facile ; il en est de même de ces nombreux à jour, ovales ou circulaires, qui sont traversés par des fils en tout sens et qui donnent tant de légèreté à la broderie.

C'est à MM. Rittmeyer, de Saint-Gall, que l'on doit les principaux perfectionnements du métier ; possesseurs aujourd'hui de 140 métiers mécaniques, dans leur vaste établissement de Brugge, ces habiles fabricants n'ont jamais cessé d'améliorer l'ingénieux outil qui devait assurer à leur pays le monopole de cette grande industrie. Tâchons maintenant de donner une idée exacte du métier.

L'inventeur s'est proposé naturellement d'imiter le travail à la main : la brodeuse sur linon et batiste perce le tissu d'une main, tandis que l'autre, placée sous l'étoffe tendue, reçoit l'aiguille et la repasse à travers le tissu en suivant le tracé du dessin imprimé sur l'étoffe. Dans le métier mécanique, l'étoffe (jaconas ou mousseline) est tendue très-régulièrement et maintenue dans une sorte de cadre vertical : les doigts de la brodeuse sont remplacés par des mâchoires ou pinces qui se ferment et s'ouvrent pour tenir l'aiguille à deux pointes la pousser à travers le tissu et la lâcher au moment précis où les pinces, derrière l'étoffe, saisissent l'aiguille, la tirent hors du tissu et s'éloignent jusqu'à la distance voulue pour que le fil tendu donne au point un relief convenable. Toutes ces pinces ou doigts d'acier, au nombre de 210 à 240, sur deux rangs, sont portées sur un chariot qui avance ou recule pour percer l'étoffe, céder l'aiguille au chariot, tout-à-fait semblable, qui fait derrière le cadre vertical les mouvements symétriquement opposés. Donc, au même instant, 200 aiguilles percent l'étoffe ; les mouvements alternatifs des deux chariots tirent les aiguilles, les ramènent, les cèdent aux doigts d'acier, qui se sont rapprochés de l'autre face du tissu pour les recevoir à leur tour, tirer et tendre le fil et effectuer ainsi la broderie.

Les deux chariots, comme dans les mull-jenny, n'ont qu'un mouvement de va et vient horizontal, de même que les aiguilles, que les pinces saisissent et poussent alternativement à travers l'étoffe. Si donc cette étoffe, bien également et uniformément tendue, était complètement immobile, les aiguilles perceraient toujours les mêmes points du tissu et il n'y aurait pas de résultat. Or, le tissu n'a reçu aucun dessin ; mais, par le travail du brodeur, comme nous allons l'expliquer, le cadre porte-tissu fait, pour chaque point, un mouvement composé qui change la place du tissu devant les aiguilles. L'organe mécanique

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

principal qui permet de broder tous les tissus imaginables, sans changer quoique ce soit au métier, sans y ajouter ou en enlever une cheville, est un pantographe suspendu verticalement. Le cadre qui tient l'étoffe bien tendue au moyen de temples spéciaux est lui-même fixé dans une solide armature en fer, guidée et maintenue dans un plan vertical constant. Cette armature et son cadre peuvent prendre latéralement et de haut en bas tous les mouvements, en se maintenant toujours invariablement dans le même plan; ce sont ces conditions de stabilité et de mouvements d'une parfaite précision qui rendent seules la broderie possible et qui donnent tant de mérite à l'organisation mécanique du métier. Le cadre, maintenu dans les conditions de mobilité que nous venons de dire est suspendu au côté résultant du parallélogramme du pantographe.

L'ouvrier brodeur promène sur le dessin qu'il a devant lui la pointe, origine du mouvement semblable du pantographe, de manière que chaque point du tissu à broder fait un mouvement géométriquement semblable à celui de la pointe guidée par les doigts du brodeur. Or, celui-ci ayant devant lui le dessin tracé sur une échelle sextuple (c'est la proportion adoptée généralement), sur une feuille de carton, il pointe ce dessin comme la brodeuse piquerait le dessin imprimé sur l'étoffe. Il passe d'un point à un autre, et il résulte de la transmission du mouvement du pantographe que le tissu se présente devant les aiguilles invariables de manière que celles-ci le percent et passent le fil aux points successifs qui déterminent la broderie. L'ouvrier est assis devant son dessin; de la main gauche, il tient la pointe du pantographe dont il pique le dessin; de la main droite, il imprime aux chariots porte-aiguilles, les mouvements de va et vient successifs et, par la pression des pieds posés sur deux pédales, il renverse le mouvement réciproque des deux chariots. A mesure que le travail avance, que la broderie s'effectue, les fils s'épuisent et chacune des aiguilles faisant le même point, les fils, tout en diminuant de longueur, restent parfaitement égaux entre eux.

Enfin, arrive le moment où le fil est épuisé; alors l'ouvrier arrête le métier. L'ouvrière enfileuse, qui est son aide indispensable, a préparé 200 nouvelles aiguilles, qu'elle a garnies toutes d'un même bout de fil. Elle enlève rapidement les aiguilles épuisées et les remplace, dans chaque pince, par une aiguille garnie; cette opération accessoire se fait en quelques minutes. Lorsqu'il y a une série de points à jour à broder, l'ouvrier, comme pour la broderie à la main, commence par broder tous les contours; puis, par un mouvement de la machine, il abaisse et amène, en avant des aiguilles, autant de points à arêtes aiguës. Le brodeur pique sur son dessin le centre d'un à-jour; les 200 ronds ou cercles du tissu se présentent devant les pointes; le chariot est mis en mouvement et chaque outil pointu perce et traverse le rond qu'il a devant lui. Ce perçage se répète à plusieurs reprises, suivant la grandeur des à-jours; les arrêtes de la pointe coupent, en même temps, l'étoffe en tous sens, et les lambeaux qui pourraient encore adhérer sont enlevés dans les opérations du blanchîment et de l'apprêt. Pour nouer les points de la bordure du feston, le chariot de devant porte deux tringles ayant chacune une série de petites platines inclinées en sens inverses; en imprimant à ces tringles un mouvement latéral de va et vient, les platines tirent et écartent les fils en sens inverse, de manière que, les aiguilles passant dans l'angle ainsi formé, le fil se trouve noué et le point de bordure est opéré sur la face antérieure de la broderie. Le temps nécessaire pour terminer les deux bandes varie naturellement selon la grandeur, la complication et la finesse du dessin. La broderie sur mousseline exige plus de précautions que la broderie sur jaconas. Plus la broderie est fine, plus il faut de points pour l'exécuter; il faut, en moyenne, de six à dix heures

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de travail continu pour achever les deux bandes, c'est-à-dire sept à huit mètres de broderie. » (J. Kindt, *La broderie mécanique en Suisse*).

Nous venons de voir là le travail de l'ouvrier, nous n'avons encore rien dit de celui du dessinateur.

Le dessinateur, en effet, n'a pas seulement à songer à faire un dessin de bon goût, son inspiration se heurte à chaque instant à la question du prix de revient. Nous allons expliquer notre pensée. Chaque aiguille doit effectuer le dessin complet, d'une bande ou d'un entre-deux, un *raccord* comme on dit, c'est-à-dire une succession non interrompue de motifs semblables se raccordant l'un dans l'autre pour former un ensemble dans le sens de la longueur. Dès lors, le nombre de raccords est en raison inverse de la largeur du dessin générateur de la bande ou de l'entre-deux, et il faut d'autant moins d'aiguilles que ce dessin est plus large. Et comme moins il faut d'aiguilles, plus naturellement il y a de main-d'œuvre, il en résulte que plus un dessin dans une broderie est large, plus cette broderie a de prix. Par conséquent, le dessinateur doit faire en sorte de tourner toutes les difficultés de façon à rapprocher autant que possible ces deux éléments de la fabrication, et ce n'est pas là une des moindres difficultés du travail qu'il a à faire. On pourrait se demander, en présence des magnifiques travaux que nous devons à la broderie mécanique, si la broderie à la main a toujours chance d'exister. Car, bien que le métier soit beaucoup plus lent que la brodeuse à la main, il fait encore plus de travail que celle-ci par la multiplicité des aiguilles qu'il comporte. On compte qu'un métier de 220 à 240 aiguilles équivaut à 20 ou 25 brodeuses.

Nous pouvons l'affirmer, le règne de la broderie à la main n'est pas encore fini. Chacune de ces deux industries produit des articles bien différents l'un de l'autre. La machine conservera la fabrication des rideaux, des étoffes d'ameublement et des objets de grande consommation, tels que bonnets, cols, peignoirs, etc. On fera toujours au contraire à la main tous les produits de grand luxe, les mouchoirs armoriés, les chiffres ornementés, les robes à grands coins, tout ce qui s'applique en un mot aux pièces de trousseau. On ne peut même les considérer comme des industries rivales, elles ne se nuisent pas et les progrès de l'une sont un gage certain des succès de l'autre.

## IV. — LES TRICOTS.

On désigne sous le nom de *tricot* un tissu formé d'un seul fil, ce fil unique étant replié en boucles qui s'agrafent les unes dans les autres en formant une succession de *mailles* dont chaque fil représente ce qu'on nomme quelquefois *un point de chaînette*. Ce sont les Anglais et les Espagnols paraît-il, qui ont été les premiers à connaître le tricot. Dans presque toutes les histoires d'Angleterre on rapporte qu'Henri VIII, fils d'Henri VII, premier roi de la maison de Tudor, portait des bas de soie de fabrique espagnole, et nous savons aussi par les chroniqueurs contemporains, qu'Élisabeth à Greenwich, Richmond ou Hamptoncourt, portait aussi des bas de même matière, mais de fabrication anglaise.

Il est plus que probable cependant que ces bas se fabriquaient à la main, car quand, quelques années plus tard, aussi sous le règne d'Élisabeth, un clergyman, le Rév. William Lée, paraît-il, annonça qu'il avait construit un métier à tricoter, cette nouvelle fit sensation dans la contrée. Sur l'invitation de son favori, lord Hunsdon, la reine alla faire une visite à Banhill-Row pour examiner son invention : grand fut son désappointement quand elle vit qu'elle n'avait affaire qu'à une machine qui confectionnait de gros tricots de laine. Malgré les instances

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de lord Hunsdon, elle ne voulut pas accorder à William Lée, le monopole de la fabrication des bas au métier, par la raison, disait-elle, « que le privilége exclusif de faire des bas ne peut être accordé à une seule personne sans préjudice pour le public » Hunsdon n'en mit pas moins son fils en apprentissage chez Lée, et celui-ci, en travaillant avec l'inventeur, réussit à faire ce que la reine comptait trouver tout d'abord, des bas de soie au métier. La patente-monopole ne lui fut pas plus accordée pour cela. Lée se réfugia en France, à Rouen, s'y fixa avec huit ouvriers et autant de métiers et y mourut inconnu quelques années après.

Les Anglais tiennent beaucoup à avoir la priorité sur la France pour tout ce qui concerne le tricot, ils ont même confié à la peinture le soin de perpétuer cette opinion, car chez eux un tableau classique bien connu représente William Lée en méditation près de sa fiancée confectionnant un tricot. Il n'est pourtant, que la tradition qui ait pu nous renseigner à ce sujet, car aucun écrit ancien ne mentionne cette invention et il n'est pas du tout certain que les Anglais aient été les premiers à porter du tricot. Les chroniques françaises nous apprennent au contraire que les premiers vêtements tricotés furent portés par Henri II au mariage de sa sœur et l'on trouve très-bien les expressions de *mailles* et *d'aiguilles à tricoter* dans les Ordonnances de 1574, sur la pêche. Tout ce qu'on sait avec certitude c'est que, dès la première année du XVII^e^ siècle, une compagnie de tisseurs au métier s'était formée en Angleterre dans le but de régulariser les salaires et de s'opposer à ce qu'on employât d'autres ouvriers que ceux qui avaient fait leur apprentissage. En 1640, il y avait à Nottingham deux maîtres bonnetiers qui achetaient les articles faits dans le pays. Cette fabrication se répandit bientôt dans les comtés de Derby et de Leicester. Le premier métier fut introduit à Leicester en 1671, et, malgré les préjugés qui avaient cours contre la bonneterie faite au métier, en 1700 cette industrie y avait déjà pris de grands développements et en 1750 on y comptait 1,800 métiers.

Nous n'avons pas, pour la France, de renseignements aussi précis, Roland de la Platière, le seul qui avant 1789 ait écrit sur les tissus, évaluait la production de la bonneterie en 1785 à 60 millions de livres, dont moitié pour la bonneterie de soie, qui aujourd'hui atteint un chiffre bien inférieur à celui-là. Nous savons aussi, d'après *l'Encyclopédie*, qu'il y avait à cette époque un grand nombre de variétés de tricots; le tricot *double*, le tricot *sans envers*, le tricot *à mailles nouées*, le tricot *dentelle*, *guilloché*, *broché*, *à côtes de melon*, *peluché*, *chiné*, *à mailles coulées*, etc., ce qui suppose une industrie assez étendue et une fabrication passablement avancée.

De nos jours, les fabriques de tricot (bonneterie) sont disséminées en France sur tous les points du territoire; les départements dans lesquels l'industrie est le plus développée, sont l'Aube, la Marne, l'Oise, la Somme, le Gard, l'Hérault, la Seine, le Calvados et la Haute-Garonne. Les matières premières employées à cette fabrication sont principalement le coton, la laine, la soie et la bourre de soie et le fil de lin. La *bonneterie de coton* est faite en grande partie en Champagne, principalement à Romilly. On fait également des articles de coton à Falaise, Guibray, Moreuil, Saint-Just, le Vigan, Saint-Jean-du-Gard, Arras et Rouen. La *bonneterie de laine* se fabrique surtout en Picardie, dans le Santerre, surtout à Villers-Bretonneux, Roye, Hangest et Harbonnières. Les gros articles pour les marins et la classe ouvrière se font dans la Haute-Garonne, l'Eure et les Basses-Pyrénées, les articles de fantaisie se font surtout dans l'Oise et l'Aube, principalement à Aix-en-Othe. La *bonneterie de soie* se fabrique un peu à Troyes, Paris et Saint-Just, mais les centres les plus importants se trouvent dans le Midi, à Nîmes, Lyon, Ganges, Le Vigan, Saint-Hippolyte et Saint-Jean-du-Gard. Enfin, la *bonneterie de lin* qui décline de jour en jour à cause de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

difficulté qu'il y a à fabriquer de beaux articles en ce genre et aussi parce que ces tissus ont l'inconvénient de se durcir à l'usage, se fabrique surtout à Hesdin et dans quelques autres communes du Pas-de-Calais.

Le tissage de la bonneterie s'effectue au moyen de métiers à bras ou de métiers mus à la vapeur. Les premiers, beaucoup plus nombreux que les seconds sont presque en totalité au domicile même des ouvriers; les métiers mécaniques sont réunis dans des manufactures plus ou moins importantes; quelques articles de fantaisie sont encore tricotés à la main. Le nombre des ouvriers employés dans cette industrie est assez considérable: 70 % travaillent à domicile et 30 % seulement dans les manufactures: le salaire des seconds est d'environ 30 % plus élevé que celui des premiers. Les femmes entrent pour 45 % environ dans le nombre total. Les fabricants des diverses régions de la France ont, pour la plupart, un dépôt à Paris, qui est devenu depuis quelque temps le marché le plus important pour la bonneterie; le commerce intérieur se fait directement pour les deux tiers du fabricant au détaillant, et pour l'autre tiers par l'intermédiaire de marchands en gros. L'importation est généralement faite par l'entremise de commissionnaires.

Le tableau suivant indique, pour l'année 1876, la valeur de la production française, des exportations et des importations:

| MARCHANDISES. | VALEUR DES MARCHANDISES | | |
|---|---|---|---|
| | fabriquées en France. | importées. | exportées. |
| Bonneterie en coton . . . . | 75,000,000f | 1,760,715f | 8,358,974 |
| — en laine. . . . . | 55,000,000 | 2,400,000 | 14,134,925 |
| — en soie et laine, | 9,500,000 | 244,025 | 1,496,000 |
| — en lin. . . . . | 500,000 | » | 10,000 |
| TOTAL. . . . . | 40,000,000 | 4,404,740 | 23,999,899 |

De grands progrès ont été réalisés, depuis 1867, dans l'industrie de la bonneterie: les produits ont été très-sensiblement améliorés et les moyens de production notablement développés. En 1867, M. Talbouis, l'un des fabricants de métiers de tricot qui aient le plus perfectionné cette industrie, estimait qu'il n'y avait à cette époque que trois manières de faire le tricot: 1° Avec la primitive *aiguille* à tricoter en bois ou en fer. L'origine de ce travail remonte au-delà de l'ère chrétienne; il n'est plus guère employé aujourd'hui, dans les pays avancés dans l'industrie, que pour les articles de mode ou de fantaisie, tels que coiffures, capelines, fichus, vêtements d'enfants, etc. 2° Avec le petit *métier rectiligne*, qui date de la fin du XVIe siècle et dont tous les mouvements sont donnés, les uns avec les mains, les autres avec les pieds, au moyen de pédales. C'était ce métier qui servait alors à produire la moyenne partie de la bonneterie à lisières, dite *proportionnée*. En 1844, avait paru le métier rectiligne à rotation, qui subit successivement de grands perfectionnements jusqu'en 1860, où fut inventé en France un métier rectiligne à diminutions automatiques. Ce dernier était alors répandu en Angleterre, mais en France et en Saxe il n'était employé que dans quelques manufactures importantes. 3° Avec le *métier circulaire*, qui fut inventé en France dans les premières années de ce siècle, mais qui ne commença à rendre des services qu'en 1827. Ce métier était devenu d'un emploi général pour les marchandises à bas prix; il servait à fabriquer des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pièces de tricots cylindriques dans lesquelles on taillait aux ciseaux des bas, gilets, caleçons, etc.

Aujourd'hui, le nombre des métiers à tricot a beaucoup varié. *L'Économiste français*, a publié, à ce sujet, en 1876 un article de l'un de ses collaborateurs les plus éminents, sur les progrès chimiques et économiques dans la fabrication des tissus réticulaires, qui résume parfaitement l'état actuel, et que nous ne pouvons mieux faire que de reproduire. « On peut actuellement fabriquer, y est-il dit, certaines catégories de bonneterie très-communes, à 1f,25 la douzaine de paires de chaussettes et à 2 fr., la même quantité de bas. Seulement, il est convenable de faire remarquer que ces vêtements n'étaient naguère que des fourreaux cylindriques dont les formes passagères, plus apparentes que réelles au lieu d'être obtenues par l'exécution de surfaces à mailles proportionnées, étaient le résultat d'un apprêt que la tension et les lessivages faisaient bientôt disparaître. On ne supposait pas qu'il fut possible d'arriver à former à la fois au métier plusieurs bas présentant les formes et les qualités recherchées. Cependant, depuis quelques années, grâce à des recherches persévérantes faites en Angleterre et en France, on est parvenu à perfectionner tous les systèmes fondamentaux, depuis le métier classique connu sous le nom de *métier français* et que l'on voit encore fonctionner dans certains ateliers de Paris, jusqu'aux systèmes circulaires qui paraissent s'en éloigner le plus. Une nomenclature succincte des divers genres de métiers à tricot et l'indication de leurs résultats feront comprendre l'activité du mouvement dans cette direction industrielle.

En outre de l'ancien système, que nous venons de désigner, mû par la main et les pieds, et qui peut faire toutes espèces de tricots droits, de finesse quelconque, mais qui a contre lui sa faible production et la fatigue qu'il fait éprouver à l'homme qui la manœuvre, on distingue :

1° Trois sortes de *métiers circulaires*, modifiés en raison de leur destination, et suivant qu'ils doivent fournir avec des fils plus ou moins fins et d'une élasticité variable, des cylindres ou fourreaux ultérieurement fendus pour servir comme pièces droites; de là des métiers circulaires à faire des tricots en laine fine, en soie ou en coton ordinaire. Les organes fondamentaux restent les mêmes, on ne change que leurs dimensions et leurs dispositions générales, ordonnées en raison de la nature et du genre des produits; 2° des progrès plus considérables encore dans les *métiers droits*, que l'on est parvenu à rendre *automatiques* et à faire tricoter simultanément sur un nombre plus ou moins considérable de pièces, par une impulsion unique. Les perfectionnements apportés à ce système ont permis, non-seulement de faire simultanément un certain nombre de bas, mais de les exécuter *à formes*, c'est-à-dire avec les rétrécis et les élargis, tels que la main peut les produire. La coopération de l'homme se borne à une simple surveillance, qui lui est payée un prix bien plus élevé que ne l'était le salaire du plus habile bonnetier à la main. Il suffit de comparer la production des deux systèmes pour se rendre compte de l'importance des services rendus par l'homme dans les deux cas. Un métier automatique à pièces multiples, surveillé par un ouvrier, produit en effet, en 12 heures de travail, 4 à 5 douzaines de bas, soit de 96 à 120 bas; ce même ouvrier, tricotant sur les métiers classiques anciens, ferait à peine, trois paires dans le même temps. Cette comparaison dispense de tout commentaire sur les avantages du travail automatique, surtout si l'on ajoute qu'il est au moins aussi parfait que la bonneterie à la main la plus perfectionnée; 3° le *métier circulaire* simplifié à *aiguilles et crochés articulés*, afin de pouvoir augmenter la rapidité des organes et le nombre des mailles dans l'unité de temps; 4° l'appropriation au métier circulaire qui ne pouvait naguère réaliser qu'un cylindre ou fourreau du tissu, d'un mécanisme qui permet de produire aussi bien un cône que toute

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autre forme d'un diamètre plus ou moins grand, en profitant de la rapidité des métiers circulaires ordinaires; 3° enfin, un métier d'une forme toute particulière, destiné surtout au service domestique; ce métier est tel, qu'une femme, après avoir placé une bobine de fil convenable et tourné la manivelle pendant le temps voulu, fait un bas de toutes pièces sans avoir rien à coudre, et cela avec la possibilité d'y mettre si peu d'attention, qu'elle peut vaquer en même temps à tout autre soin du ménage, plus facilement qu'en maniant les aiguilles à tricoter.

Cette invention, qui se propage de jour en jour, est l'une des preuves les plus pratiques et les plus remarquables des services que le travail des machines est appelé à rendre jusque dans les intérieurs les plus modestes.

Nous résumons à l'aide de chiffres, les données principales correspondant à chacun des systèmes que nous venons d'énumérer, et nous indiquons ci-dessous le nombre de mailles que peut fournir chacun d'eux dans l'unité de temps, soit par minute:

| | | |
|---|---|---|
| L'ouvrière la plus habile fait à la main au maximum de. . . . . | 150 à 200 | mailles. |
| Le métier droit, dit *métier français*, où l'ouvrier travaille ordinairement avec les pieds et les mains. . . . . | 5,400 | — |
| Le métier droit automatique à divisions multiples pour façonnés et pour bas, formés avec la perfection de la plus habile tricoteuse. . | 45,360 | — |
| Le métier circulaire à mailleuses. . . . . | 56,750 | — |
| Le métier à chaines et à aiguilles articulées . . . . . | 240,000 | — |
| Le nouveau métier à aiguilles articulées et à chûtes multiples pouvant faire les façonnés au même prix que les unis. . . . . | 360,000 | — |
| Le métier circulaire à aiguilles articulées à double fonture. . . . . | 480,000 | — |

Quoique l'invention du métier classique à tricot remonte à deux siècles et demi, il est resté dans sa constitution primitive et sans modifications jusque vers 1820, des améliorations considérables dont nous venons de citer les résultats se sont donc réalisées dans l'espace d'un demi-siècle à peine. »

Tels sont, envisagés dans leur ensemble, les perfectionnements les plus importants, apportés dans la fabrication mécanique de la bonneterie. Nous allons maintenant examiner rapidement, quelles sont les machines nouvelles exposées en 1878. Mais auparavant, nous croyons nécessaires, pour ceux de nos lecteurs qui ne connaissent pas ces machines, d'indiquer tout d'abord, d'après la même autorité, les principes qui les régissent.

**Principe du métier à tricot.** — « L'ancien métier à tricot étant la base et le point de départ de tous les progrès réalisés, il est nécessaire de rappeler les principes sur lesquels il repose. Une série d'aiguilles d'une forme particulière A, placées dans une même rangée horizontale, les unes à côté des autres, et à égale distance, sont les organes fondamentaux (fig. 2 et 3), des aiguilles se trouvent encastrées à l'une de leurs extrémités, dans une pièce rigide, l'extrémité opposée se termine par une partie B fine, flexible et recourbée. Une pression assez faible suffit pour fermer la courbe B; la pointe de cette partie entre alors dans une cavité nommée *chas*, pratiquée dans la tige de l'aiguille. La fig. 3 montre les becs fermés. Entre chacune de ces aiguilles est disposée une pièce ou lame, remarquable surtout par un bec à angle droit C, et une courbure convexe ou *ventre* V disposée au-dessous. Ces lames, désignées sous le nom de *platines*, peuvent prendre un double mouvement de translation verticale et de translation horizontale, par des moyens mécaniques variables, dont nous n'avons pas à nous occuper pour le moment. Indiquons d'abord leurs fonctions: le fil à tricoter F, d'une substance quelconque, est étalé sans tension sur la rangée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

horizontale des aiguilles de manière à faire un angle droit avec leur direction. Un mouvement de translation verticale des platines appuie nécessairement les becs C sur le fil F (fig. 2), le forcent par conséquent à entrer dans les espaces

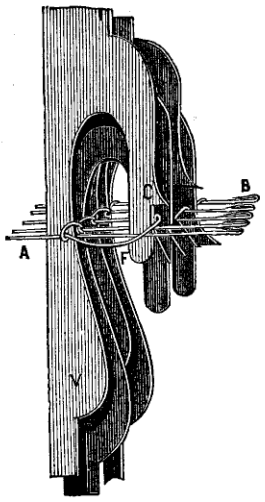



Fig. 2. — Première disposition des fils.

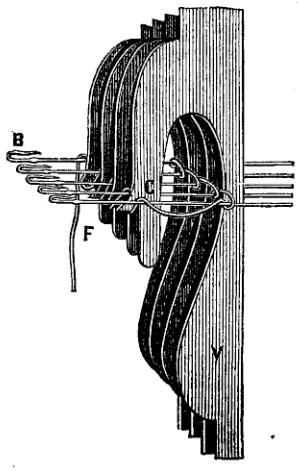



Fig. 3. — Cueillage.

vides qui séparent les aiguilles, dont l'ensemble se nomme la *fonture* du métier. Cette transformation du fil droit en une espèce de feston constitue le *cueillage* (fig. 3). L'entrelacement de deux courses successives de fil cueilli, forme une

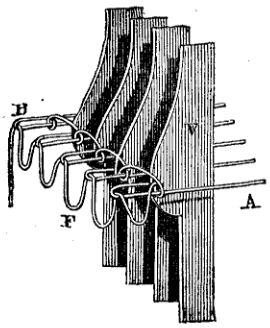



Fig. 4. — Aménage.

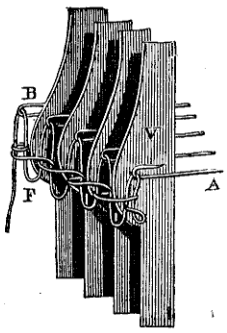



Fig. 5. — Abattage.

rangée de *mailles*. Pour opérer cet entrelacement, il faut qu'en arrière du feston formé dans la direction opposée à celle des becs des aiguilles, se trouve déjà une ligne du même fil préalablement *cueillie* comme la précédente, et reculée de façon à occuper la position que nous venons d'indiquer; il faut que ce feston s'avance et se dégage par dessus les becs fermés des aiguilles. L'avancement, dit également *aménage*, a lieu par un mouvement de translation horizontale des platines et l'action de la partie A sur le fil, (fig. 4). La fermeture des becs s'obtient par l'abaissement d'une règle ou presse, sur les courbes B (les figures ne représentent pas la presse), et le dégagement du feston par dessus les becs fermés, nommé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par cette raison *abattage* (fig. 5), se produit par une continuation d'actions horizontales de la part du jeu de platines.

L'on remarquera que la rangée de mailles primitivement formée a passé par dessus les becs, tandis que la nouvelle y est encore engagée. Il en résulte que le même fil a été alternativement bouclé autour de chacune des aiguilles fixes, comme autour de celles de la tricoteuse à la main. Après l'exécution de ces différents mouvements nécessaires à la formation d'une rangée de mailles, l'on fait reprendre aux organes leurs positions primitives, par une action simultanée désignée sous le nom de *crochetage* (fig. 6). L'intervention d'un crochet spécial ou espèce de levier courbe qui agissait de proche en proche sur des transmissions intermédiaires des plus anciens métiers, explique le sens de cette opération, dont le but est de rendre à chacun des organes sa position initiale.

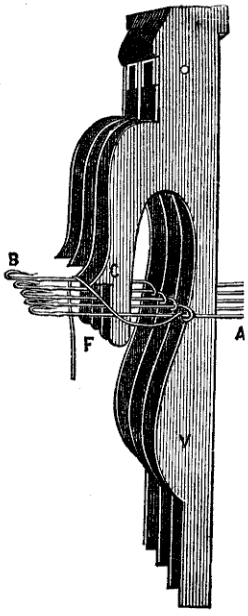


Fig. 6. — Crochetage.

L'étoffe à mailles (fig. 7) qui résulte de la manière d'opérer que nous venons d'examiner, est la plus simple de toutes. La différence entre les deux faces est la conséquence de la révolution du fil dans ses rebouclements. Les points, recouverts d'un côté, sont nécessairement apparents de l'autre. Elle est le type élémentaire des tissus réticulaires, comme la toile est le type le plus simple des étoffes à fils tendus et serrés. Quant à ce que l'on nomme la *façon*, ou détermination des formes du vêtement, du mollet, du bas de la jambe et de la pointe du pied, pour les bas, par exemple, elle s'obtient par des élargissements et des rétrécissements progressifs convenablement combinés par l'addition ou la suppression d'une boucle de chaque côté du tricot, au point où il doit être élargi ou diminué. Le nombre de rangées qui doivent subir ces modifications dépend évidemment du volume du vêtement. Les pièces planes, ainsi disposées à la sortie du métier, il n'y a plus qu'à les assembler en joignant les bords ou lisières par une espèce d'entrelacement ou de *remaillage*.

La description des différentes manière d'opérer la *façon*, et les détails de l'exécution, nous forceraient à sortir du cadre de cet article et à entrer dans des développements qui trouvent mieux leur place dans un traité spécial. Toutefois nous devons faire remarquer que les apparences des tricots et leurs propriétés d'extension varient avec le *mode de rebouclement*. Lorsque celui-ci s'effectue de façon à ce que le cueillage produise des festons alternativement inverses, les points de superposition et de rencontre des fils sont équidistants et les entrelacements identiques pour les diverses mailles présentent une résistance égale dans tous les sens.

Dans d'autres tricots, si l'on classe les boucles de chaque rangée en paires ou impaires, on voit que chacune des mailles paires est formée par le passage alternatif au-dessus et au-dessous du fil de sa voisine, tandis que les mailles impaires sont identiques à celles du tricot élémentaire ou type que nous avons analysé ci-dessus. Il en résulte que la propriété élastique et l'extensibilité des produits sont modifiées, que les mailles paires cèdent dans toutes les directions et que les mailles impaires s'étendent longitudinalement, mais à peine, dans la direction transversale. Ces mailles, considérées dans le sens vertical, offrent en quelque sorte des membrures solides et une série de points d'appui entre lesquels l'extensibilité transversale peut facilement se produire par un effort

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quelconque; et lorsque celui-ci cesse, le réseau reprend naturellement ses dimensions primitives. Ce genre de tricot, connu sous le nom de *tricot à côtes* depuis que la bonneterie existe, constitue un véritable tissu à ressorts. L'on fait parfois des bas et autres vêtements complets à côtes. Mais la plus grande application de ce tissu consiste dans son emploi comme *bords*, c'est-à-dire pour terminer l'entrée des bas, l'extrémité des manches, le bas des caleçons, etc. Les parties principales de ces vêtements sont en tricot ordinaire, celles à côtes, d'un moindre diamètre sont assemblées aux premières par un remaillage fait au métier; de là le nom de *bords côtes*. C'est l'addition de ces bords côtes qui rend toutes espèces de jarretières, de boutons et de rubans inutiles.

Disons un mot des moyens par lesquels ce genre d'étoffes s'exécute. On y arrivait autrefois par un mécanisme additionnel au métier ordinaire que l'on appelait le *petit métier*. On emploie généralement aujourd'hui le métier à deux jeux d'aiguilles ou *double fonture*. L'une de ces rangées d'aiguilles est disposée horizontalement comme à l'ordinaire et peut prendre un mouvement de va et vient parallèlement à elle-même. L'autre fonture est verticale, chacune des

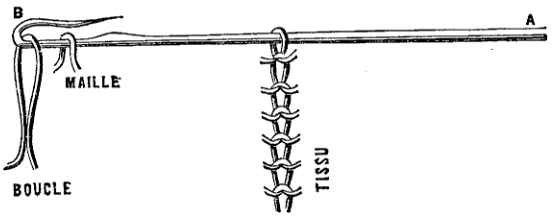



Fig. 7. — Étoffe à maille.

aiguilles de celle-ci correspond à l'intervalle de deux aiguilles horizontales. Chaque fonture est pourvue d'une presse spéciale. Il n'y a qu'une rangée de platines verticales comme dans le métier ordinaire, mais la course est double, de façon à ce que le cueillage forme des boucles d'un développement suffisant aux deux rangées. La fonture horizontale, retirée en arrière lors du cueillage, s'avance pour prendre la moitié de la hauteur des boucles résultant de l'abaissement des platines sur le fil, lorsque les aiguilles se sont *approvisionnées* de leurs mailles respectives en s'engageant par leurs extrémités dans les festons, elles reviennent sur elles-mêmes d'une certaine quantité, reçoivent alors l'action de leur presse qui ferme les becs. La fonture verticale prend l'autre moitié des boucles du feston. Sa presse agit à son tour, puis les deux demi-rangées d'une course de mailles viennent se réunir au formage et à l'abattage, qui ont lieu comme dans le travail ordinaire. Il en résulte une rangée formée de mailles alternativement saillantes et creuses. L'article est sans envers, la partie en relief de l'une des faces est en creux sur l'autre et *vice versâ*.

C'est par des variations d'entrelacements analogues à celles du tricot à côtes que l'on produit diverses autres façons. Le *guilloché* ou *quadrillé* s'obtient par une modification dans la manière d'opérer le pressage ou la fermeture des becs des aiguilles. Supposons que cette action, au lieu de se pratiquer simultanément sur tous les éléments de la fonture comme dans la production du tricot uni, s'opère par une presse qui porte des encoches par intervalles correspondants à certaines aiguilles, les becs de ces aiguilles ne seront pas pressés et resteront par conséquent ouverts. La maille précédente, ramenée en avant, rentrera sous ces becs au lieu de passer par dessus, et ne sera par conséquent pas abattue. Les aiguilles non fermées seront chargées de deux mailles ou plus, si on fait plusieurs rangées sans presser les aiguilles. Ces mailles doubles ou mul-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tiples étant abattues, forment sur le tricot des entrelacements saillants dont l'ensemble concourt à un effet général déterminé à l'avance, plus ou moins compliqué et qui lui a valu son nom.

La combinaison des *mailles doubles* s'obtient encore par le concours de la presse à guillocher. Elles sont réalisées en imprimant un mouvement de translation alternatif à la presse à encoches de droite à gauche et de gauche à droite; on arrive ainsi à changer la place des mailles doubles, d'une rangée à l'autre. Si dans la première les mailles sont doubles à chaque aiguille paire, dans la suivante, elles le seront à chaque aiguille impaire, et ainsi de suite. On peut encore produire l'effet du guilloché et obtenir divers résultats analogues en remplaçant la presse par une espèce de *peigne* (dit de *Berlin*). C'est un mécanisme qui, au lieu d'une barre à encoches, porte une règle à aiguilles dont les pointes peuvent entrer dans les intervalles des becs des aiguilles du métier et en soulever les mailles. Si l'on suppose ce mécanisme muni d'un nombre d'aiguilles égal à la moitié du nombre de celles de la fonture, et que par une manœuvre convenable, l'on vienne par ces lames ou aiguilles, agrafer une maille sur deux et les soustraire à l'action de la presse en les soulevant, le résultat sera analogue à celui de la presse à encoches. On incorpore parfois un fil nouveau et additionnel entre la séparation ainsi faite des mailles d'une rangée. Les tricots spéciaux qui constituent les bas élastiques contre les varices, sont en général obtenus par le passage d'un fil de caoutchouc dans l'angle formé par la presse ou le peigne de Berlin.

**Machines à tricoter de M. Buxtorf, de Troyes.** — L'Exposition contenait un certain nombre de types de machines à tricoter, soit du système Lamb (Buxtorf, Carbonnier et C^ie^), soit du système Molière. Nous ne pourrions, sans sortir du cadre de cette étude, étudier les unes après les autres les divers spécimens envoyés à Paris par tous nos exposants, nous préférons signaler, comme les résumant à peu près tous, les nombreux appareils exposés par M. Buxtorf, constructeur à Troyes. Avant cependant que d'étudier les différents types qui fonctionnaient à l'Exposition, nous croyons devoir donner le détail pour notre lecteur du fonctionnement du métier *circulaire* classique à fonture intérieure et du métier *rectiligne* double, dit tricoteur omnibus. Nous emprunterons cette description et les dessins qui s'y rapportent aux travaux faits récemment à ce sujet par le regretté M. Alcan.

1° *Métier circulaire à fonture intérieure.* — La fig. 11 (pl. IV), représente une élévation extérieure d'un métier en fonction, par conséquent garni de tous ses accessoires.

La fig. 12, en est le plan, vu en dessus.

La fig. 13, une coupe verticale faite suivant un plan passant à la fois par l'axe de métier et celui de l'arbre de commande. On fait sur ces métiers des produits quelconques, mais plus particulièrement les tissus fins.

Les principales parties sont:

Les platines M, représentées fig. 3 à 7, à une échelle moitié d'exécution. Ces platines sont en acier et portent un bec pour amener le fil sous les aiguilles, ainsi qu'une encoche pour s'engager dans un cercle ondulé, suivant les diverses opérations à exécuter.

Les contre-platines N, de même métal et de même épaisseur, mais affectant, comme dans les autres métiers, la forme rectangulaire.

Les aiguilles *a'* (fig. 1 et 2), complétement semblables à celles que nous avons déjà décrites. Comme on a pu se familiariser avec les organes d'un métier cir-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

culaire, nous nous bornons à décrire la partie essentielle, celle relative à la formation de la maille.

La fig. 3, montre la disposition de toutes les pièces travailleuses au commencement de l'opération. Les platines M occupent, comme les contre-platines N, les intervalles qui séparent chaque aiguille, avec cette différence toutefois que leur disposition est horizontale, tandis que dans le métier classique dont nous nous sommes servis pour exposer les principes, elle est verticale. Les contre-platines jouent entre ces aiguilles sans en sortir, tandis que les platines entrent et sortent exactement comme celles d'une mailleuse. Ce mouvement est produit par un double cercle ondulé; nous reviendrons sur sa disposition. Le brin de coton ou d'autre matière représenté en $a'$, sur les fig. 3 à 7, est amené sur les aiguilles $a$, ainsi que cela a lieu dans tous les métiers, au moyen d'un mécanisme particulier remplissant les fonctions des cylindres alimentaires des filatures. Ce brin de coton est destiné, comme on sait, à passer dans le bec de l'aiguille; la fig. 4, indique cette opération, qui s'effectue par le cercle ou chemin de fer excentrique D et par le crochet $b''$. C'est à ce moment que la roue de presse S, appuie sur le bec pour le faire entrer dans le chas, et que le deuxième fil placé précédemment sur les aiguilles peut s'éloigner vers le bord, poussé par les contre-platines N, (fig. 5). Les platines M se retirent et les contre-platines verticales continuent leur office (fig. 6), jusqu'à ce qu'enfin l'abattage supplémentaire $c''$ (fig. 7), agissant, force, par son action, le fil $a''$ à passer sous les aiguilles, et à faire partie du tricot continu tendu par le contre-poids.

La série de mouvements nécessaires pour obtenir l'action simultanée des platines et des contre-platines consiste, en résumé, à les faire avancer et reculer à l'aide d'un double chemin de fer DD′ présentant des courbes ondulées (fig. 12), qui agissent sur les parties $mm'$ des platines M : 1° En faisant tomber ces dernières sur le brin de coton pour opérer le cueillage et l'entraîner ensuite au fond du bec, opération obtenue par une came de chûte $T^2$, détaillée fig. 14 et 15, et sous laquelle passent les platines. 2° En fermant le bec des aiguilles à l'aide d'une roue de presse S, détaillée fig. 16 et 17. Pour éviter une pression trop forte qui, dans certains cas, pourrait fausser les aiguilles, on a placé, sous ces mêmes roues S, une pièce de soulagement ou *souteneuse* L (fig. 11, 18, 19), montée à vis sur un support L′ afin de régler son élévation. 3° En faisant avancer les contre-platines N à l'aide de cames d'abattage $s^3$ indiquées seulement au plan (fig. 12) et à la partie inférieure du détail (fig. 16 et 17), on se rappelle que c'est l'organe qui repousse le fil en dehors du métier.

Les petites roues *rentreuses* K (fig. 9 et 10), montées sur le support K′, remettent ces dernières à leur position primitive. Comme elles sont placées sous les aiguilles, elles ne sont pas visibles dans les vues d'ensemble. Mais la lettre K (fig. 12) repère leur position réelle. Enfin, 4°, en faisant relever les platines par une ondulation pratiquée sur le chemin D, en sens contraire des premières, c'est-à-dire verticalement. L'opération est complétée par l'abattage supplémentaire, (fig. 7, 12, 13, 20, 21 et 22), composé d'une roue $c''$ placée obliquement sur le métier, de manière à jeter en dehors du cercle ponctué (fig. 12), qui représente l'extrémité des aiguilles, tout le tissu dont les mailles sont terminées. Le tricot fabriqué d'après ces principes est analogue à tous ceux obtenus par des moyens différents, soit sur des métiers droits, soit sur des métiers circulaires. Nous en avons représenté un échantillon à une grande échelle sur la fig. 8.

*Disposition générale du métier.* — Comme tous les métiers circulaires, celui-ci est suspendu par un axe central G, qui porte toutes les pièces tricoteuses. Il est mis en mouvement par un arbre à manivelle A (fig. 11 à 13) supporté à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ses extrémités par deux supports $a''$; l'un, celui près de la manivelle, est boulonné sur la cuvette D, l'autre est fixé sur le plateau immobile F.

L'arbre A porte deux roues d'angle B et B' transmettant, la première, le mouvement au *peigne* ou couronne divisée G, et la deuxième engrenant avec une roue horizontale $d''$ solidaire par la douille $d''$ avec le tambour H, qui porte les aiguilles. Ces deux roues coniques sont placées de manière à former un même angle relatif, et font tourner, de cette façon, à une même vitesse, le peigne qui porte les platines M et le tambour qui porte les aiguilles $a'$. Il résulte de cette disposition que les platines sont toujours placées en regard du vide de deux aiguilles consécutives. Il est facile de comprendre maintenant qu'en faisant tourner tout l'ensemble mobile, les platines M, qui sont retenues par une saillie $m'$ et leur encoche $m$, se trouveront successivement poussées suivant les courbes par le chemin D et ramenées par le collier D'.

Le peigne G glisse en tournant dans la cuvette D; mais, pour rendre son mouvement plus doux, il roule sur trois galets représentés en $d$ (fig. 23); il est de plus, centré par d'autres galets identiques $d'$ fixés par un support J, et entaillés dans la cuvette. Dans son mouvement de rotation, le peigne commande quatre petites roues d'angle I' qui transmettent le mouvement à deux roues droites $I^2$, par les intermédiaires $i$; c'est pour ces roues ou *fournisseurs* $T^2$ servant de rouleaux d'appel que les fils des quatre bobines $i'$, montées sur l'ailette $n$, se réunissent pour alimenter régulièrement la fabrication du tissu. L'appareil fournisseur est fixé sur le plateau F et sur la cuvette par les supports I et $d^2$, et cette dernière est elle-même suspendue au moyen de quatre supports à colonnettes E, recevant les ailettes $n$. Le *chemin de fer* vertical D' s'y adapte par douze petites pattes en bronze $r$, et pour que son élévation ne soit pas un obstacle au remplacement des platines brisées ou détériorées, le constructeur a rapporté dans plusieurs endroits des petites portes sans saillies qui se lèvent à volonté.

Les platines, comme on a pu le remarquer, ne sont pas fixées dans le peigne; elles ne sont que passées dans de petites fenêtres un peu plus grandes que leur épaisseur, et obéissent constamment aux doubles ondulations des chemins de fer D et D'. Toutes les pièces que nous venons de décrire s'adaptent autour du métier par une suite de supports à coulisses boulonnés au plateau F. C'est d'abord le support S' où se fixe à coulisse la roue de pression S. Une oreille $s^2$ reçoit la came d'abattage $s^3$ dont les fonctions sont connues. De chaque côté de ce support, on en boulonne deux autres TT', qui maintiennent la came de chûte. Immédiatement après le support T, se trouve le support U, de l'abatteuse supplémentaire.

2° *Métier rectiligne double, dit tricoteur omnibus.* — Ce métier a pour but la fabrication, d'une manière courante, d'un tube de tricot augmenté ou diminué dans le nombre des mailles qui le composent. En dehors de ce produit, ce métier permet encore de fabriquer, sans couture, la presque totalité des articles de bonneterie proportionnée; en effet, on y obtient indistinctement et instantanément: 1° Un tube de tricot diminuable à volonté et ayant pour développement deux fois la largeur d'une des fontures; 2° A chaque rangée faite, il est loisible à l'ouvrier d'interrompre, soit d'une rive seulement, soit de deux rives à la fois, le tricotage circulaire de ce tube, et partant, de produire, soit deux bandes de tricot séparées, soit une seule bande, également diminuables sur leurs lisières, et susceptibles d'être de nouveau réunies en tube. La manière d'opérer ces changements dans le produit sera facilement comprise à l'aide de la description suivante et du dessin annexé:

Fig. 1, [pl. V]. Coupe en bout de l'ensemble des deux métiers accouplés;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 2, Vue de face d'ensemble de toute la machine;
Fig. 3, Vue extérieure et intérieure des règles de cueillement et d'abattage;
Fig. 4, Porte-coton et son tendeur automatique;
Fig. A, [pl. VI]. Poinçon à diminuer;
Fig. B, Disposition des aiguilles pour le tricot simple ou uni, *tubulaire;*
Fig. C et D, Disposition des aiguilles pour le tricot double, dit *à côtes anglaises, à lisières;*

A, B, C, D (fig. 1 et 2, pl. V) montrent le mécanisme connu de la transformation du mouvement continu en mouvement rectiligne alternatif par bielle simple.

La partie fondamentale de ce double métier consiste : 1° En deux barres fendues fixes F et F F (fig. 1 et 2, pl. V), parallèles en direction, mais inclinées l'une sur l'autre de manière à ne laisser entre elles, à leur partie supérieure, que l'espace longitudinal nécessaire à la descente du tricot : ces deux barres portent sur leur face supérieure des rainures transversales dans lesquelles les rainures des deux fontures G et G G peuvent coulisser en montant et en descendant; 2° Deux règles de nivellement et d'abattage (fig. 1 et 3, pl. V) appliquées parallèlement sur les barres fendues, et mobiles horizontalement; elles portent chacune deux rainures I et I I, et L et L L, dans lesquelles coulissent les talons des aiguilles, un excentrique et un contre-excentrique mobiles H et *h* (voir le détail fig. E et F, pl. VI).

**Disposition pour tricot-tube.** — Les excentriques H des règles, après avoir, par le glissement de ces dernières, agi sur toute la longueur de la fonture pendant leur course dans une direction, rencontrent la touche J, qui les fait descendre en supprimant ainsi totalement leur action sur la dite fonture. Au bout de leur course dans l'autre sens, ils sont remontés par une seconde touche J J et ramenés à leur position primitive pour agir de nouveau en temps suivant.

L'action des touches J et J J des deux barres étant ainsi alternativement opposée, il s'ensuit que lorsqu'une fonture travaille et prend du fil au guide-fil N commun (fig. 2 et 3, pl. V) qui suit le mouvement des barres, la fonture opposée reste au repos, et qu'un fil continu est ainsi fourni alternativement aux deux fontures, ce qui produit nécessairement un tube de tricot ayant pour développement le double de longueur d'une fonture. Pour cela, il est convenable que les aiguilles soient disposées dos à dos, celles d'une fonture en face de celles de la fonture opposée, comme le montre la fig. B (pl. III). Il faut de plus que les aiguilles de chaque rive des deux fontures aient entre elles, à la tête, la même distance qui existe entre deux aiguilles voisines de l'une des fontures, pour ne pas produire sur le tricot une raie longitudinale par l'effet de brides plus longues ou plus courtes.

**Dispositions pour un tricot à deux lisières.** — En changeant la disposition des touches J et J J, de telle sorte qu'une des fontures fonctionne pendant *un va et vient* pour rester ensuite en repos pendant *un second va et vient*, tandis que la seconde fonture, qui est restée en repos pendant le premier mouvement, travaille pendant le second ou produit un *tricot à deux lisières* d'une largeur double de la longueur d'une fonture, soit les deux lisières à gauche, par exemple, et le pli à droite, et *vice versâ, ad libitum.*

**Pour deux tricots à deux lisières.** — Si, avec la même disposition de touches que pour le *tricot-tube*, on adopte deux guide-fils, c'est-à-dire un pour chaque fonture, on produit simultanément deux tricots ayant chacun deux lisières, pouvant être de couleur ou de matières différentes et d'une largeur égale à la longueur d'une fonture. On voit qu'en employant successivement les deux disposi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tions différentes des touches et un ou deux guide-fils, on fait à volonté : 1° du tricot tube; 2° un tricot à deux lisières; 3° deux tricots et quatre lisières; 4° un tube avec couvertures à lisières, soit d'un côté, soit des deux côtés opposés, de n'importe quelle longueur, combinaison qui, avec les diminutions dont nous parlerons plus loin, permettent de produire sur le métier tous les articles diminués et proportionnés, quelle que soit la variété de leurs formes.

**Pour côtes anglaises.** — Nous avons dit que, pour le tricot *simple ordinaire*, soit en tubes, soit à lisières, les aiguilles étaient placées en face les unes des autres et les deux fontures travaillant *alternativement*. Si l'on transporte l'une des barres fendues (ce qui est possible par la construction du métier) de telle sorte que les aiguilles d'une fonture soient en face des *intervalles* des aiguilles de la fonture opposée, en supprimant l'action des touches et en fixant les excentriques de manière à ce qu'ils fonctionnent constamment et simultanément dans les deux sens, les deux fontures fonctionnent alors ensemble; les aiguilles se croisent comme on le voit dans la figure c (pl. VI), celles d'une fonture passant entre celles de la fonture opposée, le fil alimentant en même temps les deux fontures, on produit du tricot double dit *à côtes anglaises*. Une seconde rainure longitudinale L L, dont nous n'avons pas encore parlé, est pratiquée dans la partie inférieure de chacune des règles de cueillement E et EE. C'est une rainure de garage. Chacune de ces règles porte, en outre, à chaque bout un guichet K, coulissant transversalement à la règle et permettant d'élever et d'abaisser un certain nombre d'aiguilles; ce guichet est maintenu sur la règle par un ressort dans chaque position qu'on lui donne. Lorsqu'on veut diminuer, on élève d'abord (fig. 3), à l'aide du guichet K, les aiguilles de rive assez haut pour que les mailles qui y sont accrochées passent au-dessous de la palette de l'aiguille; on applique sur ces aiguilles de rive le poinçon M (fig. A, pl. VI), qui les recueille, puis on fait descendre le guichet qui entraîne avec lui les aiguilles libres de mailles jusqu'à la jointure L L. Lorsque les aiguilles descendent, les mailles dont elles étaient chargées font refermer les palettes et passent sur le poinçon, à l'aide duquel on les reporte sur les aiguilles voisines. Les talons des aiguilles déchargées restent alors dans la rainure L L, où les excentriques n'ont plus d'action sur elles. Cette opération se fait, à volonté, soit d'un côté, soit de l'autre, ou des deux côtés. On peut donc, à l'aide des guichets, supprimer successivement l'action de toutes les aiguilles de chaque fonture et diminuer ainsi la largeur du tricot jusqu'à zéro. Voir les détails de cette partie sur une plus grande échelle, fig. E et F, pl. VI.

On comprend facilement qu'on puisse augmenter la largeur du tricot par le même moyen, en faisant remonter successivement dans la rainure d'action II, à l'aide des guichets, les aiguilles descendues dans la rainure L L, dite de *garage*. Il est indispensable, pour la régularité de la maille, que le fil arrive du guide-fil aux aiguilles avec une tension sensiblement constante. Or, quand, pour les diminutions, il y a moins d'aiguilles à alimenter, et portant moins de fil que la course du guide-fil n'en appelle de la bobine, il faut que ce surplus soit retiré. On n'obtient qu'imparfaitement ce résultat par un tendeur ou poids interposé qui agit aussi bien, sinon plus facilement, sur le fil *du côté de la bobine* que *du côté du guide-fil*, ce qui, au lieu de raccourcir la partie livrée en trop, redonne au contraire *un surplus*, à moins de faire des retraites qui tendent les fils peu résistants et les cassent souvent. Le résultat désirable a été obtenu par un tendeur automatique de la manière suivante :

**Tendeur automatique.** — Le fil, sortant de la bobine *a*, traverse en *b* et en *c* la tige horizontale du porte-fil (fig. 4), et subit, avant de passer en *c*, la légère

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pression d'un levier compresseur R, articulé sur cette tige. Il supporte ensuite, en passant sous sa poulie, le chariot vertical *d*, pour de là traverser un œil en avant de la susdite tige, d'où il se rend au guide-fil et aux aiguilles. Le fil, tenant ainsi suspendu le chariot *d*, qui glisse à l'aise le long de deux colonnes verticales, est tendu, mais arrêté du côté de la bobine par la pression du levier compresseur R, tandis que le chariot ne le tend que du côté du guide-fil. De plus, par suite d'inégalités dans le fil ou toute autre cause, si le tirage ou l'alimentation l'exige, le chariot s'élève jusqu'en haut des colonnes-guide, et soulève par sa tige verticale *g* le levier compresseur qui laisse ainsi facilement passer le fil ou l'obstacle qui le retenait. La broche *f* du milieu du chariot est destinée à recevoir, au besoin, des poids additionnels pour régler le tirage des chariots, suivant une tension proportionnée à la résistance du fil.

**Appareils divers construits et exposés par M. Buxtorf.** — Comme l'Exposition Buxtorf ne comprend pas moins de dix-neuf machines différentes, il nous est impossible de les étudier toutes avec le détail qu'elles comportent. Nous ne ferons donc que signaler les plus importantes, en indiquant brièvement les particularités les plus remarquables qui s'y rapportent. Nous signalerons tout d'abord un métier circulaire (diam. 24 pouces ou 666 mill., jauge 24 gros, 1072 aiguilles) à 2 mailleuses droites, marchant au moteur avec charge automatique continue des systèmes Neveux, Goduiot et C^ie^, portant :

1° Deux chaîneuses doubles pour tricots garnis, doublés, peluchés;

2° Une gratteuse pour tirer à poil sur le métier même;

3° Un débrayage proportionnel à friction, frein et casse-fils automatiques. L'embrayage, dont la friction se règle sur la résistance normale du métier, est si sensible que, non-seulement quand un fil vient à manquer, mais encore aussitôt que la résistance normale augmente, ne fût-ce que par le tirage d'un fil, le métier s'arrête spontanément sans choc ni recul, la chûte du casse-fil déterminant en même temps la suppression de la commande et l'intervention simultanée du frein adhérent au même arbre. Cet appareil prévient les désastres des *battages* et les accidents ordinaires du tricotage résultant de la brutalité de la courroie, chose qui avait amené bien des fabricants à renoncer à l'emploi des moteurs pour la conduite de leurs métiers;

4° Des cylindres dits canelliers différentiels, dont le mouvement est réglé sur la dépense du métier, et qui amènent à la mailleuse, sans aucun tirage, le fil nécessaire à la maille. Ces appareils permettent de tricoter les fils les moins consistants comme les mèches de rota-frotteur ou de banc à broches; les canelles tournent différentiellement, de plus en plus vite, au fur et à mesure qu'elles se dévident, attendu qu'elles reposent par une de leurs génératrices sur le cylindre, de manière à délivrer toujours la même quantité de fil, que la bobine soit grosse ou petite. Avec le débrayage à frein et les canelliers, un seul ouvrier surveille un minimum de 4 métiers à deux mailleuses, produisant 40 kilogr. de tricot par jour, en mailles variées 20 fois. au lieu de 7 à 8 kilogrammes, moyenne de la production journalière de l'ouvrier bonnetier à la main;

5° Ce métier est aussi muni de roues jumelles agissant alternativement par l'intermédiaire d'un cercle régnant autour du métier et à l'aide d'un compteur Vaucanson; il rend ainsi successivement de la maille unie, des dessins variés, de la côte 1 et 1, 2 et 2, du piqué et du gaufré. De là, production sans arrêt de la camisole à taille, jupons à dessins variés, etc. Les rentreuses articulées de M. Buxtorf, étant actionnées par le même mécanisme, suppriment ou laissent subsister les effets de ces roues de presse à des périodes concordantes.

Nous avons encore remarqué dans l'exposition de M. Buxtorf un autre métier circulaire (diam. 1 mètre, dit 36 pouces, jauge 24 fins, 2280 aiguilles) à 4



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mailleuses, moulinets règle-maille et fournisseurs. Ce métier est muni de deux systèmes de piqueuses à jours (invention J. Goutin); le perfectionnement consiste dans la disposition et la forme des roues piqueuses, qui permettent de reporter les mailles et de les repiquer dans le tricot uni, sans avoir à dédoubler les mailles à l'endroit des jours comme jusqu'à présent. Le produit plus varié s'applique ainsi aux bas, chaussettes, etc., qui demandent des alternatives de jours et de mailles unies, aussi bien qu'aux jupons, camisoles et autres articles entièrement à jours. L'ouvrier tourne et produit à la même vitesse que lorsque le métier ne rend que de la maille ordinaire, sauf les arrêts pour changements de dessins et de couleurs.

Signalons encore un nouveau métier rectiligne simplifié pour mailles côtes anglaises, complétement automatique et à aiguilles self-acting, avec compteur Vaucauson. La production de ce métier est aussi grande et aussi facile que son mécanisme est simple. Tout bonnetier peut faire lui-même, sans difficulté, ses bords-côtes et longs de bas, sans avoir recours aux spécialistes, cette machine coûtant beaucoup meilleur marché, tout en produisant davantage que les autres métiers rectilignes à côtes anglaises, toujours très-compliqués de mécanisme. Le spécimen exposé, de 2 têtes ou fontures rend de 15 à 18 douzaines de paires de bords-côtes (élastiques) par jour, mûs à la main ou au moteur, à la vitesse de 40 ou 50 rangées à la minute. Cette grande production résulte autant de l'emploi de l'aiguille self-acting que de l'application du compteur universel Vaucauson à 6 effets; l'ouvrier n'ayant plus qu'à surveiller ses fils, les ourlets, rangées lâches ou raccourcies, les rayures et variures se produisent automatiquement et aux périodes voulues sur ce métier, (très-léger, du reste, de maniement), on peut confier sans crainte quatre têtes à un seul surveillant. Les bâtis s'établissent de 2 à 6 têtes et sont plus d'un tiers moins coûteux que tous les autres systèmes. On y produit, sans arrêt, les ourlets en côtes 2 et 2, côtes doubles, etc.

Non loin de ce métier est un autre métier rectiligne à aiguilles self-acting pour tricots mixtes combinés de mailles élastiques à cueillement *continu* et de mailles fixes *indépendantes*, dites à chaîne. Le problème aujourd'hui résolu par ce métier consistait dans l'union pratique des deux contextures principales du tricot, le cueillement continu du même fil sur toutes les aiguilles et le cueillement partiel unifiant ses mailles par variures ou superpositions. Ce résultat, comme le prouve le spécimen de deux têtes exposé, est atteint de la manière la plus simple, car ce métier peut produire, avec de jeunes apprentis, tous les articles difficultueux pour longs de bas de fantaisie, que les anciens systèmes dits à *chaîne cueillante*, ne pouvaient rendre que très-lentement, et d'une manière coûteuse, avec les ouvriers les plus habiles. Suivant ses excentriques et ses causes de cueillement; ce métier peut faire automatiquement, en mailles unies ou en mailles doubles et côtes françaises, des rayures en long et des rayures en travers, des carreaux, losanges, etc., suivant toutes les combinaisons des deux systèmes de cueillement réunis. Les fils des passettes peuvent également être additionnés, et dessiner par superpositions sur un fond de maille unie. La production est celle de tous les métiers rectilignes pour mailles ordinaires, sans diminutions; elle suit la jauge et le nombre des têtes. La vitesse d'action est de 40 à 50 rangées à la minute. Les métiers s'établissent de 2 à 4 têtes. En somme, les tricots produits par ces combinaisons gardent l'élasticité de la maille unie, tout en participant aux avantages de variation et de pureté de dessins, bien supérieurs, des métiers chaîne à maille fixe.

Enfin, nous signalerons encore dans l'exposition Buxtorf, un petit spécimen de 86 millimètres de diamètre et de 60 aiguilles d'un métier tubulaire maille fixe et continue, lequel se construit ordinairement pour jupons, couvertures, etc.,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à 1 mètre de diamètre. Le but principal de ce métier (portant comme les rectilignes maille-fixe autant ou plus de fils que d'aiguilles) est de pouvoir jeter les fils, au besoin toujours du même côté, sans *sortir d'œuvre*, c'est-à-dire sans solution de continuité. Cette condition, impossible à remplir sur la ligne droite, est remplie tout naturellement sur le cercle qui n'a ni commencement ni fin, et qui ne peut laisser de viduité pour les aiguilles ou pour les fils. Le tricot ainsi produit acquiert l'élasticité de la maille unie à cueillement continu d'un seul fil pour toutes les aiguilles; il s'en rapproche, en effet, en raison du passage successif des mêmes fils dans toutes les aiguilles, ce qui produit des spirales continues dont la hauteur est égale au nombre de rangées, égalant elles-mêmes le nombre d'aiguilles du métier. La couronne tourne à volonté à droite ou à gauche sous l'action de cames dont la forme détermine les dessins ou redoublements de mailles aux points de retour comme pour les zigzags, etc. Ce nouveau métier résout encore le problème de la fabrication sans diminution des sections ou des bandes à lisières de tricot, de largeurs variables s'additionnant au tube. Il suffit, au lieu d'actionner la totalité des aiguilles du cercle du métier avec tous ses fils comme pour produire un tube, de ne laisser opérer qu'une partie déterminée des aiguilles et des fils; la bande de tricot sera de la largeur des aiguilles fonctionnant à chaque rangée, et on comprend qu'en en supprimant une ou plusieurs, à chacune de ces rangées, le résultat sera égal, en hauteur, aux susdites rangées, mais réduit en largeur progressivement, tout en gardant lisières et en se raccordant au tube qui peut se continuer. Ces opérations se font soit à la main, soit à l'aide du compteur Vaucauson, muni de grains d'action, comme sur le métier rectiligne automatique à côtes anglaises sus-décrit. Toutes les formes de calottes, bérets, chapeaux, etc., y sont ainsi obtenues sans diminutions reportées.

**Tricoteur mécanique circulaire avec appareils électriques, de M. C.-A. Radiguet.** — Un constructeur de Paris, M. Radiguet, a exposé un métier circulaire muni de divers appareils électriques, parmi lesquels un système de débrayage spontané, un révélateur de fils cassés et un révélateur d'aiguilles trop chargées, trous ou mailles coulées.

L'emploi de l'électricité dans la mécanique textile, n'est pas nouveau. On sait entre autres quels grands services peut rendre dans les tissages l'application des casses-fils électriques à mouvement d'arrêt, adapté à l'ourdissoir mécanique, par exemple.

Mais jusqu'ici, en fait d'appareil électrique appliqué à la bonneterie, on connaissait surtout celui de M. Bertsch, lequel se composait d'une série de petits chevalets mobiles sur chacun desquels passait un fil; chacun de ces chevalets était soumis, de bas en haut, à la pression d'un ressort qui tendait à le relever, mais qui pouvait permettre son abaissement, si la tension du fils devenant trop forte, donnait lieu à une pression supérieure de haut en bas; le fil, à la tension nécessaire pour le bon fonctionnement du métier, le maintenait dans une position moyenne qui laissait le circuit débrayeur ouvert et par conséquent interrompu.

Soit que ce chevalet s'abaissât, soit qu'il s'élevât, des contacts conducteurs s'opéraient, le circuit était fermé, un électro-aimant devenait actif et le métier était arrêté. Si donc, par suite d'un mauvais bobinage, d'un frottement anormal de la bobine sur son axe, ou du passage d'un nœud nuisible au travail, le fil subissait une tension capable de déterminer une rupture, le chevalet s'abaissait et le métier s'arrêtait avant l'accident. En cas de rupture du fil, le chevalet se relevait, fermait le circuit par sa partie supérieure et arrêtait encore le métier.

Mais, comme on le remarquera, ce débrayage électrique ne prévenait que la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rupture, tandis que le tricoteur de M. Radiguet comprend aussi un appareil révélateur d'aiguilles trop chargées et de trous ou mailles coulées. Voici le rapport qui a été fait dernièrement sur cet appareil à la *Société d'encouragement*.

**Débrayeur** (Pl. VI, fig. 1, 2 et 3.) — Le support A de cet appareil est fixé au métier circulaire à tricot dont la fig. 1 donne (pl. VI) une élévation partielle. Une fourchette B, chargée de maintenir en prise le manchon d'embrayage de l'arbre moteur, est articulée entre les oreilles *c* munies de l'axe de rotation, de telle sorte qu'elle peut incliner en avant lorsqu'elle abandonne le manchon d'embrayage (voir le ponctué de la fig. 2).

De petits galets D, fixés à l'intérieur de la fourchette B, viennent s'engager dans la gorge du manchon d'embrayage E, afin, soit de le maintenir en prise avec la poulie motrice M, soit de le laisser échapper suivant que le courant électrique ne passe pas ou passe dans l'appareil, positions qui correspondent respectivement au fonctionnement ou à l'arrêt du métier.

Pour cela, une lame de ressort F est fixée au support A, et tend constamment à repousser la tige B de la fourchette en dehors de sa position verticale.

A la partie supérieure du support A est encore articulé un levier G G′ qui peut basculer de haut en bas; lorsqu'il est dans la position horizontale, le crochet G enclanche la tige B de la fourchette en comprimant le ressort F, et par suite le manchons E est embrayé.

Toujours sur le support A sont montées les bobines H d'un électro-aimant, dont la tige I de l'armature II′ est chargée, quand le courant ne passe pas, de soutenir la queue G′ du levier G, afin de produire l'enclanchement de la tige de la fourchette B.

L'axe de l'armature II′ oscille sur les points J, et la petite vis buttante L sert à régler l'angle d'oscillation.

Le fil X de l'un des pôles de la pile est attaché à la borne K.

Les choses sont ainsi disposées pour qu'il y ait fermeture du circuit au moindre accident; si un fil vient à casser, si un trou vient à se produire dans le tricot, ou bien si une aiguille se trouve indûment chargée de plusieurs mailles, immédiatement le courant arrivant par la borne K, l'armature II′ est attirée et instantanément levée G G′ s'abaissant, la fourchette B est rendue libre et le manchon E débrayé. L'ouvrier répare alors l'accident, puis il remet facilement le métier en marche en relevant avec la main la tige de la fourchette B, pour l'enclancher de nouveau sous le crochet G.

Il reste maintenant à expliquer comment les accidents dont nous venons de parler font passer le courant dans le débrayeur; pour chacun de ces accidents, il y a un petit appareil spécial.

**Appareil révélateur des fils cassés.** (fig. 4, 5 et 6). — L'appareil révélateur des fils cassés est placé en N dans la disposition générale du métier (voir fig. 1); cette lettre est celle par laquelle est désignée la boîte des contacts. Cette boîte circulaire en corne, renferme les deux lames de contact O placées en regard l'une de l'autre, de manière à ne pouvoir se toucher lorsqu'elles sont au repos; chacune d'elles correspond respectivement à l'un des pôles de la pile, en sorte que de leur contact dépend la fermeture du circuit.

De petites tiges en fil de fer P sont recourbées en forme de longs crochets; dans chacun d'eux passe un des fils Q du métier, en sortant de sa bobine élémentaire Q′. Sur un disque de laiton, au centre de la boîte N, est fixé un axe R autour duquel les crochets P peuvent tourner librement et indépendamment les uns des autres.

A cet effet, ces crochets sont montés sur des bagues ou viroles, folles sur l'axe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

R ; ils ne sont maintenus debout que par le fil qui les traverse en les soutenant, si bien que, lorsqu'un fil casse, le crochet correspondant tombe aussitôt. L'excessive et indispensable mobilité de ces crochets leur a fait donner par l'inventeur le nom de *danseurs*. Pour les solliciter à tomber, de petites lames de ressort sont montées sur une broche en fer S fixée au haut d'un appendice de la boîte N, parallèlement à l'axe R, de même qu'un fil de fer contre coudé T qui traverse le centre de la boîte N autour duquel il peut tourner; c'est sur ce fil de fer que tombe chaque crochet, toutes les fois que le fil qui le soutient vient à casser.

Dans l'intérieur de la boîte, à l'extrémité du fil de fer T, est fixée une petite masse de cuivre U qui occupe la portion indiquée fig. 6, lorsque tous les crochets P sont debout, et que par conséquent le fil de fer T n'a pas été sollicité à descendre par la chûte de l'un d'eux. Une goupille *u* est fixée, comme un doigt, à la tête de la petite masse U.

Lorsque cette masse, par suite de la chûte d'un crochet, se relève dans la position indiquée en ponctué fig. 6 le doigt *u* descend, et, appuyant sur le ressort supérieur O, le met en contact avec le ressort inférieur. Or, comme ce dernier est, comme il a été dit, en rapport avec l'un des pôles de la pile, et que le premier correspond au débrayeur en relation lui-même avec l'autre pôle, le circuit se trouve fermé et instantanément le débrayage du métier a lieu.

La communication électrique est établie par la borne inférieure W, où vient s'attacher l'un des fils de la pile et portant le ressort inférieur O ; à celui supérieur se rattache, par la vis *w*, le fil qui correspond au débrayeur.

L'appareil est fixé sur le métier par la broche en fer Y, laquelle à son extrémité inférieure porte, à cet effet, un anneau qu'on serre dans une tête de vis.

**Appareil révélateur des aiguilles trop chargées et des trous ou mailles coulées** (fig. 7 et 8). — Cet appareil est placé en *z* dans la disposition générale du métier représenté (fig. 1) ; il est monté concentriquement à la périphérie du tambour qu'enveloppe le tissu en cours de fabrication, et se relie, d'une part, à la pile, et de l'autre, au débrayeur. Il est construit de la manière suivante :

Une petite console en laiton *a*, composée d'une table horizontale et d'une table verticale, est placée sous la fonture horizontale, de telle sorte que, dans leur rotation, les aiguilles passent au-dessus et tout près d'elle sans la toucher.

Dès que, pour une cause quelconque, une aiguille ne renvoie plus la maille pour en laisser former une autre, plusieurs mailles s'accumulent sur son bec et la font ployer de haut en bas, si bien qu'en arrivant au-dessus de la console *a*, elle produit un frottement d'où résultent la fermeture immédiate du circuit et par conséquent, le débrayage du métier.

Un levier en laiton *b* est fixé sous la table horizontale de la console *a*, à un axe *c* autour duquel il peut tourner, et qui est isolé de la console par des rondelles en ivoire. Une vis buttante *d*, portée par le talon du levier *b*, sert à régler l'angle de rotation de ce levier.

Pendant la rotation des aiguilles, le levier *b*, placé dans la position de la fig. 7, c'est-à-dire en dehors de la console dont il est complètement isolé, frotte sur le tissu qui passe devant lui ; mais si un trou ou une maille coulée se présente dans la fabrication, il pénètre, par son extrémité, dans la solution de continuité du tissu et, entraîné alors dans la rotation, il rentre sous la console *a*, contre la table verticale de laquelle il vient butter; ce contact ayant pour résultat de fermer le circuit, le débrayeur fonctionne instantanément.

Le fil *x* de la pile est attaché à la borne *e*, et un second fil *g* est en relation avec le débrayeur.

L'appareil est relié au métier par le support *g*, qui est formé d'une règle de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fer de forme circulaire se plaçant suivant la périphérie du tambour qui porte le tissu.

**Pose des appareils et des fils électriques.** — La poulie motrice et son manchon n'ont qu'une dent taillée à 45° pour faciliter l'embrayage et pour éviter tout frottement provenant de la vitesse acquise. Le débrayage se fixe sur son support, de manière que les galets de la fourchette viennent prendre le manchon dans l'axe de l'arbre du métier.

La poulie tourne folle entre une bague perdue sous sa dent entraînante et la manivelle placée au bout de l'arbre de commande.

Le manchon va et vient sur une clavette fixe de la longueur de sa dent entraînée; qui se dégage de celle entraînante de la poulie quand le métier se débraye.

Le *révélateur des fils cassés* se dispose en avant du fournisseur ou du guide-fil, et se règle en l'inclinant légèrement sur son axe de support, de façon que les danseurs soient toujours prêts à tomber dès que les fils qui les soutiennent viennent à casser.

Le support du *révélateur de trous et d'aiguilles chargées* se place sous une des roues repousseuses du métier, de telle sorte que la table horizontale de la console entre de 4 à 5 millimètres sous la fonture, et se trouve éloignée de 1 millimètre de chaque aiguille qui passe devant elle.

Deux *fils conducteurs* correspondant aux deux pôles de la pile sont disposés dans l'atelier, ce sont les conducteurs généraux. Au moyen d'une tension faite avec soin, on greffe alors sur ces deux conducteurs tous les fils des appareils que porte chaque métier, et le fonctionnement électrique a lieu comme si les métiers avaient chacun une pile séparée.

**De la pile.** — On prend du bisulfate de mercure et on en met 100 gr. dans chaque vase de verre; puis on verse dans ceux-ci de l'eau ordinaire, de manière que, les charbons s'y trouvant, le niveau ne s'élève pas à plus de 1 centimètre au-dessus du sol; le tout est placé dans une boîte. Tous les charbons étant disposés du même côté, on relie au moyen d'un fil conducteur le charbon d'un élément au zinc de l'autre, et ainsi de suite. Enfin on met en communication avec le charbon l'une des bornes extérieures de la boîte, qui représente l'un des pôles, et avec le zinc l'autre borne, qui est l'autre pôle; on serre le tout et la pile est montée.

La pile doit se placer dans un endroit sec où la gelée et le soleil puissent le moins l'atteindre. Tous les 12 ou 15 jours, on doit ouvrir la boîte et, sans rien démonter, faire tomber les efflorescences salines qui pourraient se former hors de l'eau après les charbons et les zincs.

**Machine à tricoter de famille, de la Cie américaine Bickford.** — Nous n'avons jusqu'ici parlé que des machines à tricoter fabriquées en France, en voici une autre d'origine américaine, construite par la Cie Bickford, de Brattleboro (État-Unis). Comme on le verra, elle ne fonctionne pas sur un principe nouveau et a beaucoup de rapports avec le métier rectiligne du système Lamb, perfectionné par M. Buxtorf de Troyes et employé dans un certain nombre de pensions et couvents sous le nom de *tricoteur omnibus* (décrit plus haut); mais la combinaison mécanique suivant laquelle les mêmes principes sont réalisés dans ce métier américain présente dans certains détails un caractère d'originalité pratique qui nous a paru digne d'être signalé.

Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire à ce sujet l'excellente description qu'en a donné dernièrement M. Regnard *(Société des ingénieurs civils,*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1877, p. 830) : Le tricot est formé « dans le petit engin qui nous occupe, par une série d'aiguilles ou de crochets avec pattes à charnière, animés d'un simple mouvement rectiligne alternatif. La petite pièce à charnière ou doigt mobile vient s'appliquer contre le crochet de la tête de l'aiguille et le fermer pendant sa descente à travers chaque maille.

Ces aiguilles sont logées dans les cannelures ou rainures verticales d'un cylindre en fonte, et assujetties par un collier ouvrant, de manière à ne pouvoir prendre, une fois posées, qu'un mouvement vertical ascendant ou descendant. Enfin, ce mouvement est donné à toutes les aiguilles par une rainure en forme de V, portée par un cylindre moteur qui enveloppe le premier, et est mis en action au moyen d'une manivelle par l'intermédiaire de deux engrenages d'angle. Cette rainure vient saisir successivement les aiguilles par leur partie inférieure, recourbée à angle droit, et les force à descendre, puis à remonter.

Tels sont les organes principaux, simples, robustes, faciles à démonter sans le secours d'aucun outil, qui constituent essentiellement la tricoteuse dont nous nous occupons.

Le fonctionnement en est facile à comprendre. Chaque petite aiguille est primitivement entourée d'un fil, enroulé à la main et accroché de place en place à une masse en fil de fer chargée de poids et ayant pour fonction de tirer l'ouvrage à mesure qu'il se fabrique. Puis on fait tourner la manivelle en présentant un fil devant les aiguilles ; celles-ci en descendant prennent le fil dans leur crochet qui se ferme de lui-même par le relèvement du petit doigt formant pied-de-biche, entraînent une boucle de fil dans celle primitivement créée, et forment une nouvelle maille ; lorsque l'aiguille remonte, le doigt s'abaisse, et la petite cuiller qui le termine monte assez haut pour s'échapper de la maille créée ; la même chose se répète sur chaque aiguille à chaque tour, de sorte qu'en faisant seulement 50 tours par minute, avec un cylindre monté de 100 aiguilles, on fait 5000 mailles. Si on emploie le cylindre de 144 aiguilles, et qu'on fasse faire 100 révolutions par minute au cylindre moteur, on arrive à faire 14400 mailles par minute, et on produit un tube de tricot, plus ou moins serré, dans lequel on peut découper et coudre toutes sortes d'objets. Si l'on veut faire, sans coutures, ou avec une couture ou un remmaillage unique, tel ou tel objet déterminé, comme un bas, par exemple, la machine permet d'exécuter ce travail directement, de faire le talon, les diminutions de la jambe, celles de la pointe, les ourlets, les côtes, les jours, etc, par des moyens excessivement simples.

Pour faire par exemple, un travail plat, une bande de largeur uniforme ou variable, on ne monte qu'une partie des aiguilles, et on donne à la manivelle un mouvement alternatif. Deux petites chevilles, qu'on place dans des trous du bâti à volonté, servent à limiter dans ce cas la course, sans qu'on ait à s'en préoccuper, et en même temps font rétrograder le guide-fil de façon à ce que le fil se présente toujours devant chaque aiguille avant qu'elle soit saisie par la rainure qui lui imprime le mouvement. Pour faire des côtes, il suffit d'enlever des aiguilles, en laissant leur logement vide. Pour rétrécir, on enlève des aiguilles, mais en rapprochant les voisines pour combler les vides, et en jetant la maille de chaque aiguille enlevée sur celle qui l'avoisine.

Pour former des dessins dans le tricot, on soulève des aiguilles pendant un certain nombre de tours, en les mettant ainsi hors de la portée de la rainure motrice ; on arrive ainsi à produire des effets variables à l'infini, selon le goût ou l'imagination de l'opérateur. Une femme exercée arrive, paraît-il, à produire jusqu'à 20 paires de bas par jour.

Une série de menus détails dans la construction sont encore à noter, aussi remarquables au point de vue de la cinématique qu'à celui de la simplicité et de la solidité des organes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, la variation de longueur de la maille est obtenue en déplaçant une partie de la cannelure en forme de V que fixe une vis de pression. La tension est obtenue par des poids suspendus à la masse en fil de fer sur laquelle on agrafe le fil en montant l'ouvrage, c'est-à-dire en créant à la main la première maille, avec un petit outil spécial.

La réparation d'un accident quelconque survenu au cours du travail, par suite d'une maladresse, est des plus faciles; une longue aiguille, munie du même petit doigt à charnière que celles du métier, permet de ramasser les mailles tombées ou échappées. Enfin, on peut faire sur cette petite machine des ourlets, des franges, de l'astrakan, des passementeries, varier les couleurs, et même, avec un peu de soin broder des dessins en couleur dans le corps du tricot.

Ce qui est généralement la partie la plus difficile de la fabrication des bas, c'est la confection des talons, mais avec cette machine les talons se font avec la même facilité que le reste du bas; la diminution de largeur du tube et la variété de sa configuration s'obtiennent en soulevant, pour les mettre au point mort, certaines aiguilles, ou en enlevant un certain nombre d'aiguilles, et en rapprochant les autres. Quant au prix de la machine, il varie de 30 à 60 dollars suivant le nombre des cylindres de rechange, munis de fontures différentes de 27 à 144 aiguilles, qui sont fournies avec la machine; c'est comme on le voit, une dépense abordable aux petites bourses, et qui sera d'ailleurs rapidement couverte par les bénéfices tirés de l'emploi de ce métier ».

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, et comme d'ailleurs l'a fait observer M. Simon, ce n'est là qu'une réduction ingénieuse du métier circulaire connu. L'aiguille self-acting est employée depuis longtemps dans les métiers à bonneterie rectilignes et circulaires. La rainure en forme de V, pour l'élévation et l'abaissement des mêmes aiguilles, existe dans les fontures droites ou courbes. Mais les ingénieuses modifications dont nous venons de rendre compte sont une preuve de plus de l'esprit pratique des américains en toutes sortes de choses.

**Unification des jauges des métiers à tricot.** — L'Exposition a eu à s'occuper récemment dans l'un des Congrès qu'elle a organisés, de l'unification du numérotage des filés. On aurait pu à ce sujet, signaler une anomalie qui existe dans la construction des métiers à tricot, nous voulons parler de la dissemblance des numérotages qui servent à les désigner. Dans un ouvrage publié récemment (*Die Technologie der Wirkerei*), M. Gustave-Willkomm s'est occupé de cette question et il a conclu à l'adoption d'une *jauge* uniforme basée sur le système métrique décimal. M. E. Simon a été le premier en France à signaler (*Moniteur des Fils*, 1875, n° 21) les remarques de M. Willkomm; et nous croyons intéressant de reproduire en partie ici la traduction à peu près littérale du chapitre consacré par l'auteur allemand à l'éclaircissement de cette question.

On nomme *division* l'écartement centre à centre de deux aiguilles, ou le diamètre d'une aiguille plus la largeur du vide compris entre deux aiguilles. A très-peu d'exceptions près, et seulement pour de très-forts métiers, cette division est disposée de telle sorte que l'espace compris entre deux aiguilles soit égal au diamètre de l'une d'elles. D'après le mode d'insertion des aiguilles dans la fonture, il est évident que l'on ne peut changer facilement ni vite la division de cette fonture; aussi un métier conserve-t-il généralement la même jauge et se trouve-t-il utilisé à la confection de tricots de même sorte. C'est pour ce motif que l'on désigne la force d'un métier à bonneterie par la grandeur de sa jauge. Celle-ci forme une fraction de l'unité de mesure et varie par suite avec les localités.

*En Angleterre* on désigne par *jauge* le nombre de plombs portant deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aiguilles qui sont compris dans la longueur de 3 pouces anglais. Ainsi par exemple, un métier n° 12 (12 *jauge*) porte 12 plombs ou 24 aiguilles sur 3 pouces anglais, soit 8 aiguilles au pouce anglais; en d'autres termes, la division correspondant à une aiguille mesure 1/8 de pouce anglais.

*En France,* on employa d'abord la même jauge; plus tard, le pouce anglais fut remplacé par les mesures du pays, l'ancien pouce de Paris. La jauge française servit alors à désigner le nombre de plombs, toujours à deux aiguilles, compris dans trois pouces de Paris. Avec les meures métriques, la France adopta un nouveau pied égal au tiers du mètre et divisé en 12 pouces. On conforma le numéro du métier au nombre de plombs mesurés sur une longueur de 3 pouces nouveaux et l'on admit des jauges de deux espèces, la *jauge fine* et la *jauge gros*. Tel est encore le système français : avec un métier jauge gros, on désigne le nombre de plombs portant *deux* aiguilles comptés sur une longueur de trois pouces métriques; avec un métier jauge fin, le nombre de plombs portant *trois* aiguilles pour la même longueur. Par exemple, un métier n° 21 gros a 21 plombs ou 42 aiguilles aux 3 pouces, la division de la fonture correspondant à une aiguille est égale aux $\frac{3''}{42} = \frac{1''}{14}$; et un métier n° 21 fin a 21 plombs aux 3 pouces, ou 21 aiguilles au pouce, c'est-à-dire que l'aiguille correspond à $\frac{1''}{21}$. Les rapports entre les numéros « gros » et les numéros « fin » sont donc comme 3 : 2. En pratique, on compte les jauges gros jusqu'au n° 27 (54 aiguilles aux 3″) et les jauges fin depuis le n° 20 (60 aiguilles aux 3″).

L'*Allemagne* qui, à son tour, a reçu de France le métier à tricot, compte partie comme ce pays, partie avec les mesures de l'Allemagne du Sud, partie avec les mesures saxonnes. On avait aussi adopté antérieurement les anciennes désignations françaises. On distinguait les métiers à deux ou trois aiguilles; c'est à-dire dans lesquels les plombs portaient deux ou trois aiguilles; les derniers étaient désignés ainsi qu'en France par le mot « fin »; pour les métiers à deux aiguilles, on ne comptait que 8 numéros, de 0, 1, 2 jusqu'à 7, chaque numéro comprenant un nombre de plombs à deux aiguilles exactement déterminé pour la longueur de 3 anciens pouces de Paris. Ainsi :

| | | | |
|---|---|---|---|
| N° 0 = 40 | plombs à 2 aiguilles | pour 3″ | de Paris. |
| 1 = 36 | — | — | |
| 2 = 32 | — | — | |
| 3 = 30 | — | — | |
| 4 = 28 | — | — | |
| 5 = 26 | — | — | |
| 6 = 24 | — | — | |
| 7 = 22 | — | — | |

Cependant, les constructeurs allemands se basaient de moins en moins sur le pouce français, ils adoptaient au contraire les mesures locales et, en Saxe par exemple, on arrivait à l'échelle suivante :

| | Plombs. | | | Aiguilles. | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Métier n° 7 | 22 = 44 | aux 3 pouces | de Saxe | ou 14,15 | au pouce | de Saxe. |
| — 6 | 24 = 48 | — | — | 16 | — | — |
| — 5 | 26 = 52 | — | — | 17,18 | — | — |
| — 4 | 28 = 56 | — | — | 18,19 | — | — |
| — 3 | 30 = 60 | — | — | 20 » | — | — |
| — 2 | 32 = 68 | — | — | 21,12 | — | — |
| — 1 | 36 = 72 | — | — | 24 » | — | — |
| — 0 | 40 = 80 | — | — | 26,27 | — | — |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces numéros servirent généralement jusqu'aux dix dernières années et servent encore en partie à désigner les métiers qui fonctionnent dans *l'Allemagne du centre*. Mais ce sont là des données bien incomplètes dont on doit déduire péniblement ce que l'on a surtout intérêt à connaître, la grandeur de la division propre à chaque aiguille. Les désignations anglaises et françaises ne fournissent pas non plus des indications précises, car les calculs nécessaires pour connaître la grandeur d'une subdivision d'aiguille déterminée, sont plus longs encore; elles n'ont d'utilité que pour les constructeurs en leur permettant de déterminer la force des plombs isolés d'après le nombre de ces plombs contenus dans une certaine mesure de longueur. Aussi a-t-on senti la nécessité d'indiquer la division des aiguilles elles-mêmes, division naturellement basée sur la nature des tricots à produire.

*En Saxe* et dans les pays environnants, depuis longtemps déjà, le numéro correspond au nombre des aiguilles qui occupent dans la fonture la longueur d'un pouce saxon. Ainsi, l'on entend par métier n° 20 celui dont la fonture porte 20 aiguilles au pouce. La division correspondant à une aiguille isolée en est facilement déduite, elle forme nécessairemet une fraction de pouce indiquée par le numéro du métier. Dans l'exemple précité, cette fraction devient $\left(\frac{1}{20}\right)''$

En raison de sa grande simplicité, ce mode d'indication s'est promptement étendu, et l'on ne fait guère usage en Saxe des anciens numéros, si ce n'est pour les métiers les plus forts d'après les anciennes conventions :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Un métier à | 14 | aiguilles | = | n° 7 |
| — | 16 | — | = | 6 |
| — | 18 | — | = | 5 |
| — | 19 | — | = | 4 |
| — | 20 | — | = | 3 |

Tandis que pour les numéros plus fins, les métiers sont désignés, comme il a été indiqué, par le nombre des aiguilles au pouce saxon ; la dernière classification a, d'ailleurs, l'avantage de convenir parfaitement au numérotage des métiers circulaires.

La conversion réciproque des quatre principaux modes de numérotage des métiers à tricot, saxon, anglais, français *gros* et français *fin*, se réalise facilement, elle s'impose aujourd'hui fréquemment par suite de la multiplicité des relations commerciales entre les divers pays de construction. Si l'on désigne le numéro saxon par S, le numéro anglais par E, le numéro français *gros* par F $g$, le numéro français *fin* par F $f$, on voit que :

S aiguilles = 1″ saxon.
E plombs = 2 E aiguilles = 3″ anglais.
$F_G$ plombs = 2 $F_F$ aiguilles = 3″ français mètres.
$F_F$ plombs = 3 $F_F$ aiguilles = 3″ — —

En ramenant les différentes unités (pouces) aux mesures métriques, on a en millimètres :

1 pouce (″) saxon = 23,6
1 — anglais = 25,4
1 — français = 27,78

Ceci posé, il est facile d'en déduire les rapports entre deux numéros, par exemple, entre un numéro saxon S et un numéro anglais E :

S aiguilles = 1″ saxon et 1″ saxon = $13^m/_m,6$.
$25^m/_m,4$ = 1″ anglais et S″ anglais = E plombs.
1 plomb = 2 aiguilles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'où $$S.25{,}4.3 = 23{,}6.E.2.$$

$$S = \frac{23{,}6.2}{23{,}4.3} E = 0{,}62\ E$$

et par conséquent :

$$E = \frac{1}{0{,}62} S = 1{,}62\ S$$

c'est-à-dire qu'en multipliant le numéro anglais par 0,62, on obtient le numéro saxon correspondant, et en multipliant le numéro saxon par 1,61, on obtient de même le numéro anglais équivalent. Exemple : Un métier anglais jauge 28 est, d'après l'échelle saxonne, un métier (0,62.24 = 15 en chiffres ronds) et un métier n° 20 saxon (20 aiguilles) est, suivant le numérotage anglais 1,61.20 = 32 jauge.

Par une équation analogue à celle ci-dessus, on peut toujours établir les rapports des numéros de deux échelles différentes ; les résultats de ces calculs sont consignés dans le tableau ci-après :

| S | E | Fg | Ff |
|---|---|---|---|
| | S = 0,62 E | = 0,57 Fg | = 0,84 Ff. |
| 1,61 S = | | E = 0,92 Fg | = 1,37 Ef. |
| 1,76 S = | 1,09 E = | | Fg = 1,50 Ff. |
| 1,18 S = | 0,72 E = | 0,67 Fg = | Ff. |

Pour les métiers circulaires français, dans lesquels les aiguilles ne se trouvent pas parallèles, les résultats de ces tableaux ne sont pas immédiatement applicables ; il faut savoir en quel point de la longueur de l'aiguille la mesure a été prise pour déterminer le numéro. Mais avec les métiers rectilignes à la main et mécaniques, aussi bien que pour les métiers circulaires anglais, ces valeurs sont d'un usage constant.

Quelques exemples en feront mieux saisir l'utilité :

1. Étant donné un métier saxon à 30 aiguilles, on a besoin de connaître le numéro du métier anglais et du métier français correspondants.

L'une des formules ci-dessus fournit :

$$E = 1{,}61\ S = 1{,}61.30 = N° 48 \text{ anglais.}$$

La formule suivante montrerait que :

$$Fg = 1{,}76\ S = 1{,}76.30 = N° 53 \text{ français } \textit{gros}.$$

Mais comme les numéros français *gros* ne vont pas si haut, on trouve à la cinquième ligne horizontale des formules :

$$Ff = 1{,}18\ S = 1{,}18.30 = N° 35 \text{ à } 36 \text{ français } \textit{fin}.$$

2. De même, un métier français désigné par le n° 22 *gros* correspond au numéro saxon 12 à 13 aiguilles, en vertu de la formule 0,57 Fg = 0,57.22 et un numéro anglais 20 à 22 *jauge* en se basant sur la formule E = 0,92 Fg = 0,92.22.

3. Un métier anglais porte le numéro 30 *jauge*, c'est en Saxe le n° 0,62 E = 0,62.30, soit à $^{18}/_{19}$ aiguilles, et en France le n° 0,73 E = 0,73.30 = 22 *fin*.

4. Un métier français 22 *fin* devient, en Saxe, 0,85 Ff = 0,85.22 = 18 à 19 aiguilles et en Angleterre 1,37 Ff = 1,37.22 = 30 *jauge*.

Si faciles que soient ces conversions des divers numéros, il serait cependant préférable d'adopter partout un mode de désignation uniforme, et il serait fort

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

souhaitable que tous les intéressés, fabricants de tricots et constructeurs de métiers, voulussent s'entendre pour cette unification. La base la plus rationnelle repose sur la division de l'aiguille, ainsi que nous l'avons vu pour le système saxon. Mais depuis l'introduction des mesures métriques en Allemagne, l'ancien pouce de Saxe n'est plus admissible comme unité et l'on se demande quelle longueur doit être prise pour point de départ. En Angleterre, on tombera dans le même embarras, si ce pays adopte le système métrique, et en France, les difficultés eussent été les mêmes, lors de l'adoption du mètre, si un nouveau pouce n'avait été créé simultanément, pouce fort peu différent, d'ailleurs, de l'ancien, puisque l'ancien pouce de Paris = $27^{mm},07$ et le nouveau pouce de France 27,78; de cette façon, les nouveaux numéros ont présenté avec les anciens un écart à peine sensible et le *pouce* est demeuré l'unité de mesure.

En Allemagne, le *pied* a complétement disparu depuis l'introduction du système métrique; un nouveau *pouce*, il est vrai, a été adopté, mais il se rapproche beaucoup du centimètre, par conséquent il est très-sensiblement plus petit que les longueurs usitées sous le nom de pouce dans les divers pays allemands. Une modification dans le numérotage qui sert à désigner les métiers s'impose donc aujourd'hui et il reste seulement à choisir une nouvelle mesure de longueur, susceptible de conserver un nombre déterminé d'aiguilles, car les divisions correspondant aux aiguilles devront toujours servir à déterminer le numéro du métier. Prendre pour base un nouveau pouce = $10^{mm}$ ne semblerait pas rationnel, car, c'est une petite mesure qui, pour de très-forts métiers aussi bien que pour des métiers fins, donnerait des fractions ou des nombres fractionnaires plutôt que des numéros, d'où l'on ne tirerait pas aisément la grandeur d'une division d'aiguille. Voici dès lors ce qu'il faut faire:

Prendre à l'avenir pour unité la longueur de 100 millimètres et exprimer ainsi par le numéro du métier le nombre des aiguilles comprises dans cette longueur. Avec cette graduation, un métier n° 50 porterait 50 aiguilles au décimètre, c'est-à-dire qu'une division serait égale à 2 millimètres. La longueur du décimètre se prête à toutes les exigences de la construction et de la fabrication industrielle; chacun pourrait ainsi se représenter aisément la fonture d'un numéro donné ou la grandeur d'une division correspondant à ce numéro. Par exemple, dans un métier n° 100, les aiguilles seraient exactement réparties comme les millimètres sur le mètre; dans un métier n° 50, elles occuperaient une largeur de 2 millimètres; dans un métier n° 80, $1\,^1/_4$ millimètre; dans un métier n° 25, 4 millimètres. Si maintenant, pour les calculs des métiers plus fins, la longueur de 100 millimètres paraissait trop considérable et le travail trop long, on pourrait, sans difficulté, se baser sur 50 ou sur 25 millimètres et multiplier en fin de compte par 2 ou 4, de même que l'on note les révolutions d'une poulie par 30 ou par 15 secondes pour se baser ensuite sur le total, fourni dans une minute.

Le rapport de la graduation proposée avec les anciens numéros saxons, s'obtient comme suit (N désignant le numéro nouveau):

$$N \text{ aiguilles} = 100^{m}/_{m}$$

$$23^{m}/_{m},6 = 1''$$

$$1'' = S \text{ aiguilles.}$$

$$N = \frac{100}{23,6}\,S = 4,24\,S$$

et

$$S = \frac{23,6}{100}\,N = 0,236\,N.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un métier 100 nouveau correspondrait donc au numéro saxon actuel obtenu en multipliant 100 par 0,236, soit n° 23 à 24; un métier désigné aujourd'hui par le n° 12 serait, avec la nouvelle échelle, le numéro résultant de la multiplication de 12 par 4,24, soit 51.

## V. — LES PASSEMENTERIES.

Quelques-uns placent dans l'Inde le berceau de la passementerie. C'est là une opinion qui, sans être erronée, est au moins prématurée, car il n'existe aucun indice qui puisse la confirmer. Tout ce qu'on peut dire, c'est que, comme la broderie, elle remonte à une haute antiquité. Il est tout naturel en effet qu'elle ait dû être connue des peuples orientaux quelque peu civilisés, le goût du luxe, joint à une imagination active, amenait à se servir d'ornements très en vue, à dessins originaux, et il n'est pas étonnant dès lors qu'on ait retrouvé des vestiges de passementeries dans les vieux tombeaux de l'Égypte. Des peuples de l'Asie, ce genre d'ornementation fut transmis à la Grèce et de là en Italie. Chez les Romains de la décadence, il était assez goûté, car il favorisait singulièrement les goûts efféminés des derniers empereurs. Après l'invasion des barbares cependant, il n'en fut plus question.

En France, ce n'est guère qu'à l'époque de la Renaissance qu'on la voit reparaître, mais c'est surtout depuis le règne de Louis XIV qu'elle est devenue une véritable industrie, grâce surtout à l'immense consommation qui s'en fit à la Cour du roi et aux encouragements du ministre Colbert. Aujourd'hui, elle constitue chez nous une des branches manufacturières les plus importantes, les principaux centres de production sont Paris et ses environs, Lyon, Saint-Étienne, Saint-Chamond, Beauvais, Douai, Amiens, Saint-Quentin, Loudun, Toulouse, Caen, Nîmes, Tours, Nantes et Clermont. Le nombre des établissements est de 300 à Paris et de 200 en province.

Ce qu'on appelle le *métier à passementerie*, est une sorte de métier à tisser dans lequel la duite, dont la course n'excède pas la largeur d'un galon, est entassée par le seul poids du battant, auquel l'ouvrier ne met les mains que pour le repousser en lançant la navette. Ce battant est en pente et ce n'est qu'en étant soutenu par des bretelles qui sont passées sous ses bras, que l'ouvrier qui conduit le métier, peut arriver au seuil en se penchant d'une manière exagérée. Mais à vrai dire, il n'existe pas de métier à passementerie proprement dit, car le nombre des modèles que comporte cette industrie est tellement étendu qu'elle exige tour à tour une très-grande variété de machines, parmi lesquels les métiers Jacquard, ceux à haute et basse lisse, le petit métier, le métier tourniquet, le métier à fuseaux, l'établi pour articles nouveautés, etc.

D'une manière générale, on peut dire que la main-d'œuvre de la passementerie se divise en: 1° tissage, 2° retordage, 3° enjolivure ou travail à l'établi. Les matières premières employées sont presque toutes de provenance française. La moyenne des salaires journaliers est en France pour les hommes de 5 fr., pour les femmes de 2f,50 et les jeunes filles de 1f,20. La production annuelle est de 100 millions de francs environ, dont la matière première représente environ les $^5/_8$. Les produits de la passementerie française se vendent dans toute la France et s'exportent dans le monde entier. La valeur des produits consommés à l'intérieur peut s'évaluer au tiers de la production. L'importation se borne à quelques passementeries de laine venant d'Allemagne et va sans cesse en décroissant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il n'est pas facile de *classer* la passementerie. Les cinq divisions suivantes, consacrées par l'usage, peuvent être adoptées:

1° Passementerie nouveauté; 2° d'ameublement; 3° militaire; 4° pour voitures et livrées; 5° pour vêtements d'hommes.

La *passementerie nouveauté* se fabrique surtout à Paris, Lyon, Saint-Étienne, et Saint-Chamond. Elle comprend les ganses, cordons, tresses, galons, agréments au métier, au cousu, au crochet, boutons à l'aiguille, noirs ou couleurs, pour robes et vêtements de dames. Dans ce genre, c'est naturellement la France qui l'emporte, comme dans tous les produits qui ne doivent leur écoulement qu'au bon goût qui a présidé à leur confection. Nos moindres modèles sont copiés à l'étranger; l'exposition française se trouve ici assez variée, mais toutes les expositions étrangères qui ont essayé de lutter avec nous ne savent même pas toujours bien imiter les modèles que nous leur avons fourni: généralement l'ensemble s'y trouve, mais très-souvent le seul point qui ferait ressortir l'objet en question est oublié.

La *passementerie d'ameublement* constitue chez nous une branche d'industrie moins importante que la passementerie nouveauté. L'étranger qui souvent sait fabriquer à meilleur compte que nous, fait en ce genre de produits grande concurrence à la France; mais si nous vendons plus cher, il est bien évident pour tous que nous faisons tout aussi bien, particulièrement dans nos modèles des styles Louis XIV, Louis XV et Louis XVI.

La *passementerie militaire* nous offre des types d'une richesse extraordinaire dans certaines contrées étrangères, particulièrement en Russie, en Autriche, etc. Les produits d'or et d'argent qui figuraient à l'Exposition ont certainement atteint le fini désirable, on ne peut guère mieux souhaiter. Chez nous, où l'on recherche plutôt l'élégance et la légèreté, la passementerie militaire tourne un peu trop, ce nous semble, à la passementerie nouveauté.

La *passementerie pour voitures et livrées* avait un peu décliné depuis 1870, en grande partie à cause des événements de cette époque et de l'indifférence générale du public pour ce genre d'ornements. Aujourd'hui que le goût du luxe a repris le dessus, cette industrie semble renaître de ses cendres et les modèles de livrées que nous avons vu à l'Exposition témoignent d'un grand progrès et d'un succès incontestable.

Enfin, chez nous la mode a proscrit depuis longtemps, la *passementerie pour vêtements d'hommes*, mais il est encore bien des pays où le brandebourg et le galon chamarré sont encore en usage, particulièrement en Autriche et un peu en Russie. L'industrie des boutons est la seule qui, chez nous ait encore quelque succès, mais elle était peu représentée à l'Exposition.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## VI. — LES RUBANS ÉPINGLÉS.

On désigne sous ce nom les pièces de tissus étroites et longitudinales destinées à imiter les fourrures bouclées et particulièrement l'*astrakan* gris ou noir. Tantôt ces pièces restent telles quelles et sont employées comme bordures pour collets d'habits, manches, confection pour dames, etc., tantôt elles sont cousues ensemble et forment des vêtements entiers, ayant parfaitement l'aspect frisé du poil de certains animaux.

Cette fabrication a ses principaux centres à Saint-Étienne, qui fait cependant plutôt aujourd'hui le ruban de soie, et surtout à Comines (Nord) concurremment avec les rubans en fil de lin et coton pour bretelles, jarretières, tirants de chaussures, courroies pour noix de broches, etc. On en fabrique aussi un peu en Allemagne. A Comines, cette industrie est séculaire. A une époque qui n'est pas encore bien éloignée, c'était la seule fabrication de cette ville: on n'y comptait pas moins de vingt petites fabriques. Depuis 1830, la plupart de ces petits industriels ont disparu, et la fabrication s'est insensiblement concentrée aux mains des plus intelligents et des plus travailleurs. Aujourd'hui, il n'en existe plus que quatre, produisant beaucoup plus que leurs vingt devanciers. Les principaux exposants en ce genre, étaient MM. Lauwick et Galland, de Comines, qui, non contents de fabriquer d'excellents produits ont encore apporté un grand nombre de perfectionnements, aux métiers à tisser qu'ils font fonctionner.

**Fabrication des rubans épinglés.** — Pour ce qui concerne les *métiers à épinglés*, ces perfectionnements ne portent en général que sur des détails, mais ils ont encore leur valeur. En voici par exemple quelques-uns: On sait que les épinglés se fabriquent au moyen de deux aiguilles qui viennent, l'une après l'autre, abaisser la chaîne et la relever. Dans l'ancien métier, le jeu de la navette était indépendant de celui des aiguilles, et celles-ci ne prenaient place qu'après le lancé des duites de dessous. M. Galland a rendu le mouvement de la navette solidaire du mouvement de l'aiguille, celle-ci se place en même temps qu'elle avance ; de deux mouvements l'inventeur n'en a fait qu'un, et il y a ainsi autant de coups gagnés qu'il y en avait de perdus auparavant. C'est donc là un perfectionnement notable.

En voici un autre : Dans le tissage de ces rubans, une quadruple chaîne se déroule au fur et à mesure du derrière du métier, pour former la série de boucles nécessaires à produire l'effet voulu. La chaîne est alors absorbée avec une extrême rapidité, et, lorsqu'il dirige l'ancien métier, l'ouvrier est obligé de se déranger toutes les dix minutes pour fournir une ample quantité de fil à l'aiguillée. Dans le nouveau système imaginé par M. Galland, la bobine de chaîne se déroule petit à petit d'une quantité justement égale à la longueur d'une boucle. L'ouvrier qui, autrefois, perdait deux heures au moins par jour en marches et contremarches, se voit ainsi avantageusement remplacé.

**Métier à tisser les rubans unis.** — Comme nous n'avons encore rien dit des métiers à tisser les rubans de fil de lin et que la vitrine de MM. Lauwick et Galland, contenait un grand nombre d'échantillons de ces rubans, de tous genres et de toutes dimensions, nos lecteurs nous permettront de leur donner connaissance des perfectionnements apportés aux métiers qui les fabriquent par ces mêmes inventeurs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On connaît l'ancien métier à rubans, ou plutôt le métier à rubans employé généralement aujourd'hui. Un bâti carcasse supporte la couronne et le système du tambour. Des leviers, situés au faîte du métier, mûs par des marches placés au bas, mettent en mouvement l'armure qui donne le mouvement aux fils de chaîne. D'autres marches sont mises en mouvement par des cordes et font passer les navettes dans les chaînes de gauche à droite et *vice versâ*. Toutes les navettes sont solidaires et l'arrêt de l'une d'elles nécessite l'arrêt du métier tout entier. Le métier de M. Galland diffère surtout de l'ancien par sa subdivision en plusieurs parties. L'embrayage y est en même temps spécial pour chacune des parties, et aussi applicable à l'arrêt total. D'une part, en effet, deux parties d'un arbre d'embrayage, s'adaptant l'une dans l'autre, et répétées à chaque portion du métier, peuvent, au moyen d'une déclinche, être rapprochées ou éloignées à volonté, de façon à faire arrêter les engrenages qui commandent le système et qui sont emmanchés sur eux, ou à leur communiquer le mouvement. D'autre part une tringle à fourchette, comme il s'en trouve dans toutes les machines, permet de faire passer la courroie de la poulie fixe sur la poulie folle et d'arrêter ainsi le métier en cas d'accident.

A première vue, ce nouveau métier est incontestablement préférable à l'ancien. Subdivisé en plusieurs parties, il permet d'en arrêter une en laissant fonctionner les autres, et résout ainsi le problème de la marche continue et par suite de la fabrication incessante. La suppression de l'arrêt total dans une machine est un perfectionnement que tout industriel cherche à appliquer dans les métiers dont il fait usage et qu'il regarde, lorsqu'il peut y arriver, comme un progrès indiscutable. Mais, dans le métier de M. Galland, ce perfectionnement porte encore d'autres fruits. Eu égard à sa subdivision, les organes du mécanisme qui font fonctionner l'armure et le battant sont plus légèrement construits, ils ont, par conséquent, l'avantage de pouvoir marcher à une vitesse beaucoup plus grande, tout en permettant l'emploi de matières inférieures. Le métier est en outre plus solide, parce que les portions ont moins de longueur, et qu'il est plus facile de maintenir les pièces principales et le bâti.

Au point de vue du mécanisme, nous ajouterons que l'excessive production du métier a forcé l'inventeur à modifier le rappel des rubans sur le derrière. Ce rappel, dans l'ancien système, occasionnait une perte de temps à l'ouvrier qui était obligé de remonter un à un les poids à roulettes qui entraînaient le ruban, lorsque ceux-ci étaient près du sol. Il y a maintenant, simplement deux rouleaux, disposés l'un au-dessus de l'autre, mûs par des engrenages de dimensions différentes, agencés de telle façon que deux révolutions du rouleau supérieur correspondent à une seule du rouleau inférieur. Ce dernier, garni d'émeri, retient les pièces; l'autre, maintenu par un cylindre de pression, les entraîne dans un bac placé au pied du métier.

Nous dirons enfin que M. Galland a été le premier à appliquer le moteur mécanique au tissage des rubans avec navette volante, alors qu'il n'existait encore nulle part en France et en Allemagne. La *navette à crémaillère*, seule employée, ne pouvait arriver à la rapidité d'exécution de sa concurrente : souvent mise à l'essai, celle-ci avait été abandonnée, car elle était sujette à jouer dans sa glissière et à reprendre trop rapidement sa place sous l'effet du choc au retour. M. Galland est parvenu, au moyen d'un frein qui la maintient à chaque lancé de duite, à l'adopter pour la presque totalité de ses métiers. La navette volante pouvant marcher plus vite que la navette à crémaillère, il en résulte évidemment une augmentation dans la production. Telle est la machine, voyons maintenant les résultats:

L'ancien métier, fonctionnant une journée, tissant par exemple des rubans de 12 millimètres de largeur, et battant 30 duites au centimètre, produit une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moyenne de 1,000 mètres de rubans : on donne une façon de 0,52 cent. par 100 mètres, ce qui procure à l'ouvrière un gain hebdomadaire de 20f,80. Dans ce même laps de temps, avec le nouveau métier, le même ouvrier produit 2,400 mètres du même ruban, pour lequel payant une façon de 27 cent. $^1/_2$ par 100 mètres, il obtient un salaire de 31f,80. Ce nouveau métier fabrique 60 rubans (de 20 millimètres de passage ou entrée de pièce avec 56 millim. de repos ou de longueur de navette), sur un ensemble ne mesurant que 4m,70 de large. En résumé, la production est augmentée de 120 %, et bien que le salaire aux 100 mètres ait été baissé de près de 50 %, l'ouvrier gagne par semaine 53 % en plus. Ces résultats sont évidemment l'indice d'un progrès considérable. Majoration de salaire pour l'ouvrier d'une part, abaissement dans le prix de revient d'autre part, c'est là le but auquel tend à atteindre tout industriel sérieux. Sans plus de travail qu'autrefois, et même en touchant un salaire proportionnel beaucoup moindre, l'ouvrier peut prétendre chaque jour à tirer un plus grand profit de ses fatigues; d'un autre côté, ses patrons partagent avec lui l'avantage qui en résulte, ils profitent de leurs inventions et écoulent beaucoup plus facilement un produit dont la main-d'œuvre est moins onéreuse. Il y a ainsi double profit.

## VII. — LES FILETS DE PÊCHE.

C'est un pauvre paysan de Bourgtheroulde (Eure), nommé *Buron*, qui a inventé le premier métier à fabriquer les filets. La machine de Buron, qui a figuré à l'Exposition de 1806, se trouve actuellement dans les collections du Conservatoire des Arts-et-Métiers. Elle est encore primitive, mais très-ingénieuse, et il est d'autant plus surprenant qu'elle ait pu être construite par Buron, que celui-ci n'avait reçu aucune instruction élémentaire et ne savait même pas lire. Cette machine fut plus tard modifiée par un habile ingénieur, *Pœcqueur*, lequel, grâce aux connaissances de mécanique qu'il possédait, put facilement saisir les défauts de la machine Buron et la transforma complétement. En 1867, il y avait à l'exposition deux machines à fabriquer les filets, basées sur le même principe, mais comportant un grand nombre d'améliorations de détail. Depuis cette époque, des constructeurs spéciaux se sont appliqués à perfectionner ces appareils et sont arrivés à des résultats véritablement remarquables.

**Machine à fabriquer les filets.** — La machine à fabriquer les filets de pêche est trop peu connue pour que nous la passions sous silence. Celle employée aujourd'hui couramment, inventée par M. Bonamy, constructeur à Saint-Just-en-Chaussée, est des plus ingénieuses. Sans vouloir décrire ici les excentriques aux courbes savantes, les leviers s'enchevêtrant les uns dans les autres, les arbres et les engrenages, tantôt marchant, tantôt s'arrêtant selon les exigences du travail; nous nous contenterons d'indiquer les principaux principes de son fonctionnement. Nous emprunterons les points les plus importants de cette description à un travail remarquable de M. J. Rousseau qui a paru récemment *(Soc. indust. d'Amiens*, t. XIII, p. 65) :

« Au premier coup d'œil, le métier de M. Bonamy ressemble à un métier à bonneterie, dit métier rectiligne, auquel on aurait adjoint quelques-uns des roganes moteurs d'un métier à table. Une bobine est placée sur le côté gauche de la machine. Une aiguille, placée du côté opposé, en traverse tous les organes et vient saisir, comme le feraient les deux doigts de la main, le fil de la bobine,



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'entraîne dans son mouvement rétrograde et continue à le tenir pendant que s'exécute ce qu'on appelle en bonneterie l'opération du cueillage, c'est-à-dire la transformation d'un fil tondu en un fil ondulé, dont chaque pli aura la longueur nécessaire à la confection d'une maille. (Voir plus haut : *Tricots*). Les autres organes de la machine prennent ces plis, les déplacent, les tordent et les disposent à recevoir de nouveau l'insertion de l'aiguille qui fait ainsi d'une seule fois les 300 passages qu'aurait à opérer l'amateur qui fait du filet à la main avec son aiguille en bois. Je dis 300 passages parce que le fil monté sur le métier a 300 mailles.

Après ce second passage de l'aiguille et le cueillage fait comme précédemment, le nœud se serre ; un tambour vient alors enrouler la pièce d'une longueur égale à la maille exécutée, et l'opération continue ainsi, faisant la même série d'opérations 5 fois dans une minute, ce qui donne 1,500 nœuds dans ce laps de temps.

Nous allons essayer de montrer quelles sont les difficultés vaincues par M. Bonamy et avec quel rare bonheur il est arrivé au but désiré.

Voyons d'abord quelle espèce de nœud il y avait à exécuter. Ce nœud n'est autre que le *nœud de tisserand*, qui se compose de deux boucles entrelacées, dont l'une a ses branches parallèles et l'autre ses branches croisées. Il est très-facile de faire un nœud quelconque lorsqu'on a entre les mains les deux bouts du fil à réunir, c'est la première chose qu'on enseigne à nos apprentis tisseurs, et ils sont bientôt au courant de cette petite opération qui se répète si souvent dans leur travail. Voici du reste, comment le nœud du tisserand se fait: on place les deux bouts du fil à réunir entre le pouce et l'index de la main droite en les croisant et en ayant soin que le fil de gauche passe au-dessus de celui de droite (fig. 5 pl. V). On prend le fil *d* de la main droite, on forme une boucle en passant ce fil derrière lui-même et en le faisant passer entre les deux branches supérieures (fig. 6) ; puis on insère l'extrémité du fil *g* dans la boucle (fig. 7 pl. V). On continue à tenir le nœud dans cette position, entre le pouce et l'index de la main gauche, puis on relève le fil *d* et on serre le nœud avec la main droite (fig. 8 et 9). S'il est facile, ainsi que nous le disions tout à l'heure, de faire un nœud lorsqu'on a les deux extrémités des fils à réunir entre les mains, il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit d'exécuter ce nœud au milieu d'un fil continu. Pour arriver à ce résultat, il fallait préalablement décomposer le nœud, l'analyser avec soin et voir quelles transformations il aurait à subir pour être reproduit mécaniquement. Si nous prenons un nœud de tisserand tout fait et si nous plions la boucle de la branche croisée sur elle-même, nous formons un nœud coulant (fig. 10). La boucle à branches parallèles se trouve ainsi dégagée; elle peut se redresser, et le nœud ainsi transformé montre dans ce fil tendu l'élément du fil que va chercher l'aiguille dont il a été parlé.

Voyons maintenant de quelle manière on pourrait faire un nœud coulant au milieu d'un fil :

1° Plions le fil pour faire un V (fig. 11) ; 2° Tordons cette boucle de manière que la branche qui se trouvera à droite passe au-dessus de l'autre (fig. 12). 3° Plions cette boucle sur elle-même de manière que le bas de la boucle se trouve au-dessus du croisement des deux branches, il se sera formé deux boucles au lieu d'une (fig. 13) ; 4° Tirons à travers la boucle de gauche, la branche de gauche (fig. 14) et faisons-la passer dans cette boucle, nous formerons le nœud coulant sans avoir eu besoin des extrémités du fil (fig. 15).

Maintenant, si nous passons un fil droit dans ce nœud coulant, et que nous rabattions dessus la boucle du nœud, le nœud de tisserand se trouvera recomposé (fig. 16), comme dans la fig. 8. On remarquera que ce nœud est symétriquement opposé au nœud de tisserand fait à la main.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce sont ces différentes opérations que le métier exécute avec les organes que nous allons décrire. Les organes opérateurs du métier à faire le filet de pêche se composent:

1° D'une série d'aiguilles A (fig. 8), serrées sur une barre. Cette barre est montée sur un système d'articulations qui lui permet de se mouvoir suivant une courbe déterminée et assez compliquée. L'extrémité de ces aiguilles est recourbée en crochet. Le bec du crochet n'est pas dans le même plan que l'aiguille, il s'incline vers la droite pour qu'elle puisse prendre toutes les positions nécessaires pour les opérations à effectuer. La ligne ponctuée donne une idée approximative du chemin parcouru par les aiguilles. Cette disposition a pour but de tordre la maille en la décrochant. Cette opération, qui s'appelle le *tourniage*, correspond à celle faite à la main et décrite par la fig. 12; 2° des crochets B soudés sur des ondes qui articulent dans un peigne et destinés à faire, comme dans les métiers à bonneterie, l'opération du cueillage; 3° des crochets C d'une forme toute particulière, montés sur une barre fixe. Ces crochets sont composés de deux pièces soudées et rivées ensemble; une des deux parties fait ressort contre l'autre.

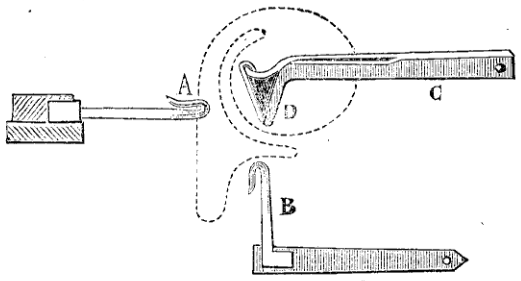



Fig. 8. — Organes opérateurs du métier à faire les filets de pêche.

Pour décrire la série de mouvements qu'opèrent ces organes, nous prendrons le métier au moment où les nœuds viennent de se serrer, la maille étant terminée. Dans cette position, toutes les mailles sont maintenues par les crochets B du cueillage. Les aiguilles A se mettent en mouvement, pénètrent dans ces mailles; en reculant, le bec de l'aiguille qui est gauchi, passe en dehors de la maille et la tord en la dégageant des crochets B. Aussitôt la maille dégagée, les aiguilles A, continuant leur mouvement, suivant la ligne ponctuée de la fig. 8, introduisent les boucles entre les branches des crochets C, puis elles remontent, et la pointe B du crochet C pénètre dans l'œillet. Une barre vient alors rabattre les mailles au-delà du crochet C. La barre recule; comme le filet est tendu, il cherche à reculer avec elle, mais toutes les branches gauches des mailles sont prises par une gorge qui se trouve sur le crochet C. Les aiguilles remontent de nouveau et viennent se placer au-dessus du crochet C. Dans cette position, le nœud coulant est formé. Les crochets B viennent à leur tour se placer entre les crochets C et au-dessus de la gorge supérieure. C'est à ce moment que la longue aiguille traverse la machine, passant au-dessus des crochets B et dans la boucle du nœud coulant.

L'aiguille ayant ainsi saisi le fil de la bobine se retire et l'entraîne avec elle de gauche à droite. Ce fil est alors droit ou tendu dans toute sa longueur. C'est à ce moment que les crochets se baissent un à un pour exécuter de droite à gauche le cueillage, c'est-à-dire le développement sous forme ondulée du fil qui était tendu, permettant ainsi au fil qui est enroulé sur la bobine de se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dérouler d'une quantité convenable pour fournir la longueur qui exige l'ensemble de toutes ces ondulations. Une barre vient ensuite dégager les mailles des aiguilles A et des crochets C, puis les nœuds se serrent par suite de la traction du tambour, terminant ainsi la suite d'opérations nécessaires à la confection de la maille.

L'opération fondamentale que nous venons de décrire n'est pas la seule que le métier ait à exécuter. Il est à remarquer que, les mailles du fil formant losange, les nœuds sont contredits et qu'il faut que la barre à aiguille se déplace à chaque rangée de mailles, tantôt à droite, tantôt à gauche. Si la machine se bornait à exécuter le nœud sur la maille faite précédemment, le filet se rétrécirait d'une demi maille de chaque côté, soit d'une maille entière par rangée, et le filet se terminerait en pointe (fig. 18, pl. V). Il est donc nécessaire qu'une maille supplémentaire s'exécute sur la lisière. A ce propos, nous croyons devoir dire que ce métier n'a pas été inventé tout d'un jet par M. Bonamy. Comme le métier à tisser, le métier à tulle et le métier à bonneterie, il a commencé à fonctionner à la main. Au lieu de faire les nœuds un à un, on a, au début, essayé d'employer des crochets pour faire plusieurs nœuds à la fois. Puis on a organisé certains appareils primitifs, marches ou leviers, que les pieds ou les mains faisaient fonctionner successivement, et on a fait un métier qui, tout en donnant une plus grande production, exigeait un certain nombre d'opérations manuelles, prenant beaucoup de temps. Ainsi, l'ouvrier était obligé à chaque rangée de mailles : 1° D'accrocher le fil venant de la bobine sur l'aiguille qui doit faire passer ledit fil au travers des mailles pour faire une nouvelle rangée ; 2° de couper le fil à la lisière et à une certaine longueur après que la rangée avait été faite; 3° de nouer ce fil avec le bout précédent qui dépasse la lisière et qui a été coupé à la rangée précédente pour faire la maille de lisière, 4° de décrocher ce fil de l'aiguille, lorsqu'il est passé à travers les mailles et que l'opération du cueillage est terminée.

Toutes ces opérations, dans le métier de M. Bonamy, sont faites mécaniquement et automatiquement, et l'ouvrier n'a qu'à surveiller le travail. L'accrochage du fil à l'extrémité de la longue aiguille se fait d'une manière aussi simple qu'ingénieuse : Cette aiguille a un crochet à son extrémité. Ce crochet pénètre au centre d'un petit disque en bronze. Le fil de la bobine passe dans un trou percé à une petite distance du centre, aussitôt l'aiguille engagée, le disque fait un tour. Le fil s'enroule sur l'aiguille, et, lorsqu'elle recule, il s'introduit dans son crochet et peut être entraîné dans son mouvement rétrograde sans crainte de s'échapper. Aussitôt le cueillage fait, deux appareils qui se trouvent à chaque lisière prennent les deux extrémités du fil, le serrent, viennent le présenter devant deux couteaux qui d'un côté le séparent de la bobine et de l'autre le séparent de l'aiguille. Lorsque le fil est coupé, les deux appareils de lisière en maintiennent les extrémités tendues, pour que les mailles de lisières puissent se former. Ainsi se trouvent exécutées par la machine les quatre opérations manuelles du métier primitif.

Enfin, lorsqu'on commençait une pièce, il était nécessaire d'avoir un morceau de filet appelé *chef* qui, après avoir été monté sur le tambour, devait être monté maille à maille sur les aiguilles; il en résultait une grande perte de temps, qui se trouve supprimée par l'emploi d'une légère barre munie de crochets en nombre égal aux aiguilles et du même écartement. Après le premier cueillage, on engage la barre dans les mailles, on attache cette barre au tambour par des cordes et on opère comme s'il y avait du filet fait.

Lorsqu'une pièce de filet est terminée et qu'on veut continuer une autre pièce à sa suite, on opère trois cueillages successifs sans faire de nœuds, en modifiant les mouvements de la machine, et lorsqu'on veut séparer les deux pièces, il n'y

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a qu'une corde à dégager des mailles et le filet se trouve avoir des extrémités garnies comme un filet fait à la main.

Il reste à faire remarquer que le métier est beaucoup plus étroit que la pièce de filet fabriquée, les mailles s'enroulant suivant un losange très-allongé. Il y a sur ce métier un *compteur* qui sert exactement à connaître la production. Ce compteur, par une combinaison très-ingénieuse, est mis à l'abri de la malveillance de l'ouvrier qui serait tenté de l'avancer pour faire croire qu'il a produit plus que le travail réel. Comme il peut s'appliquer à toute espèce de machine, nous avons cru intéressant de le faire connaître (fig. 19, pl. V).

Ce compteur se compose d'un disque en cuivre sur lequel sont gravés les divisions et les chiffres indicateurs. Une aiguille est fixée sur le bâtis en face de ces chiffres. Le disque est monté sur un axe commandé par une vis sans fin, placée sur l'axe du tambour. En desserrant un écrou, on peut mettre le zéro du compteur en face de l'aiguille fixe. Mais il pourrait arriver que l'ouvrier en possession d'une clef, fît faire ce même mouvement pendant le travail et avançât indûment le cadran. Pour obvier à cet inconvénient, l'axe du cadran porte une aiguille soudée qui l'accompagne dans son mouvement de rotation. Si, lorsque l'ouvrier commence son travail, on prend note du chiffre du compteur en face duquel se trouve l'aiguille de l'axe, on verra, lorsqu'on vient contrôler la production, si le disque a été dérangé par l'ouvrier et de quelle quantité il l'a été.

Supposons qu'on commence le travail sur le zéro et que l'aiguille de l'axe se trouve à ce moment sur le chiffre 3, il est clair que pendant le travail cette aiguille sera toujours sur ce chiffre puisqu'elle se meut avec le cadran. Si l'on vient prendre la tâche de l'ouvrier au moment où l'aiguille fixe est sur le chiffre 6, l'aiguille de l'axe étant encore sur le chiffre 3, le métier aura produit 6 unités de travail ; mais si l'on trouve, par exemple, l'aiguille de l'axe sur le chiffre 5, c'est l'ouvrier qui aura fait avancer à la main le compteur de 2 unités, et dans ce cas il n'aura produit réellement que 4 unités de travail.

Alfred RENOUARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# TABLE DES MATIÈRES.

## Les tissus réticulaires.


| | Pages. |
|---|---|
| I. *Les dentelles* | 497 |
| Dentelle au point | 500 |
| Dentelles au fuseau : d'Auvergne, de Mirecourt, de Normandie, Valenciennes, point de Bruxelles, etc. | 501 |
| II. *Les tulles* | 506 |
| Tulles de France | 508 |
| Tulles de Nottingham | 509 |
| III. *Les broderies* | 510 |
| Broderies françaises | 511 |
| Broderies suisses | 512 |
| Broderies anglaises | 513 |
| Broderies orientales | 513 |
| Le métier à broder | 514 |
| IV. *Les tricots* | 516 |
| Principe du métier à tricot | 520 |
| Métier circulaire à fonture intérieure de M. Buxtorf | 524 |
| Métier rectiligne du tricoteur omnibus | 526 |
| Appareils divers de tricot à la mécanique de M. Buxtorf. | 529 |
| Tricoteur mécanique circulaire avec appareils électriques de M. Radiguet | 531 |
| Machine à tricoter de famille de la Compagnie Américaine Bickford | 534 |
| Unification des jauges du métier à tricot | 536 |
| V. *Les passementeries* | 541 |
| Divers genres de passementeries | 542 |
| VI. *Les rubans épinglés* | 543 |
| Fabrication des rubans épinglés | 543 |
| Métier à tisser les rubans unis | 543 |
| VII. *Les filets de pêches* | 545 |
| Machine à fabriquer les filets. | 545 |


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# TABLE DES FIGURES.


Figures. Pages.

1. — Contexture des tulles. . . . . 506
2. — Première disposition des fils. . . . . 521
3. — Cueillage. . . . . 521
4. — Aménage. . . . . 521
5. — Abattage. . . . . 521
6. — Crochetage. . . . . 522
7. — Étoffe à mailles. . . . . 523
8. — Organes opérateurs du métier à faire le filet de pêche. . 547


# TABLE DES PLANCHES, *(Suite des arts textiles).*


Planches.

IV. *Métier circulaire à tricoter à fonture intérieure.* — Plan et élévation de la machine; — Fig. 1 à 23. Détail de diverses pièces.

V. *Métier rectiligne, dit tricoteur omnibus.* — Fig. 1. Coupe en bout de l'ensemble des deux métiers accouplés. — Fig. 2. Vue de face d'ensemble de toute la machine. — Fig. 3. Vue intérieure et extérieure des règles de cueillement et d'abattage. — Fig. 4. Porte-coton et son tendeur automatique. — Fig. 5 à 18. *Fabrication des filets de pêche.*

VI. Suite du tricoteur omnibus. — Fig. A. Poinçon à diminuer; — Fig. B. Disposition des aiguilles pour le tricot simple ou uni tubulaire; — Fig. C et D. Disposition des aiguilles pour le tricot dont le double dit à côtes anglaises, à lisières; — Fig. 1 à 8. *Tricoteur C. A. Radiguet.*


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# NOTES SOMMAIRES

## FRANCE

NOTE I.

### Dentelles, tulles, broderies et passementeries (1).
*(Classe 36).*

Les produits de la classe 36 formaient quatre groupes distincts:
1° Les dentelles; 2° les tulles; 3° les broderies; 4° les passementeries.

*Dentelles.* — Les dentelles sont de deux espèces: — 1° La dentelle aux fuseaux, qui se fabrique sur un petit métier portatif, posé sur les genoux de l'ouvrière, avec des fuseaux auxquels sont attachés des fils, et avec des épingles servant de jalons pour diriger les fils suivant les caprices du dessin; 2° La dentelle à l'aiguille, appelée *point*, qui se fait à la main à l'aide d'une simple aiguille.

En France, les principaux centres de fabrication des dentelles sont: 1° Le Puy pour les dentelles d'Auvergne; 2° Mirecourt, pour les dentelles de Lorraine; 3° Bayeux, pour les dentelles de Normandie; 4° Alençon, pour les *points* de France ou d'Alençon.

Les matières premières sont: Le fil de Lille, le coton de Lille et d'Angleterre, la soie de Lyon, la laine d'Amiens et d'Angleterre. Ces matières n'entrent dans la valeur du produit que pour une faible proportion (5 à 10%).

Environ 200,000 femmes et jeunes filles travaillent à la dentelle en France. Leur salaire est en moyenne de 1 franc à 1 fr. 50 par journée de 10 heures de travail. Les dentelles françaises s'exportent aux États-Unis, au Brésil, en Allemagne, en Italie, en Angleterre, en Russie, en Orient et aux Indes anglaises.

Paris est le principal centre de consommation et de commerce.

*Tulles.* — On désigne sous le nom de tulles les tissus à mailles ouvertes, avec ou sans dessin, produits sur des métiers mus par la vapeur.

L'industrie du tulle emploie le coton de France et d'Angleterre, la laine de Bradford et la soie de France. Les principaux centres de fabrication sont Calais, Saint-Pierre-lez-Calais, Lyon, Lille, Saint-Quentin, Caudry et Jonchy.

Cette industrie compte 31,500 ouvriers, ouvrières et enfants auxquels elle paye 25 millions de francs de salaires, qui varient de 10 francs à 1 fr. 50 cent. par jour. Elle possède un matériel de métiers d'une valeur approximative de 37 millions. Les produits donnent lieu à un mouvement d'affaires qui dépasse annuellement 85 millions de francs. Dans ce chiffre, l'exportation pour tous les pays d'Europe et d'Amérique entre pour 28 millions.

(1) Voir même volume pages 497 et suivantes.



CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Depuis 1867 l'industrie des tulles a fait des progrès très-remarquables, tant au point de vue de la perfection mécanique qu'à celui du goût et des procédés de fabrication.

*Broderies.* — L'importance de la fabrication de la broderie blanche a été augmentée par la modicité de son prix, la richesse de ses dessins et la perfection de son exécution. Plus de 200,000 ouvrières, dont le salaire varie de 60 centimes à 3 francs par jour, exécutent à la main ou à la machine ces travaux si variés pour lesquels on emploie les laines, les soies, les fils et les cotons nuancés. A ce nombre d'ouvrières il faut ajouter celui des dessinateurs chargés de la composition et de la préparation des dessins.

La broderie d'ameublement a réalisé un progrès réel, ainsi que la broderie spéciale aux ornements religieux, par le fini du modelé et la pureté des dessins.

Les centres de production pour ces deux derniers genres de broderie sont Paris et Lyon. La valeur de la main-d'œuvre dans l'emploi des matières précieuses (dorures) représente 65 % du prix de revient et peut s'élever jusqu'à 80 % et au-delà dans l'emploi de toutes les autres matières. Le salaire journalier varie de 1 fr. 50 cent. à 4 francs.

*Passementeries.* — Les produits de la passementerie se divisent en quatre catégories :

1° Ameublement et voitures; 2° Modes et nouveautés; 3° Tresses, lacets, ganses et soutaches; 4° Équipements militaires et ornements d'église.

Les principaux centres de production sont Paris et ses environs, Lyon, Saint-Étienne, Saint-Chamond, Beauvais, Douai, Amiens, Saint-Quentin, Loudun, Toulouse, Caen, Nîmes, Tours, Nantes et Clermont. Le nombre des établissements est de 300 à Paris et de 200 en province. Les matières premières employées sont presque toutes de provenance française.

La main-d'œuvre se divise en tissage, retordage et enjolivure ou travail à l'établi. Malgré l'introduction des machines dans la passementerie, le nombre des ouvriers a augmenté depuis quelques années. La moyenne des salaires journaliers est : pour les hommes de 3 francs, pour les femmes de 2 fr. 50 cent. et pour les enfants et les jeunes filles de 1 fr. 20. La production annuelle est de 100 millions de francs environ, dont la matière première représente en moyenne les $^5/_8$.

Les produits de la passementerie française se vendent dans toute la France et s'exportent dans le monde entier. La valeur des produits consommés à l'intérieur peut s'évaluer au tiers de la production. L'importation se borne à quelques passementeries en laine venant d'Allemagne, et va sans cesse en décroissant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE II.

## Châles (1). (*Classe* 35).

L'industrie générale des tissus comprend parmi ses branches intéressantes celle de la fabrication des châles, qui se subdivise elle-même en plusieurs catégories:

Châles brochés et lancés; — Châles dits tartans; — Châles unis et brodés; — enfin Châles imprimés.

Les châles brochés et lancés se tissent principalement dans les environs de Bohain en Picardie, à Lyon et à Nîmes. C'est surtout dans cette dernière ville que se fabriquent les châles à très-bas prix. Les châles tartans, d'une fabrication courante, se tissent principalement à Reims, en Picardie, et dans quelques localités du département du Nord et de l'Aisne. La fabrication des tissus servant à confectionner les châles unis et brodés a lieu particulièrement dans la partie du département du Nord située entre le Cateau, Cambrai et Saint-Quentin.

Enfin, les châles imprimés se font dans les environs de Paris, notamment à Saint-Denis et à Puteaux.

L'industrie des châles emploie comme matières premières: la laine pour la plus large part, la soie grége ou moulinée en bien moindre proportion, et le cachemire en très-faible quantité. Ce dernier produit est importé de l'Inde; les laines et soies employées sont de provenances diverses. Les châles brochés et lancés se tissent au métier Jacquard perfectionné ou bien au moyen d'un battant brocheur de facture assez compliquée, qui représente le dernier perfectionnement remarquable apporté à ce métier. Le métier ordinaire sert au tissage des tartans et des étoffes destinées à la confection des châles unis et imprimés; tous ces métiers sont munis d'un régulateur dont le fonctionnement amène une croisure plus égale. 1,500 à 1,800 métiers sont employés à la fabrication des châles brochés et lancés, 1,600 environ au tissage des étoffes qui servent à confectionner les châles unis et brodés.

La fabrication des châles tartans nécessite aussi l'emploi d'un assez grand nombre de métiers.

Le salaire journalier moyen des ouvriers paraît s'établir comme suit:

| | |
|---|---|
| Châles brochés et lancés. . . . . | 3 fr. 50 c. |
| Châles tartans. . . . . | 2 fr. 50 c. à 3 00 |
| Étoffes pour châles unis, imprimés et brodés. . . . . | 2 00 à 2 50 |

Ces ouvriers travaillent à la tâche.

La valeur de la production annuelle de l'industrie des châles peut être estimée à 15 millions de francs; dans cette somme les matières premières entrent pour une valeur approximative de 4,500,000 francs. Pour les châles brochés et lancés, les frais généraux, y compris les frais de dessin, de lisage et de piquage peuvent être évalués à 40 %, et la main-d'œuvre à 30 % du prix de vente.

La production des châles est presque entièrement destinée à l'exportation; une partie des châles brochés et les tartans riches sont cependant fabriqués en vue de la consommation intérieure. Il ne s'importe en France que des châles de l'Inde espoulinés ou brodés dont une partie est vendue aux étrangers par quelques maisons importantes de Paris, qui ont des représentants sur les lieux mêmes de production.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE III.

## Filature de la laine. Tissage. Foulonnage et Apprêts de la laine.

*(Classes 32 et 33.)*

La filature de la laine se divise en deux branches : laine peignée et laine cardée. La filature de la laine peignée emploie des machines et des procédés différents en certains points, suivant qu'il s'agit de travailler des laines dures comme les laines anglaises, ou des laines douces comme des laines mérinos. La filature de la laine cardée utilise les blousses ou déchets du peignage composé des filaments courts, et emploie une grande quantité d'autres laines mères; elle travaille, en les mélangeant, même les déchets provenant des chiffons de laine qu'on éfiloche et avec lesquels on fait des tissus de qualité inférieure. Le tissage des deux sortes de laines est généralement distinct; cependant, dans certains cas, il se fait des combinaisons qui emploient simultanément la laine peignée et la laine cardée. Le foulonnage de la laine, qui est appliqué à la plus grande partie des laines cardées (seule matière qui reçoive utilement ce traitement), transforme le tissu et feutre les fibres de tous les fils qui se rapprochent et se joignent ensemble.

Les apprêts sont utilisés dans les tissus de laine plus que dans les autres tissus, et forment un travail très-complexe. La laine est travaillée presque partout en France et donne lieu à des fabrications d'emplois très-différents, tels que mérinos, draps, couvertures, flanelles, articles de bonneterie; en résumé, elle sert au vêtement de l'homme, à celui de la femme, à l'habitation et même à l'ameublement. Le travail des laines est surtout centralisé en France, à Reims, Fourmies, Roubaix, Saint-Quentin, le Cateau, Amiens, Rethel et Guise pour la laine peignée; à Elbeuf, Sedan, Reims, Louviers, Lisieux, Tourcoing, Vienne, Mazamet, Castres, Châteauroux, Vire pour la filature, le tissage et les autres opérations de la laine cardée. Le travail de la laine est une des plus anciennes industries du monde. La France occupe dans cette industrie un rang très-honorable : elle possède 2,648,000 broches de filature, 27,557 métiers mécaniques à tisser, et un chiffre énorme de métiers à bras.

L'industrie de la laine, tout en utilisant largement les grandes inventions de ce siècle, a conservé son caractère propre, qui est la division industrielle du travail. Dans la laine cardée, une grande partie des filatures travaillent *à façon;* presque tous les apprêts sont aussi des industries *façonnistes;* les usines groupant l'ensemble des travaux sont restées une exception, et l'industrie divisée soutient utilement la lutte contre elles. Les laines employées en France viennent du monde entier, de France d'abord, d'Australie, d'Afrique, de l'Orient. Les procédés ont peu varié depuis l'Exposition de 1867; il y a peu de perfectionnements généraux à signaler, mais une bonne fabrication, soignée, consciencieuse et maintenant à la hauteur acquise cette grande industrie nationale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE IV.

## Articles de bonneterie et de lingerie. — Objets accessoires du vêtement.

*(Classe 37.)*

Les produits exposés dans la classe 37 proviennent d'industries complétement différentes, et peuvent se diviser en trois groupes principaux : bonneterie, lingerie et objets accessoires du vêtement.

*Bonneterie.* — Les fabriques de bonneterie sont disséminées en France sur tous les points du territoire; les départements dans lesquels cette industrie est le plus développée sont l'Aube, la Marne, l'Oise, la Somme, le Gard, l'Hérault, la Seine, le Calvados et la Haute-Garonne.

Les matières premières employées à cette fabrication, fils de coton, de laine, de soie, de bourre de soie, de lin et de poil de chèvre dit *cachemire*, sont toutes préparées en France.

| | fr. | | fr. | |
|---|---|---|---|---|
| Les fils de coton nos 10 à 24 valent de.. . . . | 4 | à | 5 | le kilogr. |
| — coton nos 16 à 150. . . . . | 6 | à | 30 | — |
| — laine. . . . . | 4 50 | à | 20 | — |
| — soie. . . . . | 90 | à | 150 | — |
| — bourre de soie. . . . . | 28 | à | 60 | — |
| — lin. . . . . | 3 | à | 18 | — |
| — poil de chèvre. . . . . | 20 | à | 60 | — |

Selon l'usage auquel on les destine, ces matières sont doublées, teintes ou blanchies, et généralement dévidées sur des rochets de bois pour en rendre le tissage plus facile.

*Lingerie.* — Sous cette dénomination l'on comprend : les chemises blanches et de couleur, de coton, de toile et de flanelle; les caleçons de toile, de coton ou de flanelle; les gilets de flanelle; les confections pour femmes et enfants.

Les trois premiers articles se fabriquent dans toute la France, mais principalsment dans les départements de la Seine, de la Seine-Inférieure, du Nord, du Cher, d'Indre et d'Indre-et-Loire. Paris est le centre de fabrication le plus important du quatrième; on peut citer ensuite Saint-Quentin, Argentan, Saint-Omer et Verdun.

On emploie pour la fabrication de la lingerie les tissus de coton et de toile et les flanelles presque exclusivement de provenance française, et en outre des dentelles, guipures et imitations de dentelles fabriquées dans les départements du Nord, des Vosges et de la Haute-Loire ou importées de Belgique et d'Angleterre. On peut évaluer à 95,000 femmes et à un millier d'hommes employés comme coupeurs et blanchisseurs, indépendamment du personnel des maisons centrales et des communautés religieuses, le nombre des ouvriers et ouvrières de cette industrie. La moyenne des salaires est à Paris de 4 à 8 francs par jour pour les hommes, de 3 à 4 francs pour les bonnes ouvrières et de 50 centimes à 2 francs pour les enfants et les ouvrières ordinaires. En province, les salaires sont de 20 à 25 % moins élevés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'introduction de nombreuses machines à coudre dans la fabrication de la lingerie, en diminuant dans une notable proportion les prix de revient des objets fabriqués, a donné un grand développement à la production et augmenté le nombre des ouvriers. On peut estimer à 150 millions de francs la valeur de production annuelle; il en est consommé à l'intérieur pour 100 millions environ et exporté pour 50 millions, principalement en Amérique.

*Accessoires du vêtement. — Tissus élastiques.* — Les tissus élastiques pour ceintures, bretelles et jarretières sont fabriqués dans deux grands centres de production. A Paris, à Rouen, on ne fait que des tissus de coton ou de laine et coton : on y compte 1,200 métiers, occupant 2,000 ouvriers et ouvrières qui gagnent en moyenne, les premiers 5 francs, les dernières 2 francs par jour; la valeur de la production annuelle est de 6 millions de francs.

A Saint-Etienne, à Saint-Chamond, on fabrique principalement les tissus de soie : il y a dans ces deux localités une trentaine de fabricants, qui font ensemble un chiffre annuel d'affaires de 9 à 10 millions et emploient 600 ouvriers et 800 à 900 ouvrières. Le salaire moyen des hommes est de 6 francs par jour; celui des femmes est de 2 fr. 25 cent. en atelier et de 1 fr. 75 cent. seulement quand elles travaillent chez elles.

*Corsets.* — Les corsets sont cousus ou tissés : les premiers se fabriquent dans toute la France, mais principalement à Paris, Lyon et Troyes; la fabrication des seconds se fait spécialement à Bar-le-Duc. La production annuelle des corsets cousus, non compris les corsets de luxe, qui donnent lieu à un commerce dont on ne peut apprécier l'importance, est d'environ 11 millions de francs; celle des corsets tissés, de 2 millions de francs seulement.

On n'a à signaler dans cette industrie d'autre perfectionnement depuis 1867 que l'emploi de la scie à ruban pour la taille des corsets cousus.

*Cols-cravates.* — La fabrication des cols-cravates occupe 2,000 à 3,000 ouvriers employés à la coupe des tissus et gagnant 4 francs à 6 fr. 50 c. par jour, 10,000 ou 12,000 ouvrières dont le salaire varie depuis 2 francs jusqu'à 4 francs et même 6 francs par jour, et 4,000 ou 5,000 enfants gagnant de 50 centimes à 2 francs. La valeur des produits manufacturés annuellement dépasse 30 millions; on en exporte la moitié.

Le progrès le plus saillant depuis 1867 consiste dans l'emploi des fermoirs mécaniques.

*Gants de peau.* — Les gants peuvent se diviser en cinq catégories principales : *gants de chevreau* glacés, cousus ou piqués; *gants d'agneau* glacés, cousus ou piqués; *gants de chevrette*, *gants de castor* et *gants de Suède*. Les principaux centres de production sont Paris, Grenoble, Chaumont, Saint-Junien, Milhau, Lunéville et Niort pour le castor.

Les matières premières employées sont principalement les peaux de chevreau, qui à l'état brut, valent de 35 à 40 francs la douzaine, les peaux d'agneau, estimées à 25 francs environ la douzaine, et les peaux de chevrette, dont le prix croissant diminue de plus en plus l'usage. Le travail se fait presque tout entier à la main ou au moyen d'outils mus à la main. On peut évaluer à 70,000 environ les ouvriers mégissiers, chamoiseurs, teinturiers, brosseurs, gantiers, dépeceurs, étavillonneurs, etc., et les raffileuses, couseuses, piqueuses, etc. A Paris, le salaire journalier des hommes, qu'ils travaillent aux pièces ou à la journée, varie de 5 fr. 50 cent. à 8 francs, et celui des femmes de 2 fr. 50 cent. à 3 francs; les salaires en province sont inférieurs d'environ un tiers à ceux de Paris.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On emploie annuellement près de 1,500,000 douzaines de peaux diverses à la confection des gants; la valeur des objets fabriqués est de 80 millions environ, se répartissant comme suit :

| | | |
|---|---|---|
| Matière première brute, peaux en poil. . . . . | 50,000,000 | de francs. |
| Main-d'œuvre . . . . . | 25,000,000 | — |
| Frais généraux . . . . . | 5,000,000 | — |
| Total . . . . | 80,000,000 | — |

représentant une valeur de 2,000,000 de douzaines de gants, dont 30 % sont consommés en France et 70 % principalement en Angleterre, en Amérique et en Russie.

*Boutons.* — Depuis 1867, la boutonnerie française a fait d'incontestables progrès; elle s'est appliquée surtout au perfectionnement de son outillage. Les moyens mécaniques pour le découpage, la sertissure et l'estampage, l'emploi du gaz dans les soudures, l'usage des produits chimiques pour la teinture des boutons, l'application des procédés de dorure et d'argenture galvaniques, ont décuplé les ressources de la production et permis de réaliser des économies considérables. Aussi la fabrication des boutons de soie, de métal, de porcelaine, de corne, de corrozo, etc., a-t-elle pris de très-grands développements.

Paris est toujours regardé comme le centre principal de production des boutons; le département de l'Oise en fait de grandes quantités, notamment des boutons en passementerie, des boutons d'os, de corrozo, de nacre et autres coquillages. Briare a la spécialité des boutons de porcelaine; à Lyon, à Toulouse, dans les Vosges et le Lot-et-Garonne, il s'est monté des fabriques qui suffisent à la consommation locale. Presque toutes ces fabriques fonctionnent maintenant à la vapeur, au moyen de machines fixes variant de 4 à 40 chevaux ou de locomobiles. On peut évaluer à 30,000 personnes (10,000 hommes, 15,000 femmes et 5,000 enfants) le chiffre de la population ouvrière qui se livre à cette industrie. Les hommes gagnent en moyenne de 4 fr. 50 cent. à 8 francs par jour, les femmes de 2 fr. 50 cent. à 3 fr. 75 cent. et les enfants de 1 à 2 francs.

Le total de la fabrication des boutons, qui ne dépassait pas en 1830 le chiffre de 2 millions de francs, s'élève maintenant annuellement à plus de 50 millions. En 1867, la valeur des importations était de 775,000 francs et celle des exportations de 7 millions; les premières ont atteint, en 1876, 2,479,000 francs, et les secondes 21,650,000 francs.

*Eventails.* — La tabletterie, la dorure, la miroiterie, la papeterie, la plumasserie, la peinture et la broderie, concourent à la confection des éventails, qui, simples ou ornés, riches ou médiocres, sont l'œuvre collective de professions diverses. Paris et le département de l'Oise ont centralisé cette fabrication. Un éventail est composé d'une feuille et d'un pied ou monture. La feuille, simple ou doublée, est de papier, de soie, de crêpe, de batiste, de plume, de dentelle ou de peau de chevreau; pour les éventails ordinaires, le dessin qui doit orner la feuille est gravé sur bois, sur cuivre ou sur acier, ou lithographié, et les épreuves tirées passent aux mains du colleur, du lisseur et des coloristes. Pour les beaux éventails, les feuilles sont peintes et signées par de véritables artistes. Tout ce travail se fait exclusivement à Paris.

Les montures sont de bois indigène ou exotique, d'os, de corne, d'ivoire, de nacre ou d'écaille; on emploie enfin à la fabrication ou à l'ornementation des bois d'éventail l'or, l'argent, le platine, l'aluminium, l'acier, le bronze, le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cuivre, etc., et quelquefois le bijoutier et le joaillier y appliquent des diamants ou des pierres précieuses. Les montures proviennent pour la plupart de l'Oise; les plus riches se font à Paris.

Le pied de l'éventail et sa feuille, établis séparément, sont remis à la *monteuse*, qui plisse la feuille au moyen d'un moule très-ingénieux et la réunit au pied; puis l'éventail passe aux mains de l'ornemaniste, qui y fait des dessins en or ou en couleur, suivant les indications du fabricant.

L'industrie des éventails occupe à Paris environ 1,000 ouvriers, ouvrières et apprentis des deux sexes, et 3,000 dans le département de l'Oise. Tout ce travail se fait à la tâche. A Paris, les hommes gagnent en moyenne 6 francs par jour, les femmes 4 francs, les enfants logés et nourris 1 fr. 50 cent.; dans l'Oise, les salaires sont réduits à 5 francs, à 3 et à 1 franc. La valeur des produits fabriqués annuellement est d'environ 10 millions de francs : la consommation intérieure peut être évaluée à 2 millions de francs; le reste est exporté principalement en Espagne, en Italie et en Amérique.

*Parapluies et ombrelles. Cannes.* — Paris est le centre de fabrication des cannes et des bois de parapluies et d'ombrelles. La monture se fait dans la plupart des villes de province. Les matières premières sont les aciers creux ou pleins, le bois de France, d'Afrique, de Guyane ou de l'Inde, pour les cannes et les manches; la corne, l'os, l'ivoire, l'écaille, la porcelaine, le verre, les pierres fausses et vraies, pour la poignée; enfin, les tissus, cotonnades, alpagas ou soieries.

La valeur de la production annuelle des cannes, parapluies et ombrelles dépasse 45 millions; le dixième environ est exporté. Les femmes employées à cette industrie sont au nombre de 6 à 7,000 et gagnent de 2 à 4 francs par jour; on peut évaluer à 4,500 le nombre des ouvriers, dont le salaire journalier varie de 4 à 12 francs.

---

NOTE V.

## Soies et tissus de soie (1).
*(Classe 34)*

La classe 34 comprenait : 1° La soie grége (c'est-à-dire filée), la soie moulinée et la soie retorse; — 2° les fils de déchets de soie; — 3° les étoffes de soie pure ou mélangée accessoirement d'autres matières.

L'industrie des soies est une des plus grandes industries françaises. Elle a été importée d'Italie, il y a environ cinq cents ans, et a reçu en France un immense développement. Le centre de cette industrie, autrefois en Touraine, s'est déplacé et transporté à Lyon.

*Soies grèges, moulinées et retorses.* — En 1876-1877, année très-médiocre, la quantité de soie filée en France a été de 510,000 kilogrammes produits par le dévidage de :

| | | |
|---|---|---|
| Cocons obtenus en France . . . . . | 2,400,000 | kilogr. |
| Cocons importés de l'étranger. . . . . | 1,800,000 | — |
| SOIT UN TOTAL DE . . . | 4,200,000 | — |

(1) Voir même volume page 2.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il a été importé, en outre, 4,050,000 kilogrammes de soies grèges qui ont été moulinées et tissées en France. On compte 500 filatures de soie en France employant, pour dévider la soie, 28,000 bassines et 376,000 tavelles pour le moulinage. L'ensemble de ces travaux sur les fils de soie occupe, une grande partie de l'année, 7,647 hommes, 31,136 femmes et 10,985 enfants. Enfin, on peut estimer à 15 millions de francs la valeur des soies grèges de Chine, du Japon, des *douppions*, etc. qu'emploie annuellement l'industrie des soies retorses.

*Fils de déchets de soie.* — Ces fils sont produits par le dégommage, le peignage et la filature des parties du cocon qui sont indévidables, des cocons non utilisés pour la filature, des bouts de soie cassés dans le travail et des déchets de dévidages nommés *bourres*. La France a 15 filatures de ces matières, toutes très-bien outillées et réunissant environ 75,000 broches. En outre, il y a, dans les départements de l'Ain et des Hautes-Alpes, de grands peignages qui exportent une grande partie de leur production. Le peignage des déchets de soie donne un nouveau déchet court et boutonneux, qui est filé après un repeignage ou après un simple cardage. Ce genre de filature occupe 7 établissements. On voit que cette matière précieuse est utilisée complétement et que les derniers déchets trouvent dans notre industrie un emploi utile.

*Étoffes de soie.* — La diversité des tissus de soie est grande. On peut les diviser en trois grandes catégories : 1° soieries; 2° rubans; 3° étoffes mélangées. Les soieries sont fabriquées à Lyon et dans un rayon assez étendu autour de cette ville, accessoirement à Tours et à Nîmes; les rubans à Saint-Etienne; les étoffes mélangées à Lyon, Paris et ses environs, Roubaix, la Picardie. La production de ces divers tissus était estimée, en 1872 :

| | | |
|---|---|---|
| Pour les foulards, à . . . . . | 50,000,000 | de francs. |
| Pour les crêpes à. . . . . | 8,000,000 | — |
| Pour les tuiles à.. . . . . | 14,000,000 | — |
| Pour les velours à.. . . . . | 30,000,000 | — |
| Pour les satins à. . . . . | 25,000,000 | — |
| Pour l'étoffe noire pour robes à. . . . . | 165,000,000 | — |
| Pour l'étoffe couleur pour robes à . . . . . | 120,000,000 | — |
| Autres tissus, brochés ou unis à. . . . . | 28,000,000 | — |
| Pour les rubans à. . . . . | 80,000,000 | — |
| Pour les étoffes mélangées à.. . . . . | 40,000,000 | — |
| TOTAL . . . . . | 540,000,000 | — |

sans comprendre les tissus d'ameublement, qui figuraient à la classe 21. Une très forte proportion de ces tissus est exportée en Angleterre et en Amérique.

La fabrication de ces tissus est faite, tantôt en petits ateliers, tantôt dans de grandes fabriques parfaitement outillées; depuis 1867, l'industrie de la soie, arrivée déjà à un haut degré de perfection, a eu peu de chose à changer à ses procédés; il n'y a pas de progrès généraux à signaler. Il est juste de noter un abaissement dans les prix de revient de certains tissus et de sérieuses améliorations dans les apprêts qui terminent la fabrication des fils de déchets de soie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE VI.

## Fils et tissus de lin, de chanvre, etc.
(*Classe* 31) (1).

La classe 31 comprenait tous les produits de la filature et du tissage du lin, du chanvre, du jute, du phormium, etc.

Les principaux pays de production du lin sont la Belgique, la Russie, l'Angleterre, la France et l'Algérie; ceux qui produisent le chanvre sont, par ordre de puissance productrice, la France, l'Autriche-Hongrie, la Belgique, l'Italie et la Russie. Le jute est très-répandu dans l'Inde et en Chine; le phormium vient en grande partie d'Afrique D'autres matières textiles, telles que le chanvre de Manille, le china-grass, les fibres de bananier et d'ananas, le crin de palmier nain, etc., ont été expérimentées en France, mais sans donner jusqu'à présent de résultats industriels sérieux.

Ces matières, après avoir subi diverses préparations telles que le *teillage* et le *rouissage*, entrent dans l'industrie par la *filature* et le *tissage*. Pendant la période décennale 1867-1876, leur consommation moyenne annuelle en France a été de 183,801,621 kilogrammes, représentant une valeur de 202,912,993 fr.

La fabrication des produits compris dans la classe 31 a ses principaux centres : pour le lin dans le Nord et la Normandie, pour le chanvre dans l'Anjou, pour le jute dans la Picardie. On trouve dans le Jura, les Basses-Pyrénées, etc., quelques établissements industriels de moindre importance dont la production, très-limitée d'ailleurs, n'alimente que les contrées où ils sont situés; ces établissements sont tributaires du Nord et de la Picardie pour les matières premières.

*Filature* — La filature est l'industrie qui consiste à transformer en fils de plusieurs grosseurs les matières textiles mises en *filasse* après les opérations préliminaires du teillage et du rouissage. Elle comprend la *filature* proprement dite des fils destinés au tissage, la *fileterie* ou fabrication des fils destinés à la couture, et la *corderie*.

Jusqu'au commencement du siècle, tous les fils étaient fabriqués à la main; mais en 1810, un français, Philippe de Girard, inventa la filature mécanique, qui s'implanta en France vers 1830 et qui, depuis cette époque, a pris une telle importance, que non-seulement elle s'est complétement substituée à la filature à la main, mais qu'elle tient aujourd'hui une des premières places parmi les grandes industries.

En 1875, il existait en France 181 filatures simples, 45 filatures et tissages réunis, soit en tout 226 établissements dans lesquels on comptait environ 663,000 broches actives et 53,000 broches inactives, ce qui donne un total de 716,000 broches.

Ils utilisaient une force de 21,205 chevaux (19,706 chevaux-vapeur et 1,499 chevaux hydrauliques).

Le nombre des ouvriers employés était de 62,085, dont 26,332 hommes, 24,246 femmes et 11,507 enfants.

Le salaire journalier des hommes varie de 2 à 4 francs, celui des femmes de 75 centimes à 2 francs, et celui des enfants de 50 centimes à 1 fr. 80 centimes.

Les principales filatures sont situées dans les départements du Nord et de la Somme, et dans la Normandie.

(1) Voir même volume page 39.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La fileterie transforme, par le doublage et le retordage, les fils simples obtenus par la filature en fils à coudre. De ces deux opérations dépend en grande partie leur force de résistance. Les machines à retordre employées aujourd'hui ont beaucoup d'analogie avec les vieux métiers à filer le fil simple; elles ont d'ailleurs suivi les progrès apportés à la filature et l'industrie des fils à coudre a pris de grands développements.

*Tissage.* — Après avoir été filées, les matières textiles passent, suivant leurs numéros, dans les tissages, où elles sont transformées en articles divers qu'on peut classer ainsi :

1° Grosses toiles, toiles à voiles, etc; 2° toiles fines et mi-fines; 3° linge de table; 4° mouchoirs en batiste; 5° coutils fil, fil et coton, etc.

Jusqu'en 1855 le tissage s'opérait au moyen de métiers dits *à la main*; à cette époque on appliqua les métiers mécaniques à la fabrication des grosses toiles, et l'on est arrivé aujourd'hui à tisser mécaniquement non-seulement les fils de chaîne les plus fines, mais encore à fabriquer les tissus damassés les plus difficiles et des dessins les plus variés.

Cependant la transformation des métiers à la main en métiers mécaniques n'a pas été aussi rapide dans le tissage que dans la filature.

On comptait, il y a deux ans :

| | |
|---|---|
| Métiers mécaniques en activité. . . . . | 19,906 |
| Métiers inactifs. . . . . | 3,131 |
| Soit en tout, métiers mécaniques . . . . . | 23,037 |

Le nombre des métiers à bras s'élevait encore à 54,460.

Le salaire des ouvriers dans le tissage est, à peu de choses près, le même que dans les filatures; il varie, pour les hommes, de 1 fr. 75 cent. à 4 francs; pour les femmes, de 85 centimes à 2 fr. 85 cent., et pour les enfants de 35 centimes à 1 fr. 75 cent.

La moyenne des importations, de 1867 à 1876, des tissus de lin, de chanvre ou de jute est de 3,966,826 kilogrammes, d'une valeur de 13,907,621 francs.

La moyenne des exportations, pendant la même période, s'élève à 4,520,088 kilogrammes, d'une valeur de 24,334,776 francs.

L'exportation des tissus de lin, chanvre, etc., est donc presque égale au double de la valeur des importations.

---

NOTE VII.

## Fils et tissus de coton (1).

(*Classe* 30).

La classe 30 comprend les fils et les tissus de coton de tous genres avec ou sans mélange d'autres matières textiles.

Les fils de coton manufacturés en France se classent en sortes nombreuses et différentes, non-seulement quant à la finesse des fils, qui varie depuis 2,000 mètres jusqu'à 600,000 mètres de longueur par kilogramme de fil, mais aussi quant aux matières employées, et même au mode de préparation (peignage ou cardage).

(1) Voir même volume page 11.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les tissus de coton, dont les espèces et qualités sont très-variées, s'appliquent surtout au vêtement, et dans une certaine proportion à l'ameublement.

Les premiers établissements pour filer et tisser le coton ont été créés en France au commencement de ce siècle, et ont reçu des développements continuels et des perfectionnements très-remarquables jusqu'en 1870. Depuis cette époque, il ne s'est créé que peu d'établissements nouveaux.

Les filatures et les tissages de coton se trouvent disséminés dans un grand nombre de départements de l'Ouest, du Nord, de l'Est et du Centre.

Les cotons bruts proviennent de l'Amérique, de l'Égypte et de l'Inde. Ils sont en partie importés directement par les filateurs. La quantité de coton brut consommée annuellement est d'environ 90,000,000 de kilogrammes. La transformation de ces matières en fils est faite par 4,610,000 broches. Ce matériel représente une valeur d'environ 200 millions de francs.

Le tissage est représenté par 68,000 mécaniques par un grand nombre de métiers à bras.

Tout cet outillage est en général dans de bonnes conditions. Depuis l'Exposition de 1867, la filature et le tissage du coton n'ont plus eu de grands progrès mécaniques et techniques à réaliser. Les procédés, l'outillage, l'organisation du travail avaient vers cette époque atteint une telle perfection qu'il était presque impossible d'aller plus loin. Mais cette industrie a fait des efforts sérieux pour réaliser le dernier mot de l'économie et de la bonne fabrication; elle est parvenue à réduire encore les prix de revient des opérations, tout en augmentant le salaire des ouvriers. Enfin, plusieurs établissements, par les soins qu'ils ont pris de la population ouvrière qu'ils occupent, par les institutions d'épargne et de prévoyance qu'ils ont organisées, méritent d'être signalés tout particulièrement.

## NOTE VIII.

### I. Matériel et procédés du filage et de la corderie. II. Matériel et procédés du tissage. (*Classe* 56 *et* 57).

1° *Filage et corderie.* — La classe 56 comprend les machines et les procédés industriels qui servent à transformer les matières textiles en fils prêts à être employés par le tissage, et accessoirement par la couture. La corderie est une transformation de ces mêmes matières en fils retordus et câblés, connus sous le nom de ficelles, cordes, câbles, etc.

Les matières textiles se divisent en deux grandes catégories, *matières végétales* et *matières animales*, qui se subdivisent chacune en deux groupes, d'après le tableau qui suit :

*Matières végétales.* — 1er groupe. — Lin, chanvre, jute, phormium, etc., matières caractérisées par la longueur des brins.— 2e groupe.—Coton de toutes sortes, matières caractérisées par le peu de longueur des brins et leur facile division.

*Matières animales.* — 3e groupe. — Laines de toutes sortes, poils de chèvre, d'alpaga, de cachemire, de chameau, etc., caractérisés en général par leurs propriétés calorifiques et feutrantes. — 4e groupe. — Soies de toutes sortes, bourre de soie, déchets de bourre de soie, etc., caractérisés par la finesse élé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mentaire des brins, leur brillant, leur légèreté, leurs propriétés calorifiques et électriques.

Chacun de ces groupes se partage pour le travail de la filature en deux classes : les brins longs, qui sont nettoyés et parallélisés par le peignage, et les brins courts, qui sont traités par le cardage.

Enfin le groupe des lins, etc., se file à l'état mouillé ou à l'état sec. Et la soie qui est en réalité un fil tout formé par le ver, a un traitement particulier. Il y a donc dix sortes générales de matériel et procédés de filature ayant entre elles des points de ressemblance, mais nettement différenciées.

La plus grande partie des machines employées en France pour la filature sont tirées d'Alsace ou d'Angleterre. Toutefois, il se fait de fort bonnes constructions de machines à Lille pour les lins, chanvres, etc.; à Rouen, pour le coton; à Lure, Louviers, Elbœuf, Reims, Sedan, pour la laine; à Lyon et Grenoble, pour la soie. En outre, beaucoup de pièces détachées sont faites en France, et la fabrication des garnitures de cardes, en plaques ou en rubans, y est exécutée avec une grande perfection.

Il y a en France en activité :

| | |
|---|---|
| Pour les lins, chanvres, etc. | 663,000 broches. |
| Pour le coton | 4,610,000 |
| Pour la laine | 2,648,000 |
| Pour la bourre de soie et les déchets | 75,000 |
| Pour les mélanges | 403,000 |
| EN TOUT | 8,399,000 |

plus 28,000 bassines pour la soie.

La force motrice employée pour l'industrie de la filature, qui est entièrement mécanique, est :

De 63,558 chevaux (vapeur).

De 27,990 chevaux (moteurs hydrauliques).

Soit 91,548 chevaux en totalité.

Le travail de la corderie, en raison de sa nature, de la grosseur de la plupart des objets fabriqués et de la facile production, est et restera, en grande partie, un travail à la main. Toutefois, il y a sur plusieurs points en France, et notamment à Angers, des corderies entièrement mécaniques très-bien outillées.

En 1835, cette industrie comptait en France 290 établissements d'une valeur de 3 millions de francs environ, occupant 2,068 hommes gagnant de 1 fr. 30 cent. à 4 francs par jour, 418 femmes dont les salaires variaient de 75 centimes à 1 fr. 50 cent. et 769 enfants gagnant de 40 centimes à 90 centimes par jour. Ces établissements ont employé 63,343 quintaux métriques de matières textiles diverses valant 5,662,794 francs et les ont transformés en 59,221 quintaux métriques de produits fabriqués représentant une valeur de 12,424,037 francs.

De 1865 à 1876, il a été importé en France 11,600,242 kilogrammes de cordages divers valant 11,300,494 francs. Dans la même période, il a été exporté 32,268,769 kilogrammes de cordages divers représentant une valeur de 42,592,400 francs.

Depuis 1867, il ne s'est pas réalisé dans le matériel et les moyens de la filature de perfectionnements généraux et de premier ordre. Il est juste toutefois de signaler à côté d'une construction de plus en plus soignée quelques progrès intéressants : ainsi, le peignage des matières courtes a pris un notable développement, et les apprêts de fils (nettoyage, gazage, extension) ont ouvert avec succès une voie nouvelle qui, dans certains cas, peut aboutir à une véritable transformation de la matière textile. Enfin, malgré une hausse d'au moins

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

10 % sur la main-d'œuvre, les prix de revient du travail de transformation se sont abaissés.

2° *Tissage.* — La classe 57 comprenait le matériel et les procédés de tissage, c'est-à-dire la série des machines et moyens qui servent à transformer les fils en tissus. Ces machines se divisent :

1° En *machines préparatoires*, bobinoirs et ourdissoirs pour les chaînes, machines à encoller les fils, machines à parer les chaînes, machines à caneter les trames, machines à lire et à piquer les cartons;

2° En *métiers à tisser*, métiers à bras ou métiers mécaniques, métiers de toutes sortes à tisser avec mécaniques Jacquard, métiers de bonneterie, métiers à tulle, métiers de passementerie, métiers à espouliner;

3° En *machines destinées à apprêter les tissus*, machines à fouler la draperie, machines à presser, machines à étendre en long ou en large les tissus, à gratter, à tondre, à griller, à battre les étoffes.

L'industrie du tissage est très-ancienne en France comme dans tous les pays; sauf les métiers à espouliner, qui ont été importés d'Asie, et le métier à navette connu de toute antiquité, presque tous les autres métiers et les appareils qui s'y adaptent sont d'invention française.

La fabrication des métiers à tisser à la main et de leurs accessoires se fait dans beaucoup de parties de la France, mais surtout à Paris, Louviers, Sedan, Roubaix, Lyon, Troyes, et dans les départements de l'Aube, de la Somme et de l'Oise; la plupart des métiers mécaniques, sauf les métiers à draps, sont importés d'Alsace et d'Angleterre.

La matière dominante dans les premiers est le bois; dans les seconds, c'est la fonte. La fabrication des métiers à bras et de leurs accessoires est faite en France dans un grand nombre de petits ateliers qui ont généralement leurs débouchés sur place.

Depuis plusieurs années la mode, en adoptant pour le costume des femmes l'étoffe unie, a contribué au développement du tissage mécanique; néanmoins, le nombre des métiers à bras en activité est encore très-considérable en France. On l'estime à 328,334 pour les diverses matières textiles, tandis que le nombre de métiers mécaniques est estimé à 121,338.

Le tissage à bras est en général fait à la campagne, au domicile de l'ouvrier, et s'y combine très-heureusement avec les travaux des champs. Les articles façonnés, qui exigent la direction de dessinateurs et de monteurs habiles, se font en ateliers et à domicile. La grande division du tissage à bras et la simplicité du genre de machines que nécessite ce travail expliquent comment la construction des métiers ne constitue pas une industrie exploitée dans de grandes usines.

Les métiers de bonneterie formaient une des spécialités les plus intéressantes de la classe 57. Dans ce tissage très-délicat, on sait que le tissu n'est plus le résultat du croisement à angles droits de plusieurs séries de fils, mais le résultat de l'entrelacement d'une seule série de fils se repliant sur eux-mêmes et se bouclant de proche en proche. Les perfectionnements dans ce travail sont incessants et portent sur tous les détails très-nombreux de ces métiers. La fabrication des aiguilles constitue à elle seule une spécialité fort intéressante.

Les pièces accessoires qui entrent dans la composition des métiers de bonneterie rectilignes ou circulaires sont nombreuses et demandent beaucoup de soins.

Les métiers à tulle n'ont pu être représentés à l'Exposition à cause de leurs dimensions, du temps nécessaire pour leur montage et leur réglage et des frais qu'aurait occasionnés ce travail; c'est une lacune fâcheuse.

Le matériel de la passementerie est très-varié et se compose d'une série de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

métiers absolument différents les uns des autres, parmi lesquels il faut citer les métiers à la barre, les métiers à tresser, les métiers pour fabriquer les ganses, les cordons, la chenille. Il sera intéressant de comparer les nombreux modèles de machines imaginées pour ce travail.

Les métiers à espouliner à hautes ou à basses lisses employés aux Gobelins, à Beauvais, à Aubusson et dans le département de la Seine sont les plus simples de tous les métiers et laissent à l'ouvrier tout le travail d'exécution, ce qui permet de faire des tissus très-beaux, mais de très-grands prix.

Les apprêts des tissus constituent à eux seuls toute une industrie; dans bien des cas, et dans la draperie notamment, le tissu est transformé par ce travail qui par des moyens très-divers permet d'obtenir des effets très-variés. Tantôt il s'agit de rendre absolument lisse le tissu, et dans ce cas, les grillages, les tondages, les pressages sont employés; tantôt, il faut au contraire lui donner un aspect velouté, alors on a recours au battage; ou bien, il faut faire ressortir les fils de chaîne ou de trame, et alors le tissu est séché sous tension; tantôt enfin, on se contente de donner une apparence particulière au tissu au moyen de pressage ou de gaufrage, etc. Tous ces apprêts, qui sont des opérations délicates, sont généralement exécutés *à façon* dans des usines bien outillées et placées, ou dans les centres de production, ou dans les centres de consommation.

En résumé, sauf les métiers mécaniques, qui ne représentent que le quart des métiers à tisser existant en France, et sauf les machines de la bonneterie, du tulle et les machines d'apprêt, tout le reste de l'outillage du tissage consiste en métiers dont on doit louer les dispositions ingénieuses et la bonne exécution, mais qui n'ont pu, en raison de l'avancement industriel antérieur à l'Exposition de 1867, donner lieu depuis à des modifications fondamentales.

---

NOTE IX.

## Produits de l'exploitation des mines et de la métallurgie (1). (*Classe 43*).

*Produits de l'exploitation des mines.* — Ces produits sont tirés du sol dans les diverses régions minéralogiques de la France. Depuis l'année 1791, il a été accordé 1,233 *concessions de mines* de toutes natures : 615 de combustibles minéraux; 297 de minerais de fer; 225 de métaux autres que le fer; 96 de substances diverses. En 1872, il existait 611 concessions de mines de houille, d'anthracite et de lignite, embrassant une superficie de 3,418 kilomètres carrés 25 hectares 6 ares; 251 concessions de mines d'une superficie de 1,187 kilomètres carrés 68 hectares 90 ares, et 222 concessions de mines de métaux divers, présentant une étendue de 2,867 kilomètres carrés 79 hectares 36 ares. Le sol fournit en outre tous les matériaux de construction tirés d'un grand nombre de carrières qui fournissent les pierres dures, les marbres, les kaolins, les terres réfractaires, les phosphates, les ocres, le talc, la baryte, le soufre, le sel gemme, l'alun, etc.

Les minerais de cuivre sont rares en France; ceux que l'on y traite viennent de la Bolivie, de l'Algérie et de l'Italie; cette introduction de minerai et le réemploi des vieux cuivres ne dispensent pas de tirer de l'Angleterre, des États-

(1) Voir pages 64 et suivantes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Unis, et surtout du Chili, le métal qui doit compléter la consommation. Aux minerais de plomb fournis par plusieurs de nos régions montagneuses viennent s'ajouter ceux que nous envoient la Sardaigne, l'Espagne et l'Algérie. Le plomb en saumons est importé d'Angleterre, d'Espagne et de Belgique. Les minerais de zinc traités par la métallurgie française sont principalement tirés d'Espagne, d'Allemagne et de Belgique; on lamine les saumons qu'envoient la Silésie et le pays de Liége. On traite aussi dans le midi de la France une certaine quantité de minerais indigènes.

Le manganèse, le mercure, l'antimoine, le cobalt, l'étain et les métaux précieux viennent de l'étranger, en presque totalité, pour alimenter notre industrie. Depuis quelques années, une de nos colonies océaniennes, la Nouvelle-Calédonie envoie à la métropole des quantités considérables de minerais de nickel. Il y a lieu de remarquer qu'en dehors des mines de fer, un bien petit nombre seulement de gîtes métalliques est l'objet d'une exploitation industrielle; cela tient à la fois à leur médiocre richesse et à leur situation difficilement accessible.

L'*industrie minérale* est fort ancienne en France; les Gaulois connaissaient en effet, avant la conquête romaine, l'or, l'argent, le cuivre, l'étain, le bronze et le fer. Sous la domination des Romains, l'exploitation des *mines métallifères* a donné lieu à des travaux systématiques très-importants, qui furent abandonnés au moment des invasions barbares, pour être repris par les Sarrazins dans les Pyrénées, les Corbières, les Maures et les Alpes ; mais ce n'est que vers la fin du XI^e^ siècle que les mines prirent en France une réelle importance. A partir du XIII^e^ siècle, les mines furent abandonnées par suite des guerres continuelles qui troublèrent le pays et dispersèrent les ouvriers en faisant perdre les traditions. Elle ne furent reprises qu'au commencement du XVI^e^ siècle, peu de temps après la découverte de l'Amérique principalement dans les Vosges, le Rouergue, les Cévennes et le Nivernais : on creusa à cette époque de grandes galeries d'écoulement qui permirent de pousser plus profondément les travaux, et on commença à tirer parti des minerais pauvres en les bocardant. Mais la guerre de trente ans et les guerres de religion vinrent tout arrêter.

Au XVIII^e^ siècle, et particulièrement sous Louis XVI, on retrouve quelques exploitations prospères en Bretagne, dans les Pyrénées et le centre de la France : la poudre avait alors triplé l'effet utile du mineur, et les moyens mécaniques permettaient de pousser les travaux à plus grande profondeur. Mais cette prospérité ne fut que momentanée : la création d'un corps d'ingénieurs des mines (1781) et d'une école des mines (1783), que réorganisa la Révolution, la loi du 21 avril 1810, qui définit et assura la propriété des mines, ne parvinrent pas à relever en France l'industrie des *mines métallifères*, qui n'occupe aujourd'hui que 4,029 ouvriers et ne produit annuellement qu'une valeur totale de 6,356,607 francs.

Les *mines de fer* ont été exploitées du temps des Gaulois en un grand nombre de points, là où le minerai était assez riche pour être facilement réduit dans un petit foyer au charbon de bois. Mais ce n'est qu'à la fin du XVI^e^ siècle que l'exploitation prit quelque importance en France. Depuis lors, elle n'a cessé de croître avec les progrès de la métallurgie jusque vers 1860, époque où la nécessité de lutter contre les produits de l'étranger, auxquels le traité de commerce avait ouvert la France, a fait rechercher les minerais riches qu'on a été acheter au loin, même à l'étranger, et qui ont permis de fabriquer des fontes au coke de qualité comparable à celle des fontes au bois, dont le prix de revient était devenu trop élevé.

Cette transformation de la métallurgie, caractérisée par la substitution graduelle de l'acier au fer, a réduit la production des minerais à faible teneur, très-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

abondants sur notre sol, en reportant l'attention des métallurgistes sur les minerais de qualité supérieure que renferment les Pyrénées et les Alpes, où des exploitations importantes ont été reprises ou créées. Malgré cela la production des minerais indigènes a subi une très-forte réduction ; c'est ainsi que, tandis qu'en 1863 les minerais étrangers n'entraient que pour 117,567 tonnes dans la consommation totale, qui était 3,292,486 tonnes, ils entraient, en 1872, pour 438,734 tonnes dans la consommation totale qui était encore de 3,105,402 tonnes, malgré la perte de l'Alsace et de la Lorraine.

*Tableau des produits de l'exploitation des mines en* 1863, 1867 *et* 1872.

| PRODUITS. DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. | 1863. | PRIX par TONNE. | 1867. | PRIX par TONNE. | 1872. | PRIX par TONNE. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Combustibles minéraux :* | tonnes. | fr. c. | tonnes. | fr. c. | tonnes. | fr. c. |
| Anthracite | 816.315,0 | » | 975.149,7 | » | 1.009.080,0 | » |
| Houille à courte flamme | 1.649.228,6 | » | 2.460.210,0 | » | 3.530.078,2 | » |
| — grasse maréchale | 449.559,7 | » | 200.541,7 | » | 281.698,7 | » |
| — grasse à longue flamme | 5.614.553,6 | » | 6.693.380,7 | » | 7.520.319,1 | » |
| Houille maigre à longue flamme | 1.947.475,2 | » | 2.135.375,5 | » | 3.013.211,4 | » |
| Lignite | 262.546,6 | » | 274.028,7 | » | 443.319,2 | » |
| TOTAL | 10.709.568,6 | 11 31 | 12.138.687,3 | 12 23 | 15.802.514,6 | 13 46 |
| *Tourbe* | 421.341,5 | 9 16 | 326.743,5 | 10 22 | 324.323,2 | 10 99 |
| *Minerais de fer brut* | 4 009.624,1 | 3 92 | 3.279.394,7 | 3 47 | 3.081.026,3 | 4 41 |
| *Minerais métallique :* | | | | | | |
| Cuivre | 70.870,3 | » | 75.508,2 | » | 7.632,6 | » |
| Plomb et alquifoux | 305,3 | » | 220,0 | » | 847,0 | » |
| Plomb et argent | 106.629,1 | » | 89.808,8 | » | 77,542,7 | » |
| Antimoine | 36,4 | » | 99,6 | » | 172,8 | » |
| Manganèse | 4.238,6 | » | 4.433,9 | » | 10.314,6 | » |
| Nickel et cobalt | 22,5 | » | » | » | » | » |
| Zinc | » | » | 550,0 | » | 201,8 | » |
| Etain | » | » | » | » | 272,6 | » |
| Pyrite de fer | 28,717,2 | 16 20 | 40.932,8 | 16 00 | 45,813,4 | 14 20 |
| Pyrite de fer et de cuivre | » | » | » | » | 89.539,2 | 18 90 |
| TOTAL | 240.819,4 | » | 211.553,3 | » | 232.296,7 | » |
| *Minerais et matières diverses :* | | | | | | |
| Bauxite et minerais alumineux | » | » | 1.200,0 | » | 1.600,0 | 15 00 |
| Soufre | » | » | » | » | 4.563,0 | 15 00 |
| Bitume et schiste bitumineux | 147.377,3 | 5 13 | 163.931,5 | 5 20 | 208,129,9 | 48 00 |
| Graphite | 10,0 | 45 00 | » | » | 1,0 | 40 00 |
| Sel gemme | 168.363,6 | 24 40 | 212.766,6 | 25 75 | 191.721,6 | 30 40 |
| TOTAL | 315.750,9 | » | 377.898,0 | » | 406.015,5 | » |

La *houille* s'extrayait aux mines de Roche-la-Molière, dans le bassin de la Loire, dès 1321. Au XVI^e^ siècle, il y avait des exploitations à Brassac et à la Grand'Combe. A la fin du XVII^e^ siècle, l'exploitation se développe à Decize, et les houilles françaises commencent à arriver à Paris pour lutter contre la houille anglaise, qui y venait depuis 1520. Mais ce n'est que pendant le XVIII^e^ siècle que l'exploitation de la houille prit une réelle importance ; le vicomte des Androuins découvrit la houille à Fresne (Nord), en 1720, et à Anzin, en 1734. Son ingénieur Pierre Mathieu, importa en France la première machine à vapeur (1732) et l'employa à l'épuisement dans les mines d'Anzin. Ce même ingénieur inventa



CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le cuvelage avec trousses picotées, qui permit d'établir des puits dans les terrains aquifères. En 1789, seize provinces possédaient des mines de houille d'où l'on extrayait 240,000 tonnes, chiffre égal à celui de l'importation d'alors. Depuis lors, la production est devenue 66 fois plus grande, tandis que l'importation n'a crû que dans le rapport de 1 à 32; aussi ne représente-t-elle plus que 48 % de la production indigène, à laquelle elle était égale en 1789, et que 33 % de la consommation totale, dont elle formait plus de 53 % en 1789.

Pour l'année 1876, la production des combustibles minéraux s'est élevée en France à 17,047,760 tonnes, dont :

| | |
|---|---|
| Anthracite. . . . . | 1,123,161 tonnes. |
| Houille. . . . . | 15,496,402 — |
| Lignite. . . . . | 428,190 — |

*Produits de la métallurgie.* — Du temps des Gaulois une *usine à fer* se composait d'un foyer soufflé à bras d'hommes, qu'on établissait là ou il y avait à la fois minerai de fer riche et forêt pouvant fournir le combustible. Plus tard ce modeste fourneau devint un foyer fixe établi près d'un torrent qui fournissait la force motrice à la soufflerie et aux marteaux. Au XII^e^ siècle la fabrication du fer se développa rapidement, mais on ne faisait que le fer et l'acier naturel sans passer par la fonte, sauf dans les Ardennes où l'on coulait des plaques de foyer en fonte. Au XVI^e^ siècle, l'invention du *haut fourneau* (dans le pays de Liége) fut le point de départ des transformations successives qui conduisirent au foyer comtois, au four à puddler et aux procédés actuels de la fabrication de l'acier, transformations qui se résument dans :

La substitution au charbon de bois du combustible minéral, substitution imaginée en Angleterre (1729-1760) et adoptée en France en 1782, date de la mise en feu du premier haut fourneau au coke du Creuzot; l'utilisation des gaz perdus pour la production de la vapeur, imaginée par les ingénieurs français Thomas et Laurens en 1828; le chauffage du vent, imaginé en Angleterre en 1828 et appliqué pour la première fois en France, à Vienne, en 1832; l'emploi de la houille pour l'affinage de la fonte, inventé en Angleterre en 1783 et adopté en France de 1818 à 1835, période de l'installation des grandes forges à l'anglaise du Creuzot et de Decazeville, d'Alais, de Bességes, de la Loire et de l'Allier; la fabrication des rails en fer, qui, commençant en France vers 1840 (27,764 tonnes en 1842), a atteint un développement maximum en 1863 (226,948 tonnes) pour décroître depuis lors en laissant la place perdue par elle à la fabrication des rails en acier; l'application du puddlage à la fabrication de l'acier (1850); enfin, la fabrication directe d'un métal fondu étirable par le procédé Bessemer qui, imaginé en Angleterre de 1855 à 1860, a été installé pour la première fois en France à l'usine de Saint-Seurin en 1859, mais n'a commencé à donner en France des produits marchands qu'en 1865 (9,647 tonnes).

Depuis lors, la fabrication du métal Bessemer s'est développée au point d'avoir pu fournir, en 1875, 231.467 tonnes, soit le quart de la production totale du fer et de l'acier en France. Ces améliorations successives jointes au traité de commerce ont amené en France : l'extinction presque complète aujourd'hui des hauts fourneaux au bois qui, en 1835, étaient au nombre de 410 sur 438, et n'étaient plus, en 1872, que 89 sur 270; l'augmentation considérable de la production par haut fourneau qui, en 1835, était de 673 tonnes par an, et qui, en 1872, était de 4,500 tonnes; la substitution presque générale du fer à la houille au fer au bois, et comme conséquence l'extinction graduelle des petites usines situées à proximité des forêts et des cours d'eau, au profit des grandes usines établies à proximité des bassins houillers; enfin, la substitution en cour actuellement de l'acier Bessemer au fer à la houille, substitution qui conduit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les métallurgistes à installer des hauts fourneaux nouveaux à portée des minerais riches et purs pour la fabrication des fontes à acier.

*Tableau de la production des fontes, fers et aciers de* 1819 *à* 1876.

| ANNÉES. | FONTES. | FERS. | ACIERS. |
|---|---|---|---|
| | tonnes. | tonnes. | tonnes. |
| 1819 | 112.500.0 | 74.200,0 | » |
| 1826 | » | » | 4.914,8 |
| 1830 | 266.361.8 | 138.468,5 | » |
| 1840 | 347.773.6 | 237.378,9 | 9.262,6 |
| 1850 | 461.653.1 | 246.196,0 | 10.981,4 |
| 1860 | 898.353.3 | 532.211,9 | 29.848,8 |
| 1870 | 1.178.113.6 | 830.785,8 | 94.387,1 |
| 1876 | 1.395.656,5 | 870.311,6 | 230.828,5 |

*Tableau des produits de la métallurgie des métaux autres que le fer et l'acier pendant les années* 1863, 1867, 1872 *et* 1876.

| MÉTAUX. | 1863. | 1867. | 1872. | 1876. |
|---|---|---|---|---|
| Cuivre | 7.678,8t | 4.739,2t | 6.219,1t | |
| Cuivre cémenté | » | 142,6 | » | |
| Cuivre et laiton | » | 9.842,2 | 6.636,2 | 25.085,0t |
| Laiton | 7.083,0 | 3.292,3 | 8.599,8 | |
| Plomb marchand et argentif. | 23.305,9 | 27.643,7 | 21.339,1 | |
| Litharge | 346,4 | 117,0 | 146,5 | 27.163,1 |
| Zinc brut | 1.175,0 | 3.485,0 | 8.245,2 | |
| Nickel brut | » | » | 876.6 | » |
| Aluminium brut | 1,0 | 1,7 | 1.790k | 12.782,8 |
| Argent fin | 44.409k | 41.080k | 34.454 | » |
| Or fin | 0.500 | 0.737 | 0.410.480 | 48.914k |
| | | | | 850.000 |

Pour compléter ce tableau des produits de l'industrie minérale, il faudrait y ajouter les matériaux des carrières qui ne sont pas susceptibles d'une statistique rigoureuse. Ce sont les roches d'ornement, comme les marbres, les jaspes, les agates, les pierres de construction, les ardoises, les matériaux réfractaires, les kaolins, les terres, argiles et ocres, les phosphates de chaux dont l'exploitation enrichit les pays du bassin de la Garonne, etc. L'élaboration des métaux donne lieu à une foule de produits tels que les fontes moulées en ustensiles, pièces de machines ou d'ornement.

La fonte des cloches, les nombreux produits métallurgiques des forges, fers de construction, fers spéciaux pour fabrication secondaire, tôles, feuillards, fer-blanc, tous les échantillons jusqu'aux plaques de blindage de 60 centimètres d'épaisseur, les tôles de zinc et de plomb pour la couverture des bâtiments, le cuivre, le plomb et le zinc en feuilles laminées alimentent de grands ateliers et donnent lieu à des produits d'une grande valeur et d'un usage très-varié. Les forges, avec leurs immenses marteaux-pilons, produisent des pièces forgées du plus gros calibre. La grosse serrurerie, grâce à un outillage renouvelé, produit des pièces remarqnables; les roues de bandage pour les locomotives, avec des diamètres de 3 mètres, sont obtenues d'une seule pièce sans soudure; les fers au bois sont consacrés à la fabrication des chaînes pour la marine et à la tréfi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lerie ; les fils de fer et d'acier sont à leur tour employés pour la confection des câbles métalliques, des épingles, des aiguilles et des tissus métalliques. Nous signalerons encore les produits variés de la clouterie, les tubes de fer creux pour la tuyauterie ou les constructions économiques pour grilles, etc. Les produits de la ferronnerie sont les étaux, marteaux, soufflets de forges, enclumes ; la fabrication des boulons et des vis n'emploie pas moins de 30,000 ouvriers dans le seul département des Ardennes.

Mais les produits à la fois les plus nombreux, les plus variés et les plus compliqués sont ceux de la quincaillerie : ces objets sont principalement en fer battu, estampé et embouti, en tôles vernies, en fontes émaillées et fontes malléables ; ils comprennent encore les crémones, les verrous, les serrures et les charnières. La production des divers ateliers est, par année, de 2,500 à 3,000 tonnes d'ustensiles divers qui sont exportés dans le monde entier. La ferblanterie, à laquelle se rattachent la lampisterie et la poterie d'étain, produit un nombre presque infini d'objets divers dont la valeur atteint, par année, 90 à 100 millions de francs.

Les produits de la taillanderie comprennent tous les instruments tranchants à l'usage de divers corps de métier, les scies, les tarières, les couteaux à usages domestiques, les ciseaux, les faux qui constituent une branche de production importante. Les aciers fondus employés sont obtenus soit avec les fers catalans, comme à Pont-Salomon, soit avec des fontes spéciales comme dans le Tarn. Les bonnes limes se fabriquent toujours à la main avec des aciers fondus ; la machine ne donne pas des produits aussi bons et son emploi ne paraît pas devoir se généraliser. En dehors de la taille des petites limes, la trempe de l'acier de limes est restée un tour de main ou secret d'atelier, on l'obtient soit au feu, soit au bain métallique.

Les procédés de l'électro-métallurgie donnent naissance à des produits de plus en plus variés et nombreux ; les procédés généraux sont restés les mêmes depuis 1867 quant à la précipitation des métaux. Quelques piles nouvelles ont été imaginées pour rendre plus économique la production du fluide électrique les progrès les plus marqués sont ceux de la préparation des moules et de la disposition mieux entendue des appareils. Les métaux précieux ont fournis leur contingent à la classe 43 sous la forme des feuilles et des poudres d'or et d'argent, des fils des mêmes métaux et des dorures et argentures galvaniques. Le platine est également travaillé pour fournir à la chimie ses capsules, ses creusets et ses alambics. Les cendres des orfèvres sont triées avec beaucoup de soin dans quelques ateliers ; une importation de cendres d'orfévres, venues de l'étranger, figure pour un chiffre assez important au tableau des douanes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTES X.

## Matériel et procédés de l'exploitation des mines et de la métallurgie. (*Classe* 50).

Ce chapitre comprend l'ensemble des procédés employés par l'*industrie minérale* pour rechercher, exploiter et élaborer les matières minérales. Par la valeur et l'utilité des produits qu'elle crée annuellement, cette industrie vient immédiatement après l'agriculture. Elle a dû créer, pour arriver à la puissance qu'elle possède aujourd'hui, un matériel et des procédés dont la variété et les ressources résultent des difficultés sans nombre que l'homme doit vaincre pour aller chercher au sein de la terre, à des profondeurs parfois considérables, la matière utile. Cette matière est, d'ailleurs, fréquemment disséminée en masses irrégulières et discontinues dans des terrains qui peuvent être inconsistants et aquifères, ou imprégnés de gaz irrespirables ou explosifs. Enfin, la matière amenée au jour doit, le plus souvent, être soumise à des élaborations particulières pour être débarrassée des matières stériles avec lesquelles elle est mécaniquement mélangée.

Après cette *préparation mécanique*, qui complète l'œuvre du mineur, les minerais doivent encore être soumis à des actions chimiques et mécaniques très-complexes, dont la mise en œuvre constitue la *métallurgie*, et qui amènent la matière à l'état de métal ayant la forme exigée par les usages industriels auxquels il est destiné.

Ce matériel et ces procédés n'ont cessé de progresser depuis l'Exposition universelle de 1867, et nous allons signaler rapidement les progrés réalisés.

*Exploitation des mines.* — Pour donner une idée d'ensemble de l'industrie des mines en France, on a réuni dans le tableau suivant des données précises sur le nombre, la consistance et l'outillage des mines en 1863 et en 1872.

| EXPLOITATION DE : | | ANNÉE 1863. | ANNÉE 1872. |
|---|---|---|---|
| Combustibles minéraux. | Mines exploitées | 322 | 310 |
| | Profondeur maxima | 630m | 638m |
| | Machines à vapeur. Nombre | 750 | 873 |
| | Machines à vapeur. Force en chevaux | 28,970ch | 40,824ch |
| | Ouvriers occupés | 73,557 | 91,899 |
| | Production totale | 10,709,638t | 15,802,514t |
| Tourbe. | Tourbières exploitées | 1,655 | » |
| | Ouvriers occupés | 30,518 | 26,893 |
| | Production totale | 421,342t | 324,697t |
| Fer. | Mines exploitées | 92 | 81 |
| | Minières exploitées | 814 | 282 |
| | Machines à vapeur. Nombre | 53 | 47 |
| | Machines à vapeur. Force en chevaux | 787ch | 755ch |
| | Ouvriers occupés | 14,545 | 9,605 |
| | Production totale | 3,277,895t | 2,781,790t |
| Métaux autres que le fer. | Mines exploitées | 59 | 51 |
| | Profondeur maxima | 290m | 245m |
| | Ouvriers occupés | 4,572 | 4,029 |
| | Production totale | 210,819t | 232,296t |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

| EXPLOITATION DE : | | ANNÉE 1863. | ANNÉE 1872. |
|---|---|---|---|
| Schistes bitumineux, bitume et soufre. | Mines exploitées | 25 | 26 |
| | Ouvriers occupés | » | 714 |
| | Production totale | 147,387t | 214,293t |
| Sel gemme. | Mines exploitées | 13 | 16 |
| | Profondeur maxima | 174 | 265m |
| | Machines à vapeur. Nombre | 32 | 35 |
| | Machines à vapeur. Force en chevaux | 338ch | 492ch |
| | Machines hydrauliques. Nombre | 3 | 13 |
| | Machines hydrauliques. Force en chevaux | 14ch | 147ch |
| | Ouvriers occupés | 999 | 1,033 |
| | Production totale | 168,364t | 191,720t |

Les *bras de l'homme* sont l'outil principal de l'industrie minérale : à chaque ouvrier employé ne correspond qu'un nombre de tonnes très-restreint de matière utile extraite. Le développement de l'industrie minérale est donc étroitement lié à l'abondance et au prix de la main-d'œuvre, dont l'effet utile seul peut être augmenté par le perfectionnement des procédés et du matériel, et surtout par l'emploi des machines.

En 1872, la population ouvrière employée par l'industrie minérale était d'environ 320,000 hommes, dont 134,173 étaient occupés dans les mines et les tourbières, 19,820 dans les carrières souterraines, 78,319 dans les carrières à ciel ouvert et 86,503 dans les usines métallurgiques.

C'est dans l'exploitation des mines surtout que la main-d'œuvre joue le rôle capital, et c'est vers l'exploitation des mines que, naturellement, elle se porte le moins, par suite de l'augmentation générale du bien-être, dont la recherche éloigne de plus en plus les hommes des industries pénibles et dangereuses pour les attirer vers les villes.

Aussi la population ouvrière s'est-elle éloignée des exploitations qui ne pouvaient pas lui offrir une augmentation de salaire ou des avantages équivalents, pour se porter vers les houillères. Cela ressort du tableau suivant, où l'on a réuni les différents éléments propres à caractériser l'influence de la main-d'œuvre dans les mines en 1863 et en 1872. L'augmentation considérable du nombre des ouvriers occupés dans les houillères (augmentation de 18,342) n'a fait que compenser les pertes faites par les autres exploitations.

| | | ANNÉE 1863. | ANNÉE 1872. |
|---|---|---|---|
| | | fr. cent. | fr. cent. |
| Salaire moyen annuel payé aux ouvriers des | Mines de combustibles minéraux | 762 00 | 980 00 |
| | Tourbières | 72 00 | 65 08 |
| | Mines et minières de fer | 557 50 | 747 00 |
| | Mines métallifères | 567 00 | 587 00 |
| Valeur annuelle créée par ouvrier dans les mines. | Mines de combustibles minéraux | 1.645 00 | 2.390 00 |
| | Tourbières | 128 00 | 133 00 |
| | Mines et minerais de fer | 1.205 00 | 1.520 00 |
| | Mines métallifères | 1.265 00 | 1,280 00 |
| | | tonnes. | tonnes. |
| Production moyenne annuelle par ouvrier des | Mines de combustibles minéraux | 146 50 | 172 50 |
| | Tourbières | 13 80 | 12 05 |
| | Mines de fer | 275 00 | 320 80 |
| | Mines de manganèse | 34 90 | 23 60 |
| | Pyrites de fer | 108 00 | 136 00 |
| | Pyrites de cuivre | » | 162 50 |
| | Galène argentifère | 31 08 | 34 06 |

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Aussi a t-il fallu, pour attirer dans les houillères les 18,000 ouvriers qui y sont venus de 1863 à 1872 (35,355 de 1863 à 1876), élever très-notablement les salaires, améliorer les conditions générales du travail de manières à diminuer la fatigue des ouvriers et à augmenter le rendement individuel pour compenser la réduction du nombre d'heures de travail qu'on a dû accepter presque partout, enfin créer tout un ensemble d'institutions ouvrières, telles que : logements à bon marché, services médicaux, caisses de secours et de retraite, écoles, etc.

Grâce à toutes ces mesures, les ouvriers des houillères sont aujourd'hui les ouvriers les plus favorisés de l'industrie en France.

De nombreux *sondages* ont été exécutés en France depuis 1867, et particulièrement dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, pour la recherche de la houille au moment de la grande hausse survenue dans les prix de ce combustible de 1872 à 1874.

Un système nouveau, le *forage au diamant*, a été imaginé en Amérique et s'est rapidement répandu, même en Europe, malgré les prix élevés exigés par les entrepreneurs. Ce système, fondé sur l'emploi d'une bague diamantée qu'on fait tourner rapidement au moyen d'une tige de fer creux entretenue pleine d'eau, n'est à bien dire que l'application aux sondages du perforateur à rotation que l'ingénieur français Leschot avait produit à l'Exposition de 1867. Le forage au diamant, qui n'est pas, il est vrai, applicable dans tous les terrains, permet d'obtenir un avancement quatre à cinq fois plus rapide qu'avec les procédés anciens : on cite des avancements de 18 à 30 mètres par jour.

L'application au fonçage des puits de mines du *procédé Kind et Chaudron*, qui consiste à creuser les puits à grande section comme on fore un trou de sonde, en battant la roche avec un trépan de diamètre égal à celui du puits définitif, s'est généralisé en France au point que la plupart des puits creusés dans le bassin houiller de Valenciennes, depuis 1867 l'ont été par ce procédé à niveau plein. Ce système donne, dans les terrains aquifères, et fissurés, une économie de temps et d'argent, en même temps qu'il rend possible la traversée de morts terrains régardés comme inabordables par les procédés anciens.

L'usage des *perforateurs mécaniques à air comprimé*, qu'on ne connaissait en France, en 1867, que par le percement du mont Cenis, pour lequel ils ont été la première fois employés couramment, est devenu général partout où l'on a à creuser de longues galeries à travers bancs. Ces outils permettent d'obtenir des avancements trois à quatre fois plus rapides qu'à la main, avec une dépense par mètre qui ne dépasse habituellement pas de 25 % la dépense du travail à la main. Les appareils imaginés depuis 1867 sont très-variés, mais on n'est pas encore arrivé, en France, à s'en servir avantageusement pour le creusement des puits.

Les *haveuses mécaniques*, dont la compagnie d'Anzin avait, en 1867, exposé le seul spécimen essayé en France, ne se sont pas répandues dans nos houillères, d'où l'irrégularité trop fréquente des couches exploitées exclut tout appareil un peu compliqué. Toutefois, la compagnie de Blanzy a repris la question, et semble en voie de trouver une solution au moins partielle de cet intéressant problème.

Pour le *débit des roches*, bien des machines ont été inventées par des mécaniciens, mais elles n'ont pas encore pénétré dans les carrières.

La *dynamite* a définitivement pris la place de la *poudre de mine* pour tous les travaux en roches difficiles, dures ou fissurées : elle donne une augmentation d'effet utile du mineur qui compense l'élévation de son prix.

L'*électricité* n'a pas encore pris, dans les travaux d'abatage, la place que lui assure la facilité qu'elle donne de faire sauter simultanément un grand nombre de mines, et cela avec des appareils simples et économiques comme certains exploseurs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans l'*explosion même des gîtes minéraux*, des progrès marqués ont été faits par suite d'une exploitation plus intensive, caractérisée par un meilleur choix des méthodes et le perfectionnement de la plupart.

Dans les houillères, particulièrement au moment de la grande hausse des prix, on a attaqué des couches négligées jusque-là comme de puissance insuffisante ; dans les petites couches, on a réalisé un enlèvement complet avec une bien moindre détérioration de la matière à extraire, grâce à l'emploi des remblais qui évitent les tassements et les incendies, assurent un meilleur aérage, et permettent de tout prendre correctement, en augmentant la sécurité des hommes et la pureté du produit obtenu.

Cette exploitation plus intensive des richesses minérales a conduit à améliorer dans tous ses détails le *transport souterrain*. Partout on a adopté des wagonnets mieux étudiés, souvent en fer pour augmenter leur capacité sous un volume extérieur donné, et des voies établies avec des rails plus forts, souvent éclissés, fixés sur des traverses plus larges.

Enfin, dans quelques houillères, on a établi des machines à vapeur ou à air comprimé desservant des puits intérieurs, des plans inclinés ou des voies horizontales, et permettant d'amener, par des câbles traînants ou des chaînes flottantes, à un puits d'extraction largement outillé, les wagonnets remplis à des chantiers nombreux souvent fort éloignés. Dans le Gard, aux mines de Cessous, on a fait entrer de petites locomotives dans la mine, et à Blanzy on vient de faire construire une locomotive à air comprimé dont le fonctionnement ne viendra pas vicier l'air des travaux.

Les *machines d'extraction* sont devenues plus fortes pour satisfaire à l'accroissement de débit demandé à chaque puits, dont la profondeur a d'ailleurs crû très sensiblement.

La détente a été adoptée pour les machines puissantes, à Blanzy pour la première fois ; depuis lors, l'usage s'en est étendu, et d'ingénieux mécanismes ont été imaginés pour produire cette détente.

Aux mines d'Épinac, on a substitué à la machine d'extraction pour câbles et molettes le système dit *atmosphérique*. Dans ce système, le guidage est remplacé par un tube de grand diamètre, régnant comme lui sur toute la hauteur du puits, et à l'intérieur duquel se meut un piston portant à sa partie inférieure la charge à élever. On fait le vide à la partie supérieure du tube, et la pression atmosphérique fait monter la charge. Ce système, appliqué à un puits de 630 mètres de profondeur, offre sur le système d'extraction par câbles l'avantage d'être indépendant de la profondeur. Mais il convient d'attendre qu'il ait fonctionné quelque temps pour prononcer sur sa valeur.

Le *matériel d'extraction* tout entier révèle des améliorations dictées par la concentration de la production sur des puits peu nombreux qui, bien souvent, doivent extraire, à plus de 500 mètres, 600 et 800 tonnes par dix heures.

Les *câbles plats* se font souvent en acier ; leurs torons ont dû être multipliés pour laisser une grande souplesse aux fortes sections exigées par les charges à enlever.

Les *cages* sont à plusieurs étages pour recevoir un grand nombre de wagonnets, et on les fait souvent en acier pour réduire le poids suspendu.

Les *appareils de sûreté*, parachutes, évite-molettes, signaux, etc., ont été multipliés et simplifiés pour être d'un fonctionnement sûr, malgré les vitesses de circulation admises aujourd'hui dans les puits.

Les *châssis à molettes en fer* se sont généralisés, parce qu'ils permettent d'établir les molettes à une plus grande hauteur au-dessus de l'orifice des puits, ce qui est une condition de sécurité.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les *guidages* ont été établis avec un soin croissant, et les guides rigides en bois ou en fer tendent à remplacer les guides en câbles ronds partout où la remonte des ouvriers à la cage exige un parachute efficace.

La *descente et la remonte des ouvriers* au moyen de la cage d'extraction est aujourd'hui la règle dans toutes les exploitations dépassant 300 à 400 mètres.

Les appareils spéciaux, tiges oscillantes, etc., ne semblent pas encore être devenus nécessaires, la profondeur maxima des puits en France n'ayant pas jusqu'à présent dépassé 650 mètres.

Pour les grands *épuisements permanents*, on a cherché à augmenter la puissance des appareils par l'augmentation du nombre des coups de piston donnés par minute, augmentation qu'on obtient en faisant commander les tiges de pompes par des machines à double effet, ou mieux encore par des machines de rotation à mouvement continu et à volant.

Dans un autre ordre d'idées, on a cherché à simplifier l'attirail des pompes et à augmenter la section laissée libre dans le puits en adoptant, dans les machines à maîtresses tiges, des hauteurs de refoulement de 200 mètres, ou mieux encore en installant au fond une machine de rotation qui refoule directement l'eau au jour par une colonne de tuyaux n'occupant dans le puits qu'une place insignifiante.

Dans toutes ces machines à grande puissance, la condensation et la détente sont poussées aussi loin que possible.

Des progrès considérables ont été faits dans l'*aérage des travaux*; les appareils de ventilation mécanique, ventilateurs à force centrifuge et ventilateurs Lemielle, se sont répandus, et on leur donne aujourd'hui des dimensions souvent considérables qui ont permis d'augmenter beaucoup le volume d'air lancé dans les travaux dont le développement a conduit à apporter un soin particulier à la distribution de l'air à chaque chantier.

Des perfectionnements nombreux ont été apportés à l'*éclairage des mines;* on a généralisé l'emploi des huiles minérales pour les lampes fixes, et on a perfectionné le mode de fermeture des lampes de sûreté, en même temps qu'augmenté un peu le degré de sécurité donné par elles par quelques modifications de détail.

L'*éclairage électrique* est resté la très-grande exception, même dans les ateliers de criblage et de triage à l'extérieur où il semble appelé à rendre quelques services.

Les *appareils de sauvetage* se sont multipliés, grâce à des simplifications apportées aux appareils primitifs qui avaient été exposés en 1867.

Pour les *signaux*, on en est resté presque partout à l'antique marteau manœuvré du fond par un cordon métallique, malgré des essais heureux faits dans quelques mines pour y substituer l'électricité.

Les *appareils de classement et de nettoyage* des produits extraits ont fait de grands progrès, surtout au point de vue du débit obtenu par appareil, de la réduction de la main-d'œuvre nécessaire, et de la moindre proportion de menu résultant du criblage. On doit citer dans cet ordre d'idées les cribles à secousse de Commentry et les toiles sans fin des mines de Lens.

Dans le *lavage de la houille*, on a augmenté également la puissance des appareils sans réduire leur efficacité.

Dans le *lavage des minerais métalliques*, la généralisation des cribles continus à grenailles et des cribles filtrants du Hartz a transformé la préparation mécanique en lui donnant une rapidité inconnue jusque-là et en réduisant les pertes au lavage; on a aussi poussé plus loin le lavage des matières fines.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'industrie des *agglomérés de houille* s'est notablement développée en France depuis 1867 et l'emploi du brai sec comme ciment s'est presque partout substitué au brai gras. Il donne un aggloméré plus solide, brûlant avec moins d'odeur et de fumée.

Les perfectionnements apportés à l'outillage des usines à agglomérés ont porté spécialement sur les broyeurs, pour lesquels des dispositions entièrement nouvelles ont été imaginées.

Dans la *carbonisation des houilles*, l'augmentation de valeur des menus a conduit à adopter des fours à coke mieux conçus au point de vue du rendement, et par conséquent à abondonner presque partout les fours à admission d'air directe pour leur substituer des fours à carneaux, et quelquefois même des fours complétement clos permettant de recueillir les produits de la distillation, les eaux ammoniacales et goudrons.

La rareté relative des houilles grasses a amené à carboniser des houilles demi-grasses ou à mélanger aux houilles grasses une notable proportion de houilles maigres : ce résultat n'a pu être atteint qu'en broyant plus finement les menus, en les mélangeant plus intimement et enfin en rétrécissant beaucoup la largeur des fours, de manière à augmenter la surface de chauffe par rapport à l'épaisseur du charbon à carboniser.

Enfin l'augmentation croissante des dimensions des hauts fourneaux, augmentation qui oblige à n'employer que des cokes très-solides, a conduit à augmenter beaucoup la hauteur de la charge et à adopter par conséquent des fours étroits et hauts, en prolongeant souvent la durée de la carbonisation.

*Métallurgie.* — Dans la *métallurgie*, l'usage des hautes températures s'est généralisé depuis 1867. On les réalise aujourd'hui couramment et dans des conditions très-économiques par l'emploi combiné des gazogènes et des régénérateurs de chaleur. L'adjonction de ces deux appareils aux fourneaux métallurgiques a amené une économie de combustible très-notable. C'est elle qui a permis la préparation de l'acier fondu au four à réverbère par le *procédé Martin*, qui consiste à dissoudre du fer dans un bain de fonte, ou par le *procédé Pernot*, qui consiste à faire réagir sur le bain de fonte du minerai disposé en matière de garnissage sur une sole tournante.

Dans la *fabrication de la fonte*, deux faits capitaux à signaler : d'abord l'accroissement considérable du volume intérieur des hauts fourneaux, qui permet de leur faire produire 50 à 75 tonnes par 24 heures lorsqu'on y souffle des quantités de vent suffisantes ; de là l'augmentation de la production moyenne par haut fourneau, qui est révélée par la statistique, puis la réduction considérable de la consommation de combustible par tonne de fonte, réduction obtenue principalement par l'application au chauffage de l'air des régénérateurs Siemens.

Aujourd'hui, grâce à ces appareils, on consomme moins d'une tonne de coke par tonne de fonte.

On doit signaler également le profit qu'on a tiré de l'augmentation de puissance réductive des hauts fourneaux pour préparer des produits nouveaux comme les fontes à haute teneur de manganèse.

Dans les *ateliers d'affinage de la fonte*, partout où les fontes sont pures, on adopte les appareils Bessemer et Martin, qu'on installe de manière à pouvoir recevoir la fonte directement au sortir du haut fourneau. Lorsque les fontes sont impures, on est obligé de conserver le puddlage ; mais on cherche à substituer au travail manuel le brassage mécanique sans avoir d'ailleurs trouvé encore une solution satisfaisante.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les *ateliers d'élaboration*, la tendance générale est l'accroissement de puissance des appareils mécaniques : marteaux, laminoirs, etc. Le Creusot possède aujourd'hui un marteau de 65 tonnes, et dans plusieurs usines on lamine des rails de 9 à 12 mètres, des fers à T de 20 à 25 mètres, des tôles de 2 à 3 mètres de largeur. On se sert pour cela de grands trios ou de laminoirs à renversement sans volant.

*Tableau du nombre et de la consistance des usines à fer, en activité pendant les années* 1866 *à* 1872.

| DÉSIGNATION DES APPAREILS. | | | ANNÉES | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1866. | 1867. | 1868. | 1869. | 1870. | 1871. | 1872. |
| Usines | | actives | 1.120 | 1.123 | 1.100 | 1.105 | 1.080 | 1.026 | 1.055 |
| | | inactives | 234 | 238 | 251 | 206 | 218 | 206 | 177 |
| Haut-fourneaux | | au combustible végétal | 163 | 142 | 113 | 91 | 82 | 77 | 89 |
| | | au combustible minéral | 155 | 144 | 140 | 142 | 143 | 114 | 133 |
| | | au mélange des deux combustibles | 66 | 60 | 58 | 55 | 41 | 32 | 46 |
| Fabrication du fer. | Foyers | catalans ou corses | 34 | 32 | 27 | 24 | 22 | 21 | 20 |
| | | d'affinerie | 422 | 383 | 306 | 303 | 287 | 255 | 278 |
| | | de mazerie | 25 | 24 | 20 | 20 | 23 | 19 | 17 |
| | Fours | à puddler | 1.079 | 1.070 | 1.076 | 1.111 | 1.073 | 902 | 1.037 |
| | | à réchauffer | 1.023 | 995 | 919 | 918 | 903 | 822 | 845 |
| Fabrication de l'acier. | | Foyers d'affinerie | 57 | 57 | 62 | 49 | 37 | 20 | 4 |
| | | Fours à puddler | 77 | 72 | 84 | 82 | 79 | 53 | 81 |
| | | Foyers Bessemer | 10 | 9 | 10 | 18 | 18 | 27 | 30 |
| | | Fours de chaufferie | 224 | 213 | 215 | 205 | 206 | 175 | 229 |
| | | Fours de cémentation | 53 | 52 | 53 | 53 | 47 | 43 | 44 |
| | | Fourneaux de fusion | 324 | 166 | 274 | 287 | 281 | 235 | 212 |
| Appareils moteurs. — Machines | hydrauliques | Nombre | 1.401 | 1.337 | 1.234 | 1.207 | 1.146 | 985 | 1.069 |
| | | Force en chevaux | 22.120 | 21.022 | 19.613 | 20.861 | 20.430 | 18.480 | 19.936 |
| | à vapeur | Nombre | 1.791 | 1.792 | 1.923 | 1.916 | 1.901 | 1.762 | 1.853 |
| | | Force en chevaux | 48.618 | 48.643 | 53.694 | 55.433 | 55.272 | 50.216 | 54.381 |
| | à molettes | Nombre | 20 | 17 | 14 | 16 | 15 | 14 | 12 |
| | | Force en chevaux | 30 | 21 | 20 | 22 | 21 | 22 | 44 |

En somme, depuis 1867, la transformation qui s'annonçait alors dans la métallurgie du fer s'est poursuivie : le convertisseur Bessemer et les fours Martin se sont répandus partout; ils donnent aujourd'hui des produits fondus étirables de dimensions presque quelconques. On en a vu de plus de 30,000 kilogrammes, et de prix presque égal à celui du fer; mais ils ne peuvent traiter que des fontes pures. Aussi l'une des conséquences de leur adoption a-t-elle été

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de faire rechercher partout les minerais riches et purs, comme les minerais des Pyrénées et de l'Algérie. Une autre conséquence a été de faire naître des procédés d'épuration et particulièrement de déphosphoration des fontes, dont aucun jusqu'à ce jour n'a pu devenir industriel ni permettre aux usines de transformer en acier les minerais pauvres et impurs, qui faisaient autrefois la fortune des usines de l'Est et du Centre.

On trouvera dans le tableau suivant les données les plus propres à faire ressortie les transformations effectuées dans nos usines à fer, de 1866 à 1872.

La *métallurgie du plomb* a été simplifiée par l'application du pattinsonnage à la vapeur, qui réduit à deux le nombre des chaudières nécessaires à la désargentation du plomb et diminue notablement les dépenses de main-d'œuvre. Ce procédé est actuellement employé en Angleterre et en Amérique.

Rien de particulier à citer sur l'outillage métallurgique des autres métaux, dont les procédés d'extraction ont été généralement tirés de l'étranger.

Le matériel d'*élaboration des métaux* sous leurs diverses formes : emboutissage, martelage, estampage, perçage, sciage, sertissage, etc., a donné lieu à quelques perfectionnements nouveaux dans les machines-outils qui sont employées dans les ateliers spéciaux.

Depuis une quinzaine d'années, on a procédé systématiquement dans plusieurs régions thermales, et particulièrement le long de la région pyrénéenne, à des travaux de *captage* des sources minérales.

---

NOTE XI.

## Sur les progrès accomplis dans l'art des mines depuis 1867 (1).

. . . . . .

« En ce qui concerne la production, l'Angleterre tient toujours la tête et la tiendra longtemps encore: de 107 millions de tonnes en 1867, sa production a passé à 133 millions en 1876. Après elle nous trouvons l'Empire d'Allemagne ayant passé de 30 millions à 45; les États-Unis d'Amérique de 26 à 41; la France de 13 à 17; la Belgique de 13 à 14; l'Autriche de 8 à 14. L'accroissement de la production des États-Unis mérite spécialement d'attirer l'attention. C'est l'indice, vous le savez, d'un grand déplacement d'industrie dans le monde; et ce pays des surprises, avec ses immenses ressources, ménage peut-être dans l'avenir à notre vieille Europe, plus d'un étonnement douloureux.

« De ce côté de l'Atlantique, ce sont toujours les mêmes bassins qui assurent la production avec les variations dans leur production relative résultant de causes économiques spéciales. En réalité, il n'y a pas eu de découvertes récentes de nouveaux gisements de combustibles; quelques recherches à peine ont augmenté légèrement le stock déjà connu de nos richesses; tels sont, par exemple, les sondages qui ont montré le prolongement de la zone houillère du Pas-de-

---

(1) Extrait d'une note de M *Aiguillon*, insérée au *Bulletin de la Société minérale*, Tome VIII, 1re livraison de 1879. Cette livraison, qui est formée de 250 pages, renferme les rapports faits à la Société par ceux de ses membres qui faisaient partie du Congrès des mines à l'Exposition de 1878. Le *Bulletin de la Société minérale* paraît trimestriellement et coûte 24 fr., par an.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Calais sous le terrain dévonien. Et cependant en combien de points, par tous les pays, les recherches n'ont-elles pas été nombreuses, hardies et persévérantes à la suite de cette crise où les charbons ont atteint des cours dont on ne se souvient plus aujourd'hui que comme d'un mirage trop tôt disparu!

« En dehors des combustibles, il nous a été donné de voir plusieurs découvertes intéressantes de gisements nouveaux ou la mise en valeur de gisements connus, mais restés jusqu'alors plus ou moins complétement délaissés.

« Ainsi, sous l'influence de la transformation survenue dans la sidérurgie, les minerais de fer purs et riches de l'Algérie, et plus généralement de la région méditerranéenne, sont devenus l'objet d'une exploitation assez active pour que l'Algérie, à elle seule, ait produit en 1876, 511,569 tonnes.

« Plus subit et plus rapide encore a été le développement de l'exploitation des calamines en Sardaigne: à peine, en 1867, cette substance venait-elle d'y être reconnue; peu d'années après, la production en était de 70 à 80,000 tonnes, chiffre auquel elle s'est tenue depuis.

« Tout récemment, la Grèce a entrepris à son tour l'exploitation de gîtes calaminaires qui fournissent aujourd'hui une trentaine de mille tonnes de minerais dont on a pu apprécier au Champ-de-Mars la richesse et la qualité. Un peu auparavant le Laurium avait vu se fonder, comme par enchantement, cette usine d'Ergastivia, célèbre à tant de titres, et qui, quelques années après sa création en 1864, livrait l'énorme quantité de 8 à 10,000 tonnes de plomb d'œuvre.

« Je mentionnerai la mise en exploitation régulière des gisements de garniérite en Nouvelle-Calédonie. Les premiers échantillons de ces minerais avaient passé presque inaperçus en 1867; en 1878, on a pu examiner au Champ-de-Mars les divers produits obtenus par leur traitement.

« Vous me permettrez de vous rappeler, à cette occasion, que la découverte de ces minerais est due à l'un des membres les plus sympathiques de notre Société, dont le nom passera justement à nos neveux avec celui de la substance qu'il a su le premier reconnaître.

*Où en sont les procédés et le matériel des sondages.* — « Le sondage *à la corde* ou *chinois* a toujours été délaissé en France, malgré l'impulsion qu'avait voulu lui donner l'esprit ingénieux et chercheur de Le Châtelier. En Amérique, au contraire, on trouve ce procédé exclusivement employé au célèbre *pays de l'huile* de Pensylvanie; dans des terrains médiocrement durs, suffisamment consistants pour se tenir sans éboulements; on fait là, par ce moyen, des sondages de $0^{m},10$ de diamètre, allant parfois à 320 mètres de profondeur, avec des vitesses d'avancement atteignant jusqu'à 2 mètres par vingt-quatre heures. C'est peut-être du *pays de l'huile* américain que le procédé a passé dans la région du pétrole de Gallicie où on le trouve habituellement employé comme dans d'autres régions de l'Allemagne et de l'Angleterre. Dans le premier de ces pays, ce procédé, qui a l'avantage, quand la nature des terrains n'empêche pas d'y recourir, d'être rapide et économique, a été complété et rendu pratique par des appareils à chute libre convenablement appropriés.

« Le matériel du sondage *à la tige* se trouvait, il y a dix ans, tellement perfectionné déjà et si complet, que peu de progrès pouvaient être obtenus. Par l'emploi de trépans plus lourds, mieux guidés, de dispositions d'ensemble plus étudiées, on a pu atteindre parfois des vitesses un peu plus grandes en faisant battre plus de coups: il serait oiseux de s'arrêter sur des faits dus plus peut-être à l'habileté des sondeurs qu'à la supériorité des outillages.

« Mais une véritable nouveauté a été introduite dans la pratique par le sondage au diamant. L'idée d'employer les diamants noirs pour l'attaque des roches

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est due à un Français, M. Leschot, dont le perforateur, basé sur ce principe, date de 1860. C'est en Amérique et beaucoup plus tard que le procédé a pris faveur; les premiers sondages au diamant y ont été faits; de là ils ont passé en Angleterre et dans ces dernières années en Allemagne. En France, on a fait par ce système, dans le bassin houiller de l'Allier, deux sondages dont l'un a atteint à Neuville la profondeur de 740 mètres.

« Des deux appareils, celui rodant sur toute la surface, et celui rodant par une couronne annulaire, le dernier est le plus employé; il a l'avantage de donner, par carottes successives, un témoin de la série complète des terrains traversés.

« Le sondage au diamant ne peut pas s'appliquer à tous les terrains; il ne peut pas l'être notamment pour la traversée d'argiles ou de roches tendres analogues, pas plus que de certains bancs hétérogènes tels que les poudingues à galets de quartz mal cimentés; il nécessite en outre une consommation d'eau considérable pour être injectée sous pression dans la colonne centrale; au demeurant, il n'est pas sensiblement plus économique que le sondage à la tige, mais sa rapidité est merveilleuse. Ainsi, en Suède, on a foré jusqu'à 93 mètres en une semaine; à Böhmisch-Brod (Bohême), 700 mètres ont été faits en 160 jours de travail effectif, soit à raison de 4 mètres à 4$^{m}$,50 par jour; à Rheinfelden (Suisse), 433 mètres ont été forés en deux mois environ; dans une seule journée de 24 heures on avait fait jusqu'à 23$^{m}$,75 d'avancement.

« Les sondages faits par la *Continental Diamond Rock-Boring Company*, propriétaire du brevet sur le Continent, pour rechercher le prolongement à Ascherleben des gisements de sels potassiques de Stassfurt, ont présenté cette particularité qu'on a pu, malgré la solubilité des substances, retirer des carottes exposées dans la section anglaise au Champ-de-Mars.

« Dans les procédés pour l'attaque des roches, une autre nouveauté est entrée aujourd'hui dans la pratique courante de l'exploitation: ce sont les *explosifs modernes* substitués à l'antique poudre de mine.

« Le coton-poudre, puis la nitro-glycérine avaient d'abord été proposés, il y a une trentaine d'années, pour renverser cette royauté incontestée depuis son invention. La première de ces substances ne s'est jamais beaucoup répandue dans l'art des mines; la seconde a donné d'excellents effets dans l'exploitation de grandes carrières à ciel ouvert. Mais l'une et l'autre ont dû être écartées du service courant à la suite de lamentables catastrophes dues à leur instabilité chimique.

« Il a fallu la découverte de la dynamite par Nobel (1) pour que l'usage de ces explosifs, autres que la poudre ordinaire, devînt tout à fait pratique.

*Perforation mécanique* (2). — La perforation mécanique a puissamment contribué à développer la pratique des nouveaux explosifs; sans eux, d'autre part, ce genre de travail n'aurait pas donné les avantages qu'il a procuré dans de si nombreuses exploitations. Je ne voudrais pas cependant, Messieurs, qu'on pût donner à cette réflexion, soit dans un sens, soit dans l'autre, une portée qu'elle n'a pas. Loin de moi notamment la pensée de vouloir diminuer l'importance de la perforation mécanique, l'une des formes les plus pratiquées, sous lesquelles nous rencontrons, pour la première fois, dans cet exposé, l'emploi de l'air comprimé comme force motrice.

« Le développement de l'application dans les travaux souterrains de ce nou-

(1) Voir pour les matières explosives Tome V, l'article de M. Lacouture.

(2) Voir dans les ***Etudes sur l'Exposition*** de 1867 l'article mines de MM. A. Soulié et Lacour, t. I, p. 259.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vel agent est certainement l'un des progrès les plus incontestables et les plus marqués, faits pendant ces dernières années dans l'art d'exploiter les mines. C'est à ce point que je vous demande la permission de ne pas en scinder les applications suivant les différents services de l'exploitation, mais de les réunir toutes ici dans une vue d'ensemble.

« L'ingénieur français Triger avait, en 1839, appliqué le premier l'air comprimé au fonçage des puits de mines. Depuis cette époque, les applications de ce nouvel agent ont été particulièrement poursuivies hors de France. On l'a employé comme force motrice transmise à distance pour les services de l'extraction, de la traction mécanique par câbles et de l'épuisement, pour mettre en mouvement des perforatrices et des haveuses ; plus récemment enfin on vient de l'appliquer à l'alimentation de petites locomotives pour chemins de fer de mines. C'est au Champ-de-Mars, dans la section française, que nous avons trouvé cette dernière application se présentant pour la première fois dans des conditions dignes d'être signalées dès aujourd'hui bien que la pratique ne se soit pas encore prononcée définitivement sur elles.

« Des deux autres genres d'applications de l'air comprimé, le service des perforatrices est le seul, vous le savez, qui se soit sérieusement répandu presque partout.

« C'est là un résultat que pouvaient faire pressentir les avantages et les inconvénients inhérents à l'emploi de ce nouvel agent. Sa souplesse, sa facile et commode transmission à toute distance, son extrême divisibilité l'approprient merveilleusement aux travaux souterrains où il apporte en outre un élément à l'amélioration de l'aérage ; son emploi permet enfin de répondre à un des *desiderata* de notre époque : la diminution, sinon la suppression du travail manuel.

« Il convient de s'arrêter un instant sur les deux locomotives à air comprimé qui figuraient au Champ-de-Mars. Dans la machine de la Compagnie des mines de Blanzy, pour voie de $0^m,80$, l'air, pris sur la conduite générale intérieure à une pression moyenne, doit être refoulé et emmagasiné dans le réservoir à haute pression porté sur la machine par le travail d'une pompe actionnée par la machine elle-même : l'air du réservoir est ensuite dépensé par les cylindres moteurs comme dans toute autre locomotive. La locomotive Mékarski doit remplir directement son réservoir d'air comprimé à 30 atmosphères. Le type exposé pour voie de $0^m,60$ attirait l'attention par ses dispositions d'ensemble, son agencement mécanique, et par le principe théorique de son action. Sa légèreté — elle ne pèse que 2,300 kilos — ses faibles dimensions — elle passe dans un gabarit de $1^m,10$ de largeur sur $1^m,55$ de hauteur — la simplicité et la bonne disposition de son mécanisme en font un engin qui paraît tout à fait approprié aux mines. Le réchauffage par la bouillotte d'eau et de vapeur à 170 degrés, la régularisation, variable à volonté, de la pression de l'air à dépenser, donnent la possibilité de détendre suffisamment l'air, ainsi que la vapeur d'eau qui lui est mêlée, celle-ci même jusqu'à une pression inférieure à la pression atmosphérique. On peut donc réaliser des conditions indiquées par la théorie comme très-satisfaisantes, peut-être même plus satisfaisantes pratiquement que celles dans lesquelles travailleraient habituellement dans les mines les petites locomotives des chemins de fer à voie étroite. D'après les résultats obtenus par le système Mékarski dans le service des tramways, on estime que la machine exposée pourra faire un travail de 30 tonnes kilométriques sur voie en palier résistant à 1/80, avant d'être obligée de refaire son approvisionnement d'air.

*Perforatrices* (1). — « La plus employée jusqu'ici, en France et en Belgique,

(1) Voir les *Etudes sur l'Exposition* de 1867.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

paraît toujours être la perforatrice de MM. Dubois et François; sa distribution est tout particulièrement excellente; avec la perforatrice, beaucoup plus récente Turrettini-Colladon, elle est la seule, à ma connaissance du moins, permettant de donner un coup plein, c'est-à-dire à pleine pression sans crainte de contre-pression intempestive qui puisse en diminuer la vigueur. La rotation de l'outil, dans l'appareil type primitif, était un des points faibles du système; aussi, dans un très-grand nombre de mines, où cette perforatrice a été adoptée, à Anzin, Alais, Bességes, Bézenet, Blanzy, a-t-elle été avantageusement modifiée à cet égard. Quant à l'automaticité de l'avancement qui manque à cet outil, on peut se demander s'il est bien nécessaire dans les travaux de mines d'obtenir ce résultat au moyen d'une complication de plus. Malgré les perfectionnements importants qu'elle a reçus, on peut reprocher à la perforatrice Dubois-François d'être volumineuse, encombrante, par suite coûteuse, et de ne pas marcher avec assez de rapidité pour l'attaque des roches très-dures.

« En Allemagne, on a principalement travaillé au début avec la perforatrice Sachs plus légère, plus rapide, mais trop délicate peut-être pour le travail courant des mines. Puis on a essayé de ci de là les perforatrices Warrington, Darlington-Blanzy, Burleigh, Warsop, Ingersoll, Mac-Kaen, d'origines anglaise et américaine, toutes plus légères que la Dubois-François, généralement automatiques, beaucoup plus rapides, battant 600 coups comme la Mac-Kean et l'Ingersoll, qui jouit d'une très-grande réputation en Amérique, ou même 1,200 comme la Warsop, qui se distingue par cette particularité qu'elle agit comme un marteau-pilon, l'outil étant indépendant du piston. Des données pratiques sérieuses manquent pour pouvoir comparer entre eux ces divers instruments. Le choix fait au Saint-Gothard, pour des roches très-dures, de la Mac-Kean et de la Ferroux, qui n'est qu'un dérivé du type primitif de Sommeiller, est certainement un certificat en faveur de ces systèmes. Mais ce percement de tunnel, fait dans les conditions que l'on sait, ne peut pas être considéré comme un travail de mine normal. En somme, ce que l'on peut constater, c'est qu'à côté de perforatrices un peu trop volumineuses et encombrantes exigeant des affûts soignés, entraînant à de grandes installations, plus appropriées pour les travaux de longue haleine, on a cherché à obtenir des appareils légers, très-maniables, susceptibles d'être avantageusement employés d'une façon plus courante.

« Ce type des perforatrices à percussion continue à rester en faveur; le perforateur au diamant par rotation paraît cependant avoir été quelque peu employé en Amérique pour le percement des galeries, bien que sur une moindre échelle que pour les sondages. La section belge en présentait un type, de construction très-soignée et très-étudiée, dû à M. Toverdon. On a trouvé également dans la section suisse une perforatrice à rotation, à outil d'acier, du système Brand, exposée par la maison Sulzer, attirant l'attention par son ingénieux mécanisme.

« L'application de la perforation mécanique au fonçage des puits reste encore à l'étude, plutôt qu'elle n'est entrée dans la pratique.

*Le havage mécanique.* — « La question n'a pas fait un pas depuis 1867. L'Exposition nous a montré bien un ou deux outils nouveaux, notamment celui pour le traçage de MM. Mathet-Levet, dans l'exposition de la Compagnie de Blanzy. Mais rien de définitif n'est encore acquis sur ce point.

« Je passe, en ce qui concerne le fonçage des puits sur les différentes installations faites en divers points pour l'approfondissement sous stot, genre de travail fort répandu aujourd'hui; je relèverai plus spécialement le développement donné au système Kind et Chaudron, qui me paraît de nature à en établir positivement la valeur pratique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« L'invention de la boîte à mousse, qui est un des traits caractéristiques du système, remonte bien à 1854, année où elle fut employée pour la première fois au puits Léopold de Dahlbusch (Westphalie); mais ce ne fut que plus tard, de 1859 à 1867, que furent forés, avec l'application complète du système, les puits Sainte-Marie et Sainte-Barbe de Péronnes, la bure d'air et le siége n° 2 de Dahlbusch et enfin les puits n$^{os}$ 1 et 2 de l'Hôpital, où la hauteur du cuvelage le plus profond de ceux jusqu'alors exécutés, atteignait 143 mètres. Depuis 1867, trente-sept puits ont été entrepris, la plupart dans les conditions les plus difficiles; en sorte qu'aujourd'hui le nombre des fonçages faits par ce système s'élève à quarante-cinq, dont trente-deux sont complétement achevés et treize restent en cours d'exécution. Sur ces 45 fonçages, on en compte 3 en Angleterre, 6 en Westphalie et en Saxe, 5 en Lorraine, 19 en France et 12 en Belgique. Les hauteurs des cuvelages dans les 32 puits exécutés ont varié entre un minimum de 37 mètres au puits n° 8 de Douchy, et le maximum de 161 mètres au puits n° 3 de l'Hôpital. Les puits n$^{os}$ 1 et 2 de Ghlin (Belgique) en cours d'exécution doivent avoir une hauteur cuvelée de 300 mètres; leur fonçage est arrivé aujourd'hui, au petit diamètre, à 294 mètres, et au grand à 207 mètres. Si l'on réussit ce travail, il est bien peu de fonçages qui pourront être considérés comme impossible dans l'avenir. Le diamètre intérieur utile des puits actuellement en exploitation n'avait pas dépassé 3$^{m}$,65; mais ceux de Bracquegnies (Belgique), en cours d'exécution, iront à 4 mètres, et ceux de Connock dans le Staffordshire à 4$^{m}$,50. Il n'est pas sans intérêt de noter que les deux grands puits de Bracquegnies, que je viens de mentionner, auront en outre une hauteur de cuvelage de 195 mètres.

« Malgré les succès toujours croissants de ce système, les anciens procédés par avaleresses, qui n'ont d'ailleurs subi aucune modification, ont encore leurs partisans. Les procédés Triger continuent de leur côté à être bien rarement appliqués aux mines.

« Les méthodes d'exploitation connues et pratiquées en 1867, n'ont subi depuis cette époque aucune de ces transformations méritant de faire l'objet d'une mention spéciale. Aussi bien depuis longtemps déjà, les méthodes sont assises pour l'exploitation des couches minces. Tout au plus pourrait-on signaler la pratique de plus en plus répandue des grandes tailles avec traçage préalable aussi réduit que possible. L'exploitation des gisements de grande puissance, particulièrement des couches de houille, a été plus longue à trouver ses règles. Mais aujourd'hui ces questions sont bien connues partout; les principes admis sont les mêmes; en les appliquant à telle ou telle mine, on leur fait seulement subir les modifications exigées par les circonstances locales.

« Avant de quitter ce sujet, je crois devoir signaler l'importance plus grande prise dans ces dernières années par les exploitations à ciel ouvert. On a trouvé de gros avantages économiques dans bien des cas, à enlever d'énormes masses de stériles devant lesquelles on aurait certainement reculé autrefois. L'Exposition a permis d'étudier les intéressantes applications de ce principe faites dans les houillères de l'Aveyron, les mines de pyrite de Rio-Tinto et celles de San-Domingos.

« L'augmentation croissante poursuivie dans chaque siége d'exploitation, la profondeur de jour en jour plus grande des puits, ont naturellement amené une nouvelle augmentation dans les machines d'extraction pour lesquelles le type à action directe, sans engrenages, a du reste continué à être conservé. Les machines à deux cylindres conjugués de 0$^{m}$,80 à 0$^{m}$,90 de diamètre ne sont pas rares; la mine de Sacré-Madame (Belgique) expose au Champ-de-Mars les plans de sa machine de 1 mètre de diamètre, et l'usine du Creusot celui d'une



CONSERVATOIRE BIBLIOTHÈQUE

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

machine de 1m,20 projetée pour la houillère de Montchanin. La course de toutes ces machines reste toujours de 1m,80 à 2 mètres.

« Le type horizontal paraît avoir aujourd'hui la préférence; la distribution par soupapes, très-répandue depuis longtemps en Angleterre et en Allemagne, conquiert toujours du terrain en France et en Belgique, malgré les partisans convaincus qui n'abandonnent pas la distribution par tiroirs.

« Avec les très-grandes machines de ce dernier type, il a fallu recourir parfois à de petites machines et notamment aux servo-moteurs pour en assurer la commande suffisamment facile.

« Cet accroissement des machines d'extraction devait naturellement susciter à lui seul, l'idée de leur appliquer la détente à une époque où ce problème est un de ceux ardemment poursuivis dans toutes les branches de la construction des machines à vapeur. Aussi bien, il n'est peut être pas de machines où, en théorie, l'application de la détente soit plus rationnellement indiquée pour obtenir la régularisation des efforts. Les artifices connus pour atteindre ce but, tambours spiraloïdes avec les câbles ronds, rayons d'enroulement convenablement calculés avec les câbles plats, contrepoids, etc., sont inapplicables pour les très-grandes profondeurs et n'ont jamais été beaucoup appliqués quand ils auraient pu l'être. La détente peut au contraire donner une solution théorique du problème tout à fait satisfaisante. Son application aux machines d'extraction entraîne, il est vrai, des difficultés spéciales : il faut que la détente soit variable et très-maniable, qu'elle puisse être promptement changée et même suspendue sans complication sérieuse dans le mécanisme et surtout sans aggravation sensible dans le travail du mécanicien. Il est même à désirer que les variations nécessaires de la détente soient obtenues automatiquement.

« La détente Scohy et Crespin est une des premières solutions appliquées : détente fixe, dérivée de la détente Meyer, mais pouvant être supprimée à volonté ; elle n'est qu'une solution incomplète puisqu'elle ne convient théoriquement qu'aux machines équilibrées.

« La détente Guinotte, à laquelle on reproche une complication plus apparente peut-être en la forme, que réelle au fond, paraît être la détente variable automatique ayant encore le mieux résolu le problème avec une distribution par tiroirs.

« Pour les distributions par soupapes, la détente par cames de Kraft-Audemar est tout à fait séduisante par la suppression de la coulisse et la simplicité de la commande.

*Matériel d'extraction.* — « Je ne m'arrête pas aux modifications de détail faites dans les diverses parties du matériel de l'extraction : aucun des nombreux parachutes ou évite-molettes, qui, nés depuis 1867, sont venus se placer à côté des anciens, n'a conquis une réputation assez dominante pour qu'on puisse dire que l'on soit aujourd'hui en possession de l'appareil type définitif. Les questions que soulève l'usage des câbles, et notamment des câbles métalliques, n'ont de même pas encore reçu leur solution. Les inconvénients et les avantages de l'emploi des câbles ronds ou des câbles plats, en chanvre ou en aloës, en fer ou en acier, les conditions dans lesquelles ces câbles doivent servir, restent toujours discutés, pour n'avoir peut-être été qu'insuffisamment approfondis encore.

« On doit constater cependant que l'usage des câbles en acier est fréquent en Angleterre et en Allemagne, tandis qu'il reste encore rare en France.

« L'installation générale des puits a naturellement suivi, dans son développement, l'augmentation donnée à la production, mais sans qu'il y ait là, soit dans les systèmes adoptés, soit dans les dispositions d'ensemble, quelque nouveauté bien réelle en dehors du tube atmosphérique de M. Blanchet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Dans certains puits récents, on a bien supprimé l'intermédiaire du chevalement et des molettes pour placer directement la machine sur le puits, en obtenant par ce moyen, entre autres avantages, la suppression de la double torsion donnée à l'un des câbles dans le système habituel. Mais jusqu'ici cette solution, très-recommandable en principe, n'a été appliquée qu'à des puits d'une médiocre profondeur et d'une assez faible production.

« Quant à l'installation du puits Hottinguer d'Épinac, vous la connaissez tous déjà; c'était certainement une des nouveautés les plus intéressantes de la classe 50 au Champ-de-Mars. Les avantages économiques du tube atmosphérique ont été contestés au nom de la théorie; la pratique en est encore trop récente pour qu'elle ait pu donner une réponse définitive. En attendant, on doit reconnaître qu'il y a là plus qu'une solution originale, il y a un effort sérieux vers la solution du problème de l'exploitation des mines à grande profondeur qui est bien de nature à nous préoccuper dès aujourd'hui.

*Machines d'épuisement.* — Elles ont subi, depuis une dizaine d'années, une série de transformations plus importantes et plus radicales que celles que l'on peut relever dans les machines d'extraction.

L'antique machine de Cornouailles a reçu de M. l'ingénieur autrichien Bochkoltz une modification de mécanisme discutée avec un retentissement exceptionnel, dont l'efficacité, affirmée par les uns comme un grand perfectionnement, a été presque niée par les autres. Peut-être au fond de toute cette discussion n'y avait-il qu'un malentendu dans le point de départ des deux parties. En réalité, on ne peut méconnaître les avantages industriels de l'appareil Bochkoltz qui permet de décharger la maîtresse-tige de tout le poids nécessaire à l'ouverture des clapets et de battre sans danger un plus grand nombre de coups par minute.

« A la suite du Bochkoltz, on pourrait citer la disposition proposée, pour les machines d'épuisement à traction directe, par M. Georges Willner, de Prague, qui place un levier coudé entre la tige du piston et la maîtresse-tige, dans le but de régulariser les efforts et de permettre d'augmenter la détente.

« Malgré ces perfectionnements de détail, il est permis de dire aujourd'hui que la machine de Cornouailles, qui régnait à peu près incontestée il y a dix ans, paraît avoir fait son temps; elle est appelée à disparaître comme un outil trop encombrant, trop coûteux de premier établissement et travaillant avec trop peu d'économie.

« En premier lieu sont venues, pour la remplacer, les machines d'épuisement à double effet, avec mouvement intermittent réglé par la cataracte. En 1864, l'ingénieur Ehrhadt de Mülheim installait, au puits Gewalt du bassin de la Ruhr, la première machine de ce type promptement répandu en Westphalie, tant ses avantages étaient évidents : réduction de moitié des dimensions de la machine et dans des proportions semblables du poids de la maîtresse-tige et des pièces en mouvement, augmentation de la détente et de la vitesse qui a été portée de 8 à 10 coups par minute.

« De ce type on est passé aux premières machines rotatives par la suppression de la cataracte et son remplacement par un volant, pour régulariser le mouvement qui cessait dès lors d'être intermittent. L'Exposition nous a montré une de ces machines établie par la Société Cockerill. Pour vous faire sentir le chemin parcouru dans ces transformations, au seul point de vue de l'économie des combustibles, il me suffira de dire qu'on est arrivé au Bleyberg, avec une machine rotative à volant, à ne consommer que $1^{kg},50$ de houille de qualité ordinaire par force de cheval en eau élevée, alors qu'avec la meilleure machine de Cornouailles, on eût dépensé le double.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« Cependant, les machines rotatives à volant ont cet inconvénient que leur vitesse ne peut descendre au-dessous de certaines limites sans être exposées à s'arrêter. Il faut parfois dans une mine, que la machine puisse battre 1 ou 2 coups, comme 8 ou 9. M. l'ingénieur Kley, pour triompher de cette difficulté, a su combiner la cataracte avec le volant, de façon à rendre à la nouvelle machine d'épuisement, avec un mouvement intermittent, l'élasticité désirable.

« Dans le matériel accessoire de l'épuisement, il faut signaler: une nouvelle augmentation dans la hauteur des jeux foulants qui a été portée jusqu'à 144 mètres au puits Saint-Arveld dans la Ruhr; une construction mieux entendue et plus perfectionnée des soupapes permettant de battre plus de coups; enfin, l'usage devenu prédominant des maîtresses-tiges en fer, ce qu'ont facilement permis les réductions de dimensions résultant de la transformation du type des machines.

« L'augmentation croissante dans la production des puits et l'extension des champs d'exploitation ont reporté l'attention sur la traction mécanique souterraine. D'Angleterre, où elle était pratiquée bien avant 1867, elle a passé en Belgique et en France. Il a semblé que c'était aux dispositions bien connues de ce genre qu'il fallait demander la possibilité pour une galerie de 1,500 à 2,000 mètres de longueur, de débiter 120 à 150 chariots par heure. Toutes les installations faites récemment rentrent dans les deux types connus: 1° la chaîne ou les câbles flottants; 2° le câble traînant ou la corde-tête et la corde-queue. Le premier système demande des alignements droits et exige une double voie; mais sa vitesse peut être modérée, $0^m,50$ par seconde, de façon à ne pas créer de trop grandes sujétions dans une galerie de mine, tant pour la circulation des hommes que pour l'installation et l'entretien de la voie. Le second s'adapte à toutes les sinuosités des galeries et peut à la rigueur fonctionner sur voie unique; mais, pour produire tous ses effets, surtout avec de grandes distances, il faut marcher à des vitesses allant jusqu'à 6 et 7 mètres par seconde, de nature par suite à créer bien des difficultés.

« Dans les installations récentes, dont l'Exposition a permis de se rendre compte, la machine motrice est tantôt à l'intérieur et tantôt à l'extérieur, avec un simple renvoi de câble jusqu'au jour ou avec une transmission télédynamique distincte.

« La traction souterraine par locomotives, comme sur les chemins de fer à voie étroite de la surface, est restée une exception. Je vous ai signalé l'intérêt que présentait, et fait comprendre par suite l'importance que pourrait peut-être prendre, la traction par des locomotives à air comprimé, telles que celles de M. Mékarski, partout où un écartement d'essieu de $0^m,80$ ne créerait pas une impossibilité à la circulation des machines.

*Ventilateurs.* — « Parmi les ventilateurs, la supériorité du type Guibal avec ses derniers perfectionnements, courbure des ailes, vanne à ouverture appropriée, cheminée évasée, attaque directe par la machine motrice, n'a fait que s'affermir à mesure qu'il se répandait davantage. A côté de lui, comme appareils sanctionnés par la pratique, on peut citer le ventilateur Lambert, qui s'en rapproche par ses fenêtres faisant l'office de la vanne, et le ventilateur Harzé, dont le diffusoir périphérique joue le rôle de la cheminée évasée en cor de chasse pour la restitution de la force vive.

« Des divers ventilateurs à volume constant, celui de Lemielle s'est le plus répandu dans ces dernières années.

« Pour l'un comme pour l'autre type, on s'est lancé dans la construction d'appareils de dimensions de plus en plus considérables. Les Guibal de 9 mètres de diamètre ne sont pas rares; et il en existe déjà de 12 mètres, tel que celui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui figurait dans la section belge, pouvant, à la vitesse de 76 à 79 tours, tirer 45 mètres cubes d'air à la seconde sous une dépression de 190 millimètres. Après le Lemielle du Grand-Hornu de 7 mètres de hauteur de cuve et de 4 mètres 30 de diamètre, qui a donné à la vitesse de 22 à 24 tours 27 mètres cubes sous une dépression de 207 millimètres, on a monté celui de South-Brancepeth Colliery de 10 mètres de hauteur et $7^m,10$ de diamètre.

« Cette tendance à construire de grands appareils paraît avoir donné un regain de faveur aux anciennes machines pneumatiques à piston dont une vient d'être tout récemment établie en Belgique, sur le type des anciens appareils de Nixon, mais avec tous les perfectionnements de la mécanique moderne, de façon à pouvoir débiter 20 à 25 mètres cubes à la vitesse de 8 coups doubles.

« Quels que soient les moyens mécaniques par lesquels on produise ces énormes volumes d'air, il est permis de trouver fâcheuse la double nécessité où l'on se place ainsi de n'avoir que des circuits uniques et des vitesses exagérées dans certaines galeries.

« Des études récentes ont mis en lumière, de la façon la plus complète et certainement la plus utile, les dangers, au point de vue de la sécurité, de l'exagération des vitesses de l'air dans les galeries. Il y a près de dix ans déjà, M. Mallard, au nom d'une commission nommée par notre Société, a montré qu'il ne fallait pas trop compter sur la sécurité donnée par la lampe-type de Davy, qui est incapable d'empêcher une inflammation de se propager au-dehors du tamis dans des courants dont la vitesse serait de $2^m,40$ à $3^m,49$. Ces expériences, reprises et complétées par les soins du gouvernement belge, l'ont amené, il y a deux ans, non-seulement à interdire la lampe Davy, mais encore à prescrire l'usage obligatoire d'une lampe Mueseler dont toutes les dimensions sont rigoureusement déterminées. Il est cependant permis de croire que la lampe Mueseler n'est pas le dernier mot en matière d'éclairage de mines; on peut espérer et on doit trouver mieux, soit par une lampe alimentée à l'huile, soit peut-être par la lumière électrique dont nous pouvons chaque soir constater dans nos rues les progrès merveilleux.

« Le mode de fermeture des lampes est un autre des sujets dont on s'est particulièrement préoccupé. Pour ne mentionner que les systèmes les plus ingénieux parmi les plus récents, je rappellerai, en France, le système Dinant, par soudure, et la fermeture électrique. En Angleterre, la *Protector lamp and lighting C°* a exposée un système qui détermine l'extinction préalable de la lampe quand on veut l'ouvrir dans la mine, comme le fait le système Dubrulle.

« Les lampes de cette Compagnie, assez répandues en Angleterre, présentent d'ailleurs cette particularité d'être alimentées à l'essence minérale.

*Préparation des minerais.* — « Si l'on se reporte, en ce qui concerne la préparation mécanique des minerais, aux travaux publiés à l'occasion de l'Exposition universelle de 1867 et notamment aux études de M. A. Habets, on ne remarque pas de progrès réels signalés depuis cette époque dans cette branche de l'art des mines. Seulement on peut dire que les principes rationnels posés si magistralement par M. de Rittinger, que les règles pratiques déduites par lui de ces principes, se sont de plus en plus généralisés en même temps que se répandait l'usage des appareils établis sur la nouvelle théorie, dont la base est la classification préalable par grosseur faite aussi mathématiquement que possible. Partout aujourd'hui les ateliers de préparation mécanique semblent construits sur un même plan et fonctionner avec les mêmes appareils d'après les mêmes formules de travail : broyeurs, trommels, cribles continus, cribles du Hartz à fond de tamis, classeurs à courant d'eau ascensionnel, tables à secousses telle est l'organisation que l'on retrouve en tout pays comme on a pu le recon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

naître aisément au Champ-de-Mars. Entre ces divers ateliers, il n'y a guère de différences, en raison de la nature des substances à retirer ou à rejeter, que dans la classification par grosseur, c'est-à-dire dans les dimensions des trous des trommels.

« Tandis que la préparation mécanique des minerais semble avoir ainsi trouvé sa formule universelle, le lavage des charbons continue à se pratiquer dans les appareils les plus divers et même suivant des méthodes très-différentes. Les lois théoriques du lavage de cette substance sont cependant les mêmes que celles du lavage des minerais métalliques; il est vrai que d'une part la séparation physique entre la houille et le schiste est moins nette qu'entre le minerai métallique et sa gangue; d'autre part, la nature friable de la houille ne permet pas une classification de grosseur mathématique; enfin des conditions économiques dominent la question du lavage des combustibles. Il faut manier d'énormes quantités à des prix excessivement réduits en tenant même compte parfois des cours comparatifs auxquels le charbon peut être livré suivant sa teneur. De là cette diversité d'appareils que l'on continue à trouver employés ou que l'on voit établir à nouveau; il ne peut pas y avoir de lavoir à charbon universel et général.

« Ainsi l'antique bac à piston et les lavoirs qui en dérivent, ont leur raison d'être à cause de la succion ou du retour d'eau à travers la charge quand on veut avoir des charbons exceptionnellement purs, sans tenir compte des pertes qu'ils peuvent occasionner. Si on ne construit plus guère cet appareil dans son état primitif, on en retrouve le principe plus ou moins entièrement conservé dans tous ces lavoirs où l'on s'est principalement attaché à créer des agencements mécaniques permettant de simplifier la main-d'œuvre et d'augmenter la production par l'enlèvement automatique des charbons et des schistes.

« Dans une autre série où se trouvaient les lavoirs Coppée, Meynier, etc., on avait déjà essayé de supprimer la succion ou le retour d'eau à travers la charge par l'emploi d'un courant d'eau ascensionnel. Ces lavoirs conviennent pour des charbons préalablement bien classés de grosseur; ils diminueront les pertes, mais au détriment parfois de la pureté finale du produit; car ils ne lavent, comme on l'a dit, que par équivalence.

« Les appareils les plus récents, tels que les lavoirs Évrard et Marsaut, lavent dans ces dernières conditions, le premier par un courant ascensionnel, le second par une chute en eau tranquille. Mais en outre, ces appareils résolvent ce problème de donner d'énormes productions avec le minimum de main-d'œuvre possible. Ce n'est rien moins que des productions décuples de celles données par les anciens lavoirs que l'on peut obtenir dans ces nouveaux, 150 à 200 tonnes par jour.

*Machines à agglomérer.* — « On voyait au Champ de-Mars, 1° la toute nouvelle machine Revollier à pression d'eau variable à volonté, séduisante par son mode d'action, sa commande par une machine motrice à détente spéciale, sa disposition, le peu de place qu'elle occupe; 2° le perfectionnement apporté, par l'adjonction d'une compression hydraulique en vue d'augmenter la cohésion de la briquette, à la machine Mazeline si appréciée pour l'économie de sa marche.

*Conclusion.* — « Si on voulait résumer en une formule l'histoire des dix ans que nous venons de parcourir, il semble qu'on pourrait le faire ainsi: à l'intérieur, une application plus sévère et plus attentive des meilleurs méthodes d'exploitation; partout la recherche, poussée parfois à l'excès, des mécanismes les plus perfectionnés sans redouter qu'ils soient trop compliqués pour les mines;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la préférence pour toutes les machines, à l'exception de celles d'extraction, d'appareils plus légers, moins encombrants, et, par suite, des deux facteurs dont le produit constitue le travail, le désir d'augmenter la vitesse; enfin, une tendance dans tous les services, à faire, en installations et frais de premier établissement, de grosses avances de capitaux pour arriver à obtenir une économie de main-d'œuvre. Si, dans cette voie, nous ne trouvons aucune de ces grandes transformations ou découvertes dont d'autres industries voient parfois l'étonnant spectacle, il faut reconnaître que, comme l'Agriculture, l'Art des mines n'est pas de ceux où surviennent des modifications qui sont parfois de véritables bouleversements. C'est beaucoup d'avoir fait autant dans une si courte période. Le résultat le plus clair, obtenu par une telle somme d'efforts, est d'avoir pu, malgré l'augmentation si considérable de la main-d'œuvre et l'approfondissement des puits, sinon maintenir les prix de revient à ce qu'ils étaient autrefois, du moins les empêcher de croître proportionnellement à ces causes d'augmentation; et c'est beaucoup d'être arrivé à ce résultat avec des exploitations qui produisent davantage, où l'on est particulièrement soucieux de ménager les richesses de l'avenir en évitant le gaspillage du présent, où l'on cherche enfin à rendre le travail de l'ouvrier moins pénible et plus sûr. Sans doute, tous les problèmes ne sont pas encore résolus, ou ils le sont d'une façon qui peut et doit être améliorée; mais après le passé, dont nous venons de parcourir l'histoire, nous pouvons, ce me semble, regarder l'avenir avec confiance en nous disant qu'à chaque jour suffit sa peine. »

. . . . . .

*Bulletin de la Société minérale (Extrait).*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NOTE XII.

## Bronzes d'art, fontes d'art diverses, métaux repoussés.

(*Classe 25*).

*Bronzes d'art.* — Cette industrie relève entièrement des arts du dessin; en effet, tous les modèles qu'elle met en œuvre, qu'ils appartiennent à la statuaire ou à la sculpture d'ornement, sont dus au travail de l'artiste.

Dès l'antiquité, on a célébré les bronzes que la Grèce produisait huit siècles avant notre ère; les merveilleux modèles que nos musées renferment nous permettent aujourd'hui d'apprécier et d'envier tout à la fois la perfection à laquelle les Grecs et les Romains sont successivement parvenus en ce genre.

De nos jours l'art de la sculpture du bronze, après avoir été longtemps délaissé, a repris un nouvel essor, et l'industrie mettant à profit les nouveaux procédés de fabrication, a fait des bronzes sculptés une branche importante du commerce français.

Les métaux qui entrent comme éléments dans la composition du bronze sont le cuivre, l'étain, le zinc et le plomb; dans les œuvres types les proportions sont les suivantes :

| | |
|---|---|
| Cuivre | 91,60 |
| Zinc | 5,33 |
| Étain | 1,70 |
| Plomb | 1,37 |

Quant aux articles de production courante, ils contiennent du zinc en proportion supérieure, ce qui constitue un résultat moins résistant et plus facile à travailler.

Dans l'industrie du bronze, la fonderie réclame tous les soins et toute la sollicitude du fabricant; après la fonte, c'est la ciselure qui occupe la place la plus importante. Ce travail de dernière main consiste dans le polissage et la retouche du bronze, au sortir du moule, par des ouvriers artistes qui s'efforcent de faire disparaître les légères imperfections de la matière, afin de donner à la pièce fabriquée une ressemblance complète avec son modèle.

On peut estimer que l'industrie du bronze, prise dans son ensemble, met annuellement dans la circulation des produits d'une valeur approximative de 80 millions de francs; en 1869, il en a été livré à l'exportation pour la somme de 25 millions de francs. Depuis lors, ce dernier chiffre a diminué de plus de moitié par suite de taxes très-lourdes, dont plusieurs nations étrangères ont frappé à l'importation les bronzes d'art français.

La France occupe environ 7,500 ouvriers au travail du bronze; ces ouvriers gagnent un salaire moyen de 6 fr. 50 cent. par jour, et sont répartis entre 600 fabriques ou fonderies.

*Zinc d'art.* — La fabrication du zinc d'art, appelé vulgairement bronze d'imitation, est une industrie moderne et essentiellement parisienne.

Après de nombreux essais, grâce à l'opération du renversé qui donne des épreuves creuses à l'intérieur, grâce aussi à la nature supérieure du métal nommé *zinc d'art Vieille-Montagne*, on est arrivé à fournir des produits d'un poids léger présentant par leur forme et leur fini une perfection remarquable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin la galvanoplastie permet d'appliquer au zinc les procédés de bronzage, de dorure et d'argenture.

L'industrie du zinc d'art consomme annuellement en France :

1 million de kilogrammes de zinc, fonte d'art Vieille-Montagne, au prix de 90 francs les 100 kilogrammes; 300,000 kilogrammes de zinc Silésie pour la fabrication ordinaire, au prix de 58 francs les 100 kilogrammes; 150,000 kilogrammes de cuivre pour l'établissement des moules, au prix moyen de 230 fr. les 100 kilogrammes.

75 fabricants occupent 1,200 à 1,300 ouvriers et produisent environ pour 8 à 9 millions d'articles divers.

Dans la confection des objets de zinc, la main d'œuvre peut être estimée à 30 %, et les frais généraux à 15 % de la valeur des produits, non compris les frais de modèle et de matériel, qui sont toujours très-importants.

Un tiers, au plus, des objets fabriqués est vendu en France, le reste est exporté à l'étranger.

*Fonte de fer appliquée aux œuvres d'art.* — L'application de la fonte de fer aux œuvres d'art, par la belle fabrication et le choix considérable des modèles, est devenue une branche importante de notre industrie.

Les principaux centres de fabrication se trouvent en Champagne, cette région produisant des minerais et des sables d'une qualité exceptionnelle, qui permettent d'obtenir une fonte fine de grain, douce au burin, à surface unie et d'une couleur bleuâtre.

L'importance de la production annuelle en France peut être évaluée à plus de 20 millions de francs, dont un sixième au moins est exporté; depuis dix ans les prix des objets livrés au commerce ont baissé d'environ 25 %, et les pièces pour balcons, par exemple, articles courants de cette fabrication, qui se vendaient en 1867, 45 francs les 100 kilogrammes, ne valent plus aujourd'hui que 35 francs. Cet abaissement de valeur a été compensé par le développement de fabrication dû à la substitution des modèles en fonte aux modèles en cuivre, par celle du coke au charbon de bois pour la réduction des minerais, et par le traitement, à l'aide de machines, des sables employés au moulage; ce traitement se faisait précédemment à la main, et était beaucoup plus onéreux.

Enfin, la fonte de fer, si oxydable de sa nature, a trouvé dans la galvanoplastie un puissant moyen de préservation qui permet de la recouvrir d'une couche de cuivre; non-seulement cette opération sert à donner au métal commun l'aspect du bronze, mais encore elle protége la fonte de manière à en assurer la conservation presque indéfinie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

# APPENDICE

## LES MÉTAUX PRÉCIEUX [1]

### L'Or.

Le seul minerai est l'or natif; cependant beaucoup de minerais de cuivre d'argent et d'autres métaux en contiennent des quantités notables, mais alors on le retrouve à l'état d'alliage quoique le plus souvent ces alliages ne soient pas susceptibles d'être traités avec avantage à cause de leur faible teneur. Par suite de sa grande valeur, l'or est pourtant le seul métal dont l'extraction est possible dans les conditions de dissémination où on le trouve. Ainsi les orpailleurs du Rhin qui opéraient entre Bâle et Manheim lavaient 7 millions de kilogrammes de sables, ou quatre mille mètres cubes, pour obtenir un kilogramme d'or, et comme dans ces laveries il faut de 17 à 22 paillettes pour faire un milligramme, il s'ensuit que ce kilogramme d'or n'est pas représenté par moins de 17 à 22 millions de particules.

Dans l'Oural la teneur est plus considérable, et il suffit de laver 400,000 kil. ou 200 mètres cubes de sables pour avoir 1 kilog. d'or. En Californie et en Australie la richesse est beaucoup plus grande. L'or natif n'est pas pur, celui d'Australie contient 95 à 99 % d'or; celui de Californie 89 à 99 %, celui de l'Amérique du sud 88 %; celui de Sibérie 86 % et enfin l'or de Transylvanie seulement 65 %, ce dernier contient du Tellure. L'or natif se trouve surtout dans les terrains primitifs, dans le Quarz, le Trachyte, le Trapp, etc., ainsi que dans les terrains de transport résultant de leur désagrégation. Nous ne pouvons donner ici la liste complète des gisements d'or, mais voici quelques renseignements sur l'énumération des principales localités où on l'exploite.

*Sibérie.* — Environ de Bérézof, Rives de la Miassa, gisement du Tzar Alexander; gisements de l'Altai : Wanowski, Vozkessinski, Petrapavlovski, sur la Léna, près de Jakousk.

*Siam.* — Matabong près de Bangkok, exploitation assez fructueuse.

*Sumatra.* — Achem, Parcelan, Ophir, Bencolan.

*Philippines.* — Zebu, Mindanao, l'or y est très-pur et assez abondant.

*Bornéo.* — Grand nombre de laveries exploitées par les Chinois : Mampawa, Pontiana, Pouloary, etc.

*Chine* et *Japon*, gisements importants.

*Australie.* — L'or y fut découvert en 1851 aux environs de Bathurst puis à Macquarie, Anderson, Ballarat, mont Alexandre, Bendigo, etc.

*Afrique.* — En Guinée, nombreuses laveries, sables de Warsart et de Dinkara, pays de Bambouk, mont Tambaouva. Au sud de Tombouctou, dans le Soudan, le Darfour, l'Abyssinie, la Nubie, etc.

---

(1) Voir les chapitres métallurgies pages 65 à 428.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

*Europe.* — Dans le Tyrol à Zell, dans la Hongrie, à Hofferstollen dans la Transylvanie à Nagyag, Korosbanya, Stouisha, Zalathna, etc.

*France.* — Plusieurs rivières aurifères : L'Ariège, l'Hérault, la Cèse et la Gagnère. Le Rhône près de Gex. Filon de quartz aurifère à la Gardette (Isère).

*Espagne.* — Val de Orras, vallée du Sil dans la Galice, le Rio Salor dans l'Estramadure.

*Amérique. Buenos Ayres :* — Fatamina près Cordova, Rosario.

*Brésil.* — Laveries de Jarogua, Minas Geraes, Taquary, Gongo-Socco, Minas novas, Villanova do principo, etc.

*Chili.* — Titil, la Palma près Valparaiso, San-Christophe, Claoni, Quillota, etc.

*Pérou.* — Huancabelica, Quito, Cusco, etc.

*Nouvelle-Grenade.* — Vallée du Rio Cauca, Choco, mont Guamoco, etc.

*Mexique.* — Oaxaca, la Biscama, la Veta Bezicana a Real del monte, Zacatecas dans la Pimeria alta, Zorillo, la Descubridora.

*Californie.* — L'or fut découvert en 1848 dans la tranchée d'une chute d'eau disposée pour une scierie. Les mineurs y gagnèrent dans les premiers temps 1,000 et 1,200 par jour. En 1850, il y avait déjà 9,000 habitants, en 1856, 5000,000 et le produit des mines atteignait 400 millions de francs.

L'or se présente au mineur à deux états bien différents. Dans le premier cas, il est mêlé à des roches dures, principalement au quartz; dans le second cas, il a été déjà extrait de ces roches par le lent travail des eaux et ses débris se trouvent disséminés dans les terrains de transport. Quand l'or est mêlé au quartz, il faut broyer toute la masse et la réduire en particules assez petites pour que tout l'or puisse être isolé. Quand on a affaire aux alluvions, un simple lavage suffit. Ce lavage entraîne toujours les mêmes conséquences quelqu'en soit le mode d'action. Qu'il s'opère avec la corbeille des anciens, la sébile, la gamelle, la batée, comme le font les orpailleurs du Rhin et de l'Ariège, avec le rocher, le craddle des Anglais et des Chinois, avec le long-Tom et le blutoir des Californiens, la maquina espagnole, le Sluice et les tables dormantes, les toisons, la planella des Mexicains, etc., le lavage des sables aurifères a toujours pour but de séparer au moyen de l'eau et du mouvement les parcelles d'or plus lourdes, plus tardives à se mettre en marche et plus promptes à tomber, des grains de sable plus légers, plus faciles à entraîner, de manière à concentrer au fond des appareils la plus grande partie des paillettes.

On a aussi employé, sans beaucoup d'avantage, la chute des matières dans un long tube plein d'eau immobile ou douée d'un mouvement de rotation, ou encore le vannage dont on se sert dans la Sonora. Tantôt les paillettes sont assez grosses et assez pures pour pouvoir être fondues immédiatement, tantôt il faut les amalgamer pour les séparer complétement des corps étrangers. En Californie, on emploie en grand le lavage des collines alluviales. On fait arriver d'un réservoir placé sur une hauteur voisine une quantité d'eau considérable et, au moyen d'un ajutage semblable à celui d'une pompe à incendie, on dirige de loin un énorme jet d'eau sur les coupures des collines alluviales, on désagrège ainsi des montagnes entières et les débris entraînés par les eaux de lavage sont dirigés dans des rigoles d'une grande longueur remplies de mercure. Les particules d'or s'y amalgament et sont recueillies.

L'amalgame d'or, de quelque source qu'il provienne, est passé au travers d'un filtre en peau de chamois ou de toute autre matière analogue. Le mercure qui tombe est repris pour servir à une nouvelle amalgamation, tandis que l'or contenant encore une notable quantité de mercure reste sur le filtre. On le distille pour en retirer le mercure puis on le fond. Les lingots d'or obtenus sont ensuite livrés au commerce, puis affinés pour en séparer les métaux étrangers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

## L'Argent.

Les minerais d'argent sont les suivants :

1° *L'argent massif.* — On le trouve à l'état amorphe ou cristallisé. Dans le premier cas sa surface est terne et ne révèle pas toujours sa nature métallique, dans le second, il se présente sous la forme de masses, de feuilles, ou de fils plus ou moins déliés. On le trouve principalement en Norwège à Konsberg, où se sont remontrées des masses de près de 300 kilog., en Sibérie à Schlagenberg, en Saxe à Freyberg, à Johanngeorgenstadt qui donna, dit-on, un bloc de plus de 4,000 kilog., en Bohême à Ratiborritz, en Transylvanie à Kapinsk, dans le Harz a Andreasberg, au Mexique, au Pérou, etc.

2° *L'argent sulfuré.* — — Il contient à l'état de pureté 85 % d'argent, c'est un minerai gris noirâtre quelquefois cristalisé, et se laissant couper au couteau. On le trouve dans tous les gisements d'argent natif et le plus souvent il est combiné avec des sulfures de cuivre et surtout de plomb. Il est même peu de galène qui n'en contienne quelques millièmes.

3° *L'argent rouge.* — Ce minerai comprend l'argent antimonié sulfuré et le sulfure double d'argent et d'arsenic. Le premier, d'un rouge foncé noirâtre, se rencontre généralement dans les mêmes gîtes que le deuxième, qui est d'un rouge plus clair, et le plus souvent d'une richesse en argent plus considérable. On trouve l'argent rouge à Andreasberg, Joachimsthal, Freyberg, Kongsberg, etc.

4° *Le cuivre gris argentifere.* — Il se compose de sulfure d'argent, de cuivre, de plomb et d'antimoine, son éclat est métallique et sa couleur gris d'acier, on le trouve en Norwége, en Saxe, etc.

5° *Argent chloruré.* — On le nomme aussi argent *corné.* Il a la consistance de la cire, gris jaunâtre ou bleuâtre, translucide et d'une extrême fusibilité. On le trouve en abondance dans les mines du Chili, du Mexique et du Pérou. Le procédé général qu'on suit pour arriver à la réduction des minerais d'argent consiste à les amener à l'état de chlorure puis à l'état métallique très-divisé. On s'en empare alors au moyen du mercure, on distille l'amalgame puis on fond le résidu pour le livrer à l'affinage. A Freyberg, le minerai sulfuré est mélangé avec 10 % de son poids de sel marin, puis le tout est introduit dans un four à réverbère pour y être soumis au grillage. On obtient du sulfate de soude et d'autres bases, et enfin du chlorure d'argent qui est le but de l'opération.

La masse refroidie est broyée de manière à être réduite en poudre fine, et cette poudre est placée dans des tonneaux tournant autour d'un axe horizontal. Elle y est additionnée d'un peu d'eau et, quand le tout est bien mélangé, on introduit dans les tonneaux une certaine quantité de fragments de tôle de fer dont le contact est destiné à réduire le chlorure d'argent. Dès qu'on juge que la réduction est opérée, on introduit dans les tonneaux une quantité de mercure égale à la moitié du poids des matières qu'ils contiennent. On fait tourner les appareils pendant 18 ou 24 heures, puis on remplit presque complétement d'eau tous les tonneaux, afin de permettre au mercure de s'agglomérer et de se rassembler en une seule masse. Les matières ainsi amalgamées sont extraites des tonneaux, et mises dans des sacs en forte toile et pressées. La plus grande partie du mercure, retenant d'ailleurs une notable quantité d'argent, passe à travers la toile et est mise à part pour servir de nouveau.

L'amalgame d'argent resté dans les sacs renferme 16 à 18 % d'argent, on le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

place sur des plaques de fer superposées et on recouvre ces plaques d'une cloche de fonte dont les bords inférieurs plongent dans un vase d'eau. Un fourneau entoure cette cloche et peut en élever la température suffisamment pour que le rayonnement vers l'intérieur des parois échauffées puisse faire distiller le mercure dont les vapeurs se condensent dans l'eau, dans laquelle plonge la cloche. L'argent, à peu près débarrassé du mercure, reste sous forme de gâteaux sur les tablettes de fer. On le refond plusieurs fois pour le purifier à l'aide de l'oxydation des métaux qu'il contient, et on livre ainsi au commerce des lingots au titre de 7 à 8 dixièmes, l'affinage enlève le reste.

On a imaginé de modifier cette méthode pour réduire la perte en mercure qui est assez considérable à cause du prix de ce métal, quoiqu'il ait considérablement baissé. A Freyberong, a cherché à réduire le chlorure d'argent en précipitant l'argent par le cuivre et en employant l'eau salée comme intermédiaire. Un autre perfectionnement consiste à griller le minerai de manière à décomposer les sulfates de fer et de cuivre sans altérer le sulfate d'argent qui est plus stable; on le dissout alors au moyen de l'eau chaude, et on le précipite à l'aide du cuivre. En Amérique, à Payco, à Huantasaya, au cerro de Bambo au Pérou, à Zacatecas, à Guanajuato et à Veta-Grande, au Mexique, on a affaire à des minerais très-abondants, mais dont la teneur en argent ne dépasse pas 15 à 16 millièmes, de plus le combustible y est fort rare et la main d'œuvre très-chers, enfin les forces motrices n'y sont pas communes, de sorte qu'on a dû imaginer, pour réduire des minerais aussi pauvres, des procédés moins coûteux que ceux d'Europe. La méthode que nous allons décrire a été inventée au Mexique en 1657 par Bartholome de Medina, c'est celle qu'on suit encore aujourd'hui. Le minerai est trié et cassé à la main en morceaux de la grosseur d'une noix, puis pulvérisé dans des bocards d'une construction très-primitive, mûs par une chute ou par un manége. Le produit obtenu est ensuite porté sous des meules dont l'emploi a pour but de réduire le minerai en poudre impalpable, tout fragment un peu gros échappant nécessairement aux réactions chimiques et à l'amalgamation.

On obtient ainsi des boues qui, légèrement desséchées, sont mélangées de sel marin et disposées en tas en plein air sur une aire ou *patio* entourée de murs et pourvue d'un sol résistant. Ces tas sont mélangés à l'aide d'une pelle de bois puis ensuite au moyen du piétinement des mules puis laissés en repos pendant environ 24 heures. On y ajoute ensuite du *magistral* qui n'est autre chose que du minerai de cuivre grillé, puis pulvérisé, renfermant du sulfate de cuivre et du sulfate de fer. Quand le minerai et le magistral ont été complétement mélangés, on y ajoute une certaine quantité de mercure que l'on fait piétiner pour amener une amalgamation complète. On répète de nouveau l'addition du mercure et on continue le piétement jusqu'à ce que le mélange soit le plus intime possible. Chaque tas, d'après la composition du minerai, est supposé renfermer de 90 à 100 kilog. d'argent et la quantité de mercure qu'on y introduit varie de 800 à 900 kilog. Les terres amalgamées sont alors lavées dans des cuves circulaires en maçonnerie où on les agite à l'aide d'un axe vertical portant des palettes. L'amalgame est alors réuni, puis distillé par un moyen semblable à celui décrit plus haut comme employé à Freyberg. La perte en mercure ne doit pas dépasser, quand l'opération est conduite convenablement, $1^k,45$ par kilog. d'argent.

Voici maintenant la théorie de cette méthode :

Le sulfure d'argent se trouve en présence du sulfate de cuivre et du chlorure de sodium, le sulfate de cuivre se transforme en bichlorure de cuivre et donne du sulfate de soude par suite de la double décomposition qui se produit; le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bichlorure de cuivre passe ensuite à l'état de protochlorure en chlorurant l'argent. Dès lors le chlorure d'argent se trouve en présence du mercure qui le réduit en se transformant lui-même en chlorure de mercure qui se trouve perdu; l'argent ainsi revivifié s'amalgame et se dépose.

De nos jours la valeur de l'argent a beaucoup diminué, la cause en est d'abord à la grande production des mines des États-Unis, ainsi les mines du Nevada ont donné en 1876 une quantité d'argent dont la valeur n'est pas moindre de 200 millions de francs, c'est le double de ce que le Mexique, le pays considéré autrefois comme le plus riche en minerai d'argent, fournissait au commerce il y a quarante ans. La seconde cause réside dans ce fait que la démonétisation de la monnaie allemande a jeté tout à coup sur le marché une grande masse de ce métal. Enfin l'Inde et la Chine, ces deux grands pays qui absorbaient autrefois une si grande quantité d'argent, demandent maintenant tant de marchandises européennes, que la balance de leurs exportations chez nous, balance exclusivement payable en argent, a singulièrement diminuée. Ainsi le compte de l'Inde avec l'Angleterre qui se balançait en 1862 par 100 millions, atteint aujourd'hui 375 millions, de sorte que la puissance d'absorption de l'argent a diminué des $^3/_4$. Cependant elle absorbe encore 80 à 90 millions de francs d'argent et la Chine environ 100 millions annuellement. Il résulte de toute cette série de faits que 1000 francs d'argent qui valaient en 1860 mille quatorze francs d'or, ne valent plus aujourd'hui que 815 francs; le rapport de 15,30, a passé à 19,05.

## Le Platine.

Le seul minerai de platine est le platine natif, en pepites ou en paillettes généralement aplaties, elles dépassant rarement la grosseur d'un pois, cependant on en a trouvé à Condoto au Pérou une pépite du poids de 800 grammes. Mais ce sont les mines de Démidoff dans l'Oural qui ont donné les plus grosses pépites connues, une de 4,300 grammes, deux de $7^k$,500 et une de $6^k$,500. Le platine natif n'est pas pur, il contient de l'iridium, de l'osmium, du palladium, et en outre du fer chromé et du fer titané. Les principaux gisements sont : le Pérou à Choco, Santa-Risa, le Brésil, Matto grosso, la Colombie à Barbacoas la Sibérie, Goro-Blagodat, l'Oural, Bornéo.

On employait autrefois, pour séparer le platine pur de son minerai et le convertir en lingots ou masses propres à être forgées, laminées ou étirées, un procédé exclusivement chimique. Ce procédé consiste à dissoudre le minerai dans l'eau régale, on précipite au moyen du chlorure d'ammoniaque, lequel, étant calciné, produit du platine en mousse ou en éponge. Comme le fer, le platine ne peut être fondu à la plus haute température que nous puissions produire dans les fourneaux ordinaires de la métallurgie pratique, mais on le fond très-bien à l'aide de creusets de chaux sous l'influence de l'extrême chaleur que donne la combustion de l'hydrogène en présence de l'oxygène.

Quand on ne fond pas le platine par ce procèdé, la mousse est comprimée pour lui donner un peu de cohésion puis chauffée au rouge et martelée peu à peu. A l'aide d'une série de chaudes et de martelages répétées successivement, on parvient à souder ensemble les particules de platine et à lui donner l'apparence et la cohésion d'un métal. Le platine pur est d'un blanc un peu grisâtre il est susceptible de prendre un grand éclat et est doué d'une grande malléabilité et d'une grande ténacité. Un fil de platine de 2 millimètres de diamètre supporte sans se rompre un poids de 120 kilog. Quand il est laminé, sa densité est de 21,6, elle atteint 22 quand il est fondu.

La méthode que nous venons d'indiquer a été la seule suivie autrefois, elle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est encore en usage quand on veut obtenir du platine tout à fait pur et surtout exempt d'iridium. Ce métal, même en proportions très-minimes, durcit beaucoup le platine et finit même par le rendre cassant. Quand on veut obtenir du platine conservant l'iridium que contient le minerai, à la condition que ce dernier n'en renferme pas beaucoup, on peut suivre la méthode suivante beaucoup plus industrielle et due à Messieurs Sainte-Clair Deville et de Debray.

Deux procédés différents peuvent remplacer la méthode chimique ci-dessus. Le premier consiste en une véritable coupellation. Le minerai brut est placé sur la sole d'un four à réverbère construit en os broyés comme les coupelles, après avoir été mélangé avec des parties égales de plomb et de galène. Le fer qui existe toujours dans le minerai réduit le sulfure de plomb et le plomb se combine avec le platine. On obtient ainsi une masse métallique recouverte de crasses qu'on enlève. L'alliage platino-plombifère est alors coulé dans une lingotière. On place les lingots dans des coupelles et on les introduit dans un four convenable. Quand l'opération est en train, on y ajoute du plomb platinifère provenant du traitement des crasses et des cendres des opérations précédentes. On obtient par cette opération des lingots de platine et de plomb contenant en moyenne 18 % de platine et 21 % de plomb. Cet alliage étant peu fusible, on le rotit sur la sole d'un four à réverbère en présence de la flamme oxydante produite par la combustion du bois sec.

Enfin on fond le produit de la dernière opération dans des fours construits en chaux et au sein d'une atmosphère oxydante. Cette dernière fusion laisse le platine sensiblement pur.

Le deuxième procédé consiste à fondre simplement une ou plusieurs fois le minerai de platine dans des creusets de chaux en présence d'une petite quantité de chaux en se servant comme source de chaleur de la combustion du gaz d'éclairage opérée à l'aide de l'oxygène. Le fer se combine à la chaux, l'or, le palladium et l'osmium se volatilisent, le cuivre s'oxyde et disparaît en grande partie dans les flammes, il en résulte un alliage de platine avec une petite quantité d'iridium et de rhodium. H. D.

FIN DU TOME TROISIÈME.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Paris. — Imprimerie polytechnique de E. Lacroix, 54, rue des Saints-Pères.

CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS BIBLIOTHÈQUE

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires