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

Titre : Petit dictionnaire pratique de mécanique et d'électricité
Auteur : Barbat, Charles

Mots-clés : Machines*19e siècle ; Machines-outils*19e siècle ; Electricité*19e siècle
Description : VIII-994-234 p. ; 18 cm
Adresse : Paris : E. Bernard, 1894
Cote de l'exemplaire : CNAM 12 Sar 195

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?12SAR195

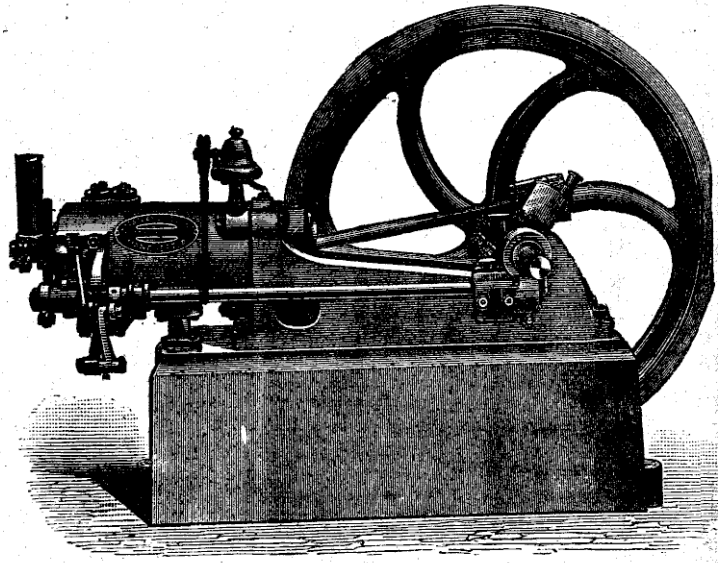
La reproduction de tout ou partie des documents pour un usage personnel ou d'enseignement est autorisée, à condition que la mention complète de la source (*Conservatoire national des arts et métiers, Conservatoire numérique http://cnum.cnam.fr*) soit indiquée clairement. Toutes les utilisations à d'autres 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 28/9/2010

20 années d'expérience
20 années de succès

MOTEURS A GAZ
CROSSLEY



GAZOGÈNE DOWSON

PIERSON

47, *RUE LAFAYETTE*, 47, PARIS

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

FABRIQUE DE ROBINETS

FONDERIE DE CUIVRE

Médaille de Bronze 1878 | Médaille d'Argent 1889

Maison Herbepin

MARTEL & BOUSSELET

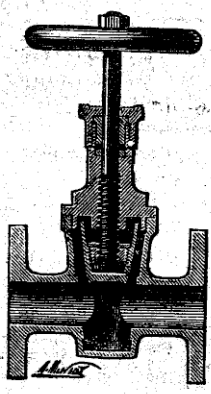
Successeurs brevetés s. g. d. g.

21, Rue du Grand-Prieuré. — Paris

Soupapes et appareils de sûreté
pour générateurs et locomobiles

ROBINET VALVE EN FONTE ET BRONZE SANS PRESSE-ÉTOUPE

ROBINET breveté s. g. d. g. dit à CLÉ FOLLE et à PASSAGE DIRECT par vapeur



Ce robinet offre les avantages suivants :

1° Une fermeture hermétique et surtout très énergique, la clé agissant dans le boisseau comme un coin.

2° Le système de montage donne à la clé une entière mobilité et la laisse complètement libre et indépendante de la vis. — Ce système d'où lui vient son nom de *clé folle*, permet à cette dernière de ne jamais se présenter dans le boisseau dans la même position, ce qui supprime l'usure.

3° Il supprime également le grippage.

4° La construction de ce robinet permet de vérifier et renouveler l'étoupe étant en marche.

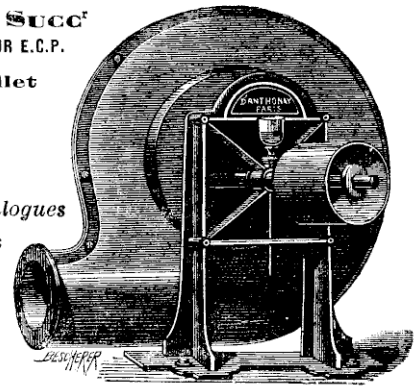
Envoi franco du Catalogue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

VENTILATEURS D'ANTHONAY

A. LEROY Succ^r
INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR E.C.P.
30, rue Berthollet
PARIS

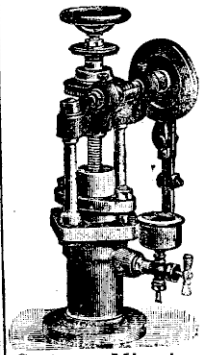
Envoi franco de Catalogues
Etudes et Devis



SPÉCIALITÉ DE SÉCHAGE INDUSTRIEL
MINES, FORGES, FONDERIES, FILATURES, RAFFINERIES
MALTERIES, COLLES FORTES, PRODUITS CHIMIQUES, ETC.
Aéro-Calorifère — Aéro-Réfrigérant

HOEFERT & PAASCH

PARIS. — *54 Boulevard Richard-Lenoir, 54* — **PARIS**



APPAREILS-ACCESSOIRES
Pour chaudières, machines et chauffage à vapeur

Manomètres. — Appareils de sûreté et d'alimentation. — Détendeurs de vapeur. — Purgeurs automatiques Séparateurs d'eau

ROBINETTERIE GÉNÉRALE

RÉGULATEURS DE VITESSE
Pour machines à vapeur

Graisseur Mécanique
« L'INFAILLIBLE »
Appareils de graissage pour machines et transmissions

POMPES. — PULSOMÈTRES brevetés s. g. d. g.
Appareils à jet de vapeur
Envoi de l'album général sur demande

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MOTEURS A GAZ OU A PETROLE

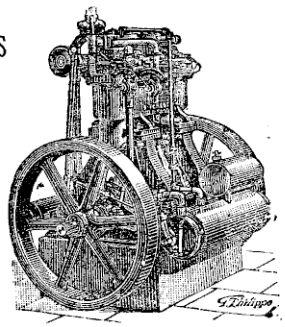
MACHINES MARINES

A PÉTROLE

pour canots, chaloupes

et

Yatchs de plaisance



MOTEURS

montés sur roues pour applications mobiles

MOTEURS

à 2, 4 et 6 cylindres pour lumière électrique

FOREST, CONSTRUCTEUR-MÉCANICIEN

Fournisseur des Ministères de la Marine, de l'Instruction Publique et de la Ville de Paris

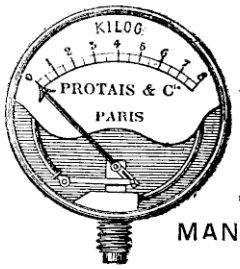
3 Médailles d'Argent, 1 Médaille de Vermeil, 4 Médailles d'Or
2 diplômes d'Honneur, Hors Concours en 1891

PARIS. — 76, Quai de la Râpée, 76 — PARIS

PROTAIS & CIE

BREVETÉS S. G. D. G.

194, rue Lafayette, Paris



MANOMÈTRES
métalliques perfectionnés

Accessoires *pour chaudières à vapeur*

TUBES en VERRE vert recuit
dits incassables

TUBES PHOTOPHORES
Tubes en verre ordinaire. — Mastic au minium

MANOMÈTRES A VAPEUR DIRECTE
Manomètres Système Bourdon

Robinetterie de vapeur. — Graisseurs. — Glaces en cristal pour sucreries. — Rondelles et cadres en caoutchouc. — Tubes en cuivre sans soudure. — Thermomètres industriels. — Brosses métalliques. — Timbres de chaudières, etc., etc.

Réparations des manomètres de tous systèmes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TÉLÉPHONE

MAISON FONDÉE EN 1860

TÉLÉPHONE

SPÉCIALITÉ D'APPAREILS DE GRAISSAGE

ROBINETS — MASTIC AU MINIUM

BREVETÉS S. G. D. G.

MÉDAILLE D'ARGENT, EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

MARQUE DÉPOSÉE J.H

R. HENRY

CONSTRUCTEUR-MÉCANICIEN

USINE A VAPEUR & BUREAUX :

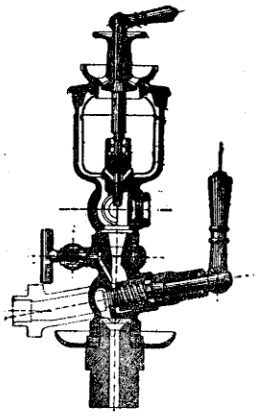
Paris. — 117, Boulevard de la Villette, 117. — Paris

Pour paliers



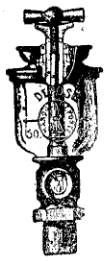
SYSTÈME J. HOCHGESAND

Pour tiroirs et cylindres de toutes machines



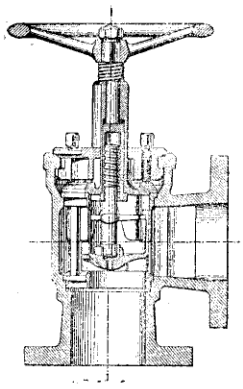
Suivant le cas de montage ces graisseurs se font avec diverses formes de robinet.

Pour têtes de bielles



BREVETÉ S. G. D. G.

La Maison se charge de l'étude et de toute installation de graissage



Robinet à soupape équilibrée pour vapeur et eau

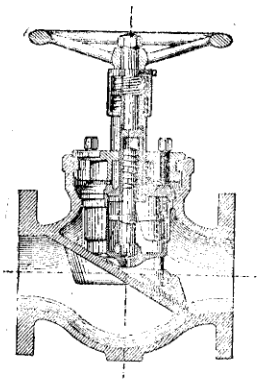
Système J. HOCHGESAND, breveté S.G.D.G.

Ce robinet se fait avec corps, bouchon et volant en fonte et toutes les pièces intérieures en bronze, de qualité supérieure.

Il se recommande spécialement pour la Marine et toutes les installations où l'on cherche par tous les moyens d'éviter un arrêt dans le service, vu que :

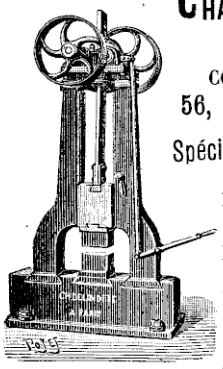
Sa construction permet de visiter, réparer et même remplacer ses pièces intérieures, sans démonter le corps du robinet.

Sa fabrication au moyen d'outils spéciaux et d'après, gabarits, assure une uniformité de dimensions et permet de fournir des pièces de rechange.



Sur demande
on envoie les prospectus complets.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



CHARLES DELINOTTE
& FILS AINÉ

CONSTRUCTEURS-MÉCANICIENS

56, Rue d'Allemagne — PARIS

Spécialité de Marteaux-Pilons à frictions

Brevetés S. G. D. G.

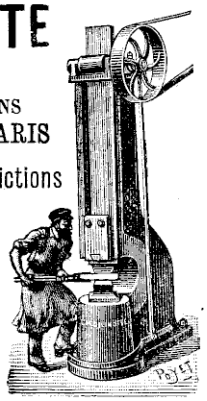
Pour la FORGE, le MATRIÇAGE, l'ESTAMPAGE

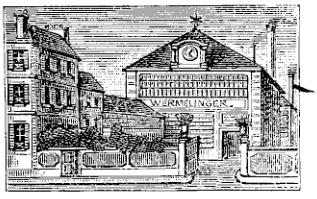
MARTEAUX-PILONS à vapeur à simple et à double effet.

Machines à forger à grande vitesse

MACHINES à essayer les métaux

Système Delaloe, Bté s.g.d.g.



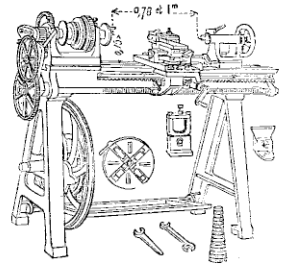


MANUFACTURE DE

TOURS PARALLÈLES

Marchant au pied, bras, moteur

BANC DROIT OU ROMPU



E. WERMELINGER

10, Rue des Laitières

A VINCENNES (SEINE)

Le Catalogue est envoyé FRANCO *sur demande.*

Adresse postale et télégraphique : E. WERMELINGER, Constructeur VINCENNES (Seine).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Expos. univ. 1889
CLASSE 53
Médaille d'Or

MAISON FONDÉE EN 1830

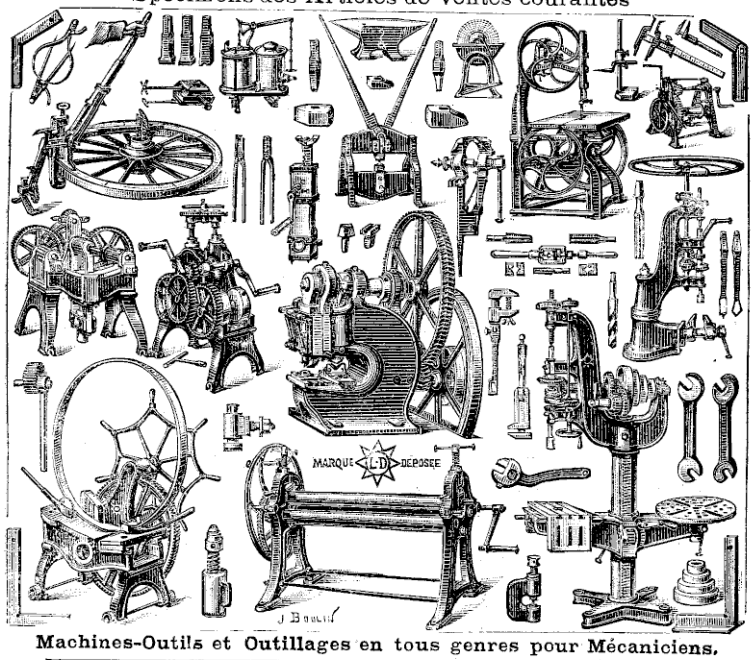
L. DARD

CONSTRUCTEUR-MÉCANICIEN (Breveté S. G. D. G.)

Bureaux et Ateliers : 34, rue Pérignon, — PARIS

Expos. univ. 1889
CLASSE 57
Méd. d'Argent

Spécimens des Articles de ventes courantes



Machines-Outils et Outillages en tous genres pour Mécaniciens.

MEULES en tous GENRES

Pour toutes industries

PIERRES A MORFILER

Envoi FRANCO du Catalogue

ROYCOURT

PARIS — 95*bis*, Rue de la Roquette 95*bis* — PARIS

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

POMPES CENTRIGUGES

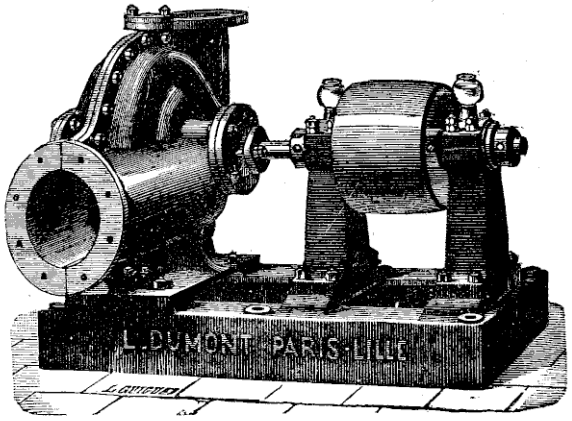
L. DUMONT

Maison fondée en 1863

55, Rue Sedaine PARIS | **Rue d'Isly, 100 LILLE**

EXPOSITION UNIVERSELLE DE PARIS 1889

MÉDAILLE D'OR



APPLICABLE AUX MANUFACTURES EN GÉNÉRAL

TRAVAUX D'ÉPUISEMENT

DESSÈCHEMENT — IRRIGATIONS

Location de machines et pompes

8.000 APPLICATIONS

Envoi franco du Catalogue

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PETIT DICTIONNAIRE
PRATIQUE
DE MÉCANIQUE & D'ÉLECTRICITÉ

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

COURROIES EN POIL DE CHAMEAU

FABRICATION REDDAWAY

Éviter les nombreuses **Contrefaçons**

DEMANDEZ UNE COURROIE A L'ESSAI

Employées surtout pour courroies de commandes

ADHÉRENCE ET INEXTENSIBILITÉ PARFAITES

COURROIES EN POIL DE CHAMEAU

MARQUE DÉPOSÉE

Les SEULES garanties

à la chaleur, dans l'eau, l'huile et les acides

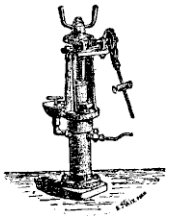
Résistance supérieure au cuir triple

Exiger sur chaque courroie le « **Chameau** »

GRAISSEURS MÉCANIQUES

HUILE "VALVE-OIL". — POUR CYLINDRES

Seul
GRAISSEUR INFAILLIBLE
Breveté S.G.D.G.
Économie garantie 50 %
fourni à l'essai



Spécialité
VALVE-OIL
HUILE MINÉRALE PURE
pour cylindres

JOINTS A VAPEUR SALBREUX

A JOUES MULTIPLES EN CUIVRE MASSIF et à garniture compressible

BREVETÉS S. G. D. G.

Ce joint est le meilleur, le meilleur marché, et le plus durable de tous les joints. Sa solidité est la même que celle de la conduite dont il est la continuation. Il supporte les pressions les plus élevées sans fuir ni se détériorer. Sa mise en place n'exige aucun préparatif.

Il ne nécessite l'emploi d'aucune autre matière.

Il n'a aucun des inconvénients des autres joints, caoutchouc, minium, etc., notamment d'obstruer une partie de la conduite et de fuir à chaque mise en route.

F. DREVDAL - 30, Rue Amelot, 30 - PARIS

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sar. 175

BIBLIOTHÈQUE TECHNIQUE

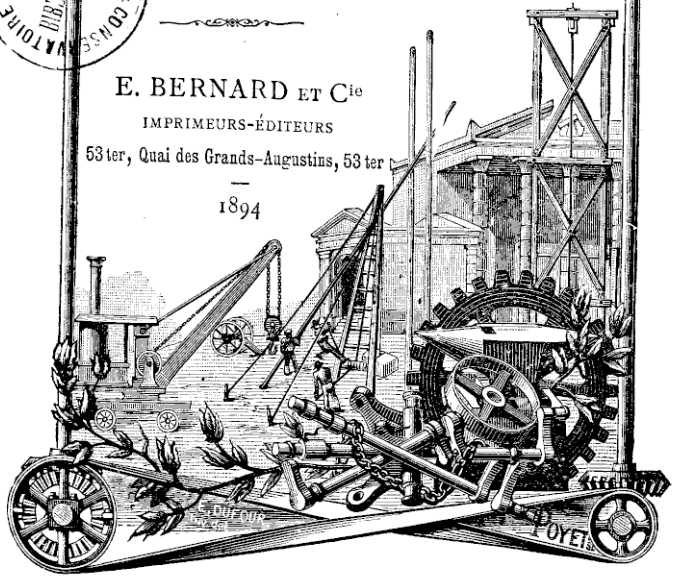
PETIT DICTIONNAIRE PRATIQUE DE MÉCANIQUE & D'ÉLECTRICITÉ

PAR

CHARLES BARBAT
MÉCANICIEN DIPLOMÉ
Lauréat d'Honneur et Membre de plusieurs Sociétés savantes

BIBLIOTHÈQUE DES ARTS ET MÉTIERS ★ CONSERVATOIRE N.T

E. BERNARD ET Cie
IMPRIMEURS-ÉDITEURS
53 ter, Quai des Grands-Augustins, 53 ter
—
1894



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à Monsieur Malter,

EX-ÉLÈVE ET CONTREMAITRE
DES ATELIERS DE CONSTRUCTION DU CREUSOT
EX-CHEF D'ATELIER DE LA MAISON CAIL
EX-CONSTRUCTEUR-MÉCANICIEN

Daignez, cher Monsieur, agréer comme témoignage de ma reconnaissance et de mon respect, la dédicace de cet ouvrage que j'ai cherché à rendre digne de vous.

Voulant bien l'accepter, vous en reconnaissez l'utilité ; et en accordant votre suffrage à l'Auteur, vous lui donnez une nouvelle preuve de la bienveillance et de l'amitié dont vous l'honorez depuis longtemps.

Votre très respectueux et dévoué élève,

C. Barbat.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PARIS
85, rue St.-Maur
SOISSONS
Usine de la Magdeleine

FONTES SUR MODÈLES
OURS PORTATIFS, Bte S.G.D.G.
ORGANES DE TRANSMISSIONS
ROUES — POULIES — MANCHONS — PALIERS
NOUVELLE SÉRIE DE POULIES A BRAS DROITS
NOUVELLE SÉRIE DE PALIERS « COMPOUND »
TRANSMISSIONS PAR CABLES TÉLÉDYNAMIQUES — AGRAFES
REUILS — PONTS ROULANTS — GRUES — MOUVEMts DE VANNES
EMBRAYAGE A FRICTION, SYSTÈME DELIÈGE, BREVETÉ S. G. D. G. — POMPES
Rivenses hydrauliques, Marteaux-Pilons, etc., etc.

A. PIAT* ET SES FILS

ROUES ET PIGNONS EN CUIR COMPRIMÉ
pour commandes à grande vitesse et particulièrement pour les dynamos
LE PASSE-COURROIE
Système PIAT-FOREST
Demander NOTICE SPÉCIALE
PALIERS GRAISSEURS
Catalogue Général
736 pages
PRIX :
3fr,50

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

AVERTISSEMENT

Les sciences ont trouvé, par leurs belles découvertes, de nombreuses applications aux usages de la vie, à l'industrie, à l'agriculture, etc. Considérées à ce point de vue, indiquées du reste par les programmes officiels, les sciences ont un double intérêt pour tout le monde ; et parmi leurs différentes branches avec la physique et la chimie, aucune n'est plus instructive et attrayante que la mécanique. C'est après elle que s'acharnent le plus les chercheurs inexpérimentés, probablement parce que la simplicité apparente de ses moyens frappe le plus leurs yeux, elle semble être une science à la portée de tous ceux qui se sentent l'esprit inventif. La mécanique au contraire est essentiellement pratique et mathématique et toutes ses machines obéissent à des lois déterminées par le calcul, par dessus lesquelles le praticien saute souvent et arrive à son but sans trop s'expliquer le pourquoi.

L'histoire des arts industriels, ainsi que l'histoire des sciences, présente un petit nombre d'époques où l'esprit humain, après avoir été stationnaire pendant de longues années, prend un essor vigoureux, s'élance avec rapidité et franchit en peu de temps, un espace plus grand que celui qu'il avait péniblement parcouru en plusieurs siècles. Un seul génie, souvent, doué d'une vigueur extraordinaire, a pu quelquefois suffire pour donner naissance à une de ces brillantes périodes.

Si les sciences ne sont pas étudiées avec plus de fruit par les classes laborieuses, il faut l'attribuer, non à la mauvaise volonté, mais en grande partie au manque de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

livres, car ceux qui existent ne sont généralement faits que par des auteurs ayant toujours une tendance à se reporter vers la théorie, alors que généralement les grandes inventions ne sont sorties que du domaine de la pratique, confirmée par la théorie. *Jacquart*, *Watt*, *Stephenson*, n'étaient que de simples ouvriers et le nom de *Papin* sera toujours le premier que prononcera la postérité reconnaissante.

C'est donc pour me mettre à la portée de cette catégorie de travailleurs : apprentis, ouvriers, contre-maîtres, chefs d'ateliers, etc., et sollicité par mes camarades ainsi que par mes collègues de l'industrie, que j'ai entrepris de faire un ouvrage pratique (en m'inspirant des principes et des données de mes anciens chefs, les *Malter*, *Dejonc*, *Dubuisson*, *Lenfant*, *Viel*, *Vogel*, *Fichet*, *Cordier*, etc.), dans lequel on trouvera rapidement, à cause de son classement alphabétique, tous les renseignements dont, en mécanique, on a besoin à chaque instant.

Je l'ai complété par un chapitre sur l'électricité, parce que cette science doit entrer aujourd'hui dans les connaissances du mécanicien.

J'espère que malgré la critique des esprits enclins à trouver toujours mauvais tout ce qui ne vient pas d'eux, mon travail ne restera pas stérile et profitera au moins à quelques-uns, ce sera ma récompense, la seule que j'ambitionne.

Je dois ajouter que j'accepterai toujours avec plaisir le concours de tous les lecteurs, soit pour indiquer les points spéciaux qu'il pourrait être utile de développer, soit les documents à faire admettre dans mon ouvrage ou les corrections à m'indiquer pour l'édition prochaine.

CH. BARBAT

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PETIT DICTIONNAIRE
PRATIQUE
DE MÉCANIQUE & D'ÉLECTRICITÉ

A

Acier. L'acier est un composé de fer et de carbone très employé dans les arts mécaniques. Si l'on enlève à la fonte une partie seulement de son carbone ou si l'on ajoute une quantité convenable de cette substance au fer l'on a ce que l'on appelle l'acier.

L'acier renferme moins de carbone, d'azote et de silicium que la fonte, et plus que le fer, comme il est facile de le remarquer dans le tableau ci-après :

Composition moyenne du Fer, de l'Acier et de la Fonte

	FER	ACIER	FONTE obtenue au charbon de bois	
			GRISE	BLANCHE
Fer	99.50	99.18	95.90	94.38
Carbone et Azote . .	0.25	0.71	2.20	2.50
Silicium	0.25	0.05	1.00	0.39
Manganèse	traces	traces	traces	2.40
Phosphore	traces	0.06	0.90	0.33
	100.00	100.00	100.00	100.00

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Acier naturel ou **Acier de forge.** L'acier naturel qui remonte à plusieurs siècles est obtenu dans les forges catalanes, ou bien par la décarburation partielle de la fonte au bas foyer. Ce procédé tend de plus en plus à disparaître car il fournit un acier qui manque d'homogénéité. Il est employé sans affinage préalable et sert à la confection des armes blanches, des ressorts, des faux, des socs de charue et spécialement aux instruments d'agriculture, il est connu généralement sous le nom de *fer aciéreux.*

Acier de cémentation. Cet acier désigné aussi sous le nom *acier poule*, date de 1630, il s'obtient en chauffant de bon fer entouré de charbon en poudre dans des caisses de briques réfractaires. Le combustible employé est la houille, quelquefois du bois. Dans cette caisse, on commence par mettre une couche bien tassée de cément (*charbon de bois dur pulvérisé mêlé à 1/10 de son poids de cendre et un peu de sel marin*) sur cette couche qui a environ 5 centimètres d'épaisseur, on range un lit de barres de fer sur champ, espacées d'un centimètre environ. On répand et on tasse du cément sur ce premier lit de manière à former une couche d'environ $18^{m}/^{m}$ d'épaisseur sur laquelle on met un second lit de barres. On procède ainsi jusqu'à 15 centimètres des bords et on remplit la caisse avec du sable quartzeux. Dans les parois du four sont ménagés de petits ouvreaux qui permettent de retirer des témoins et de surveiller les progrès de la cémentation. Lorsque les caisses sont assez chauffées pour être rouges, on entretient cette température pendant quelques jours, on laisse refroi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dir lentement et en tout l'opération dure une quinzaine de jours. L'acier de cémentation n'est guère utilisé qu'à des ressorts de voitures ou à des objets grossiers. Cela tient à son défaut d'homogénéité.

Seulement il est à remarquer que la surface sera déjà devenue de l'acier quand l'intérieur sera encore à l'état de fer doux.

On parvient à diminuer ces inégalités par le corroyage.

Pour corroyer l'acier on compose des trousses avec plusieurs barres d'acier brut, qu'on assortit, en alternant celles qui sont très aciérées avec celles qui le sont moins. On chauffe ces trousses et on en fait de nouvelles barres. Celles-ci trempées et cassées servent avec leurs fragments, à former de nouvelles trousses qui après chauffage, seront encore converties en barres.

De cette façon la masse devient plus homogène, elle perd un peu de son carbone il est vrai; mais par suite de cette perte, ses propriétés se modifient si bien que dans les usines, on répète plus ou moins le corroyage suivant l'acier que l'on veut obtenir.

L'acier corroyé, et surtout celui qui a été produit par cémentation, est susceptible d'un beau poli, et peut servir à la fabrication des objets de quincaillerie, il a une texture très serrée et un grain très fin, cependant il n'est pas encore doué d'une homogénéité parfaite. Il se rouille facilement et dès que la rouille a commencé, elle se propage bientôt à toute la masse; en outre cette sorte d'acier n'a pas encore une texture assez fine pour servir à la confection des instruments à tranchant délié.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Par la fusion de l'acier on évite ces inconvénients et on lui donne une homogénéité satisfaisante.

Ayant parlé des deux aciers types, je vais dire un mot sur les autres aciers.

L'Acier fondu imaginé en 1740, par Huntsman, a une texture très homogène, il provient de la fusion d'un des aciers ci-dessus; il est consacré aux usages de la coutellerie, de l'outillage de bonne qualité et de la bijouterie; il sert aussi à la confection des médailles; mais comme il ne peut supporter le choc du balancier, il faut d'abord le désaciérer en le chauffant après l'avoir recouvert avec de la limaille de fer; dès que l'acier est devenu fer, on le frappe au balancier, puis on le convertit de nouveau en acier: à cet effet on le recouvre de poussière de charbon, et on le chauffe. On procède ainsi parce que quand on transforme l'acier en fer, on lui ôte sa dureté mais on lui laisse sa texture.

Acier puddlé. Le puddlage pour acier est une opération semblable à celle du puddlage pour fer. Essayé en Angleterre et en France au commencement de ce siècle, il ne donna de bons résultats qu'en Allemagne grâce à l'emploi des fontes manganésées. Depuis 1865 remplacé par les procédés Bessemer et Siemens-Martin, je ne parlerai pas de sa fabrication. Les aciers puddlés peuvent être employés à la confection des bandages de roues de machines et vagons, des rails, des bielles, des ressorts, etc.

L'acier damassé n'est que de l'acier où le carbone n'est pas réparti d'une manière uniforme. Plongé dans un acide il met à nu le carbone de sa

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

surface et prend l'aspect caractéristique qui le distingue. On le prépare en fondant 3 kilogrammes de fer avec 1/12 de graphite et 1/32 de battitures et 1/14 de dolomie qui doit servir de fondant. Quand le creuset commence à s'affaisser, l'opération est terminée. Le cubilot séparé des scories est forgé, trempé, poli, et enfin, soumis à l'action d'une substance susceptible de mordre au fer sans toucher au carbone. L'acide sulfurique, le vinaigre, la bière, le jus de citron et le sulfate de fer alumineux sont les meilleurs mordants.

On peut obtenir encore de beaux damassés avec de l'acier qui contiendrait de petites quantités de certains métaux, tels que le tungstène, le molybdène, le chrome, le platine, etc., etc., seulement, je tiens à faire remarquer que ces métaux sont très peu attaquables par les acides. (*Pour le fer damassé qui entre spécialement dans la confection des armes de luxe,* voir *Fer*).

Une barre d'acier quoiqu'étant de même nature dans toute sa longueur, peut donner à la casse un grain différent, cassée par un coup précipité, elle donnera un grain sec, cassée à plusieurs coups, il sera nerveux.

Pour les outils en général, le grain doit être gris cendré mat. Le grain brillant n'est pas à rechercher, il peut être gros et être de bonne qualité.

Les défauts de l'acier ainsi que les essais sont les mêmes que ceux du fer (voir *Fer*).

Acier Bessemer. Le traitement du Bessemer s'exécute de deux manières différentes, soit par le procédé acide, soit par le procédé basique.

Quel que soit le procédé employé, le principe de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la méthode est la décarburation de la fonte par l'oxygène de l'air. Ce dernier est insufflé sous pression dans la fonte en fusion, et brûle les différents minéraux qui accompagnent le fer (silicium, carbone, manganèse) en produisant une température suffisante pour maintenir le bain en fusion, de telle sorte que la fonte fournit elle-même le combustible qui lui est nécessaire pour devenir liquide.

L'opération s'effectue dans une grande cornue de forme spéciale appelée convertisseur.

L'introduction du Bessemer remonte à 1862.

Acier Martin-Siemens. Cet acier qui est le complément de l'acier Bessemer, possède un grand avantage au point de vue industriel, en ce sens qu'il permet l'obtention de métaux (demi-doux, doux, extra-doux), d'une qualité très régulière, destinés à remplacer les fers soudés, même les meilleurs au bois. Il permet la fabrication des aciers coulés sans soufflure et se prête facilement à une grande puissance de travail.

Acier de Tungstène. Cet acier a pour berceau l'aciérie de Bochum, en Allemagne, et date de 1855, il possède une résistance exceptionnelle et peut être employé avec avantage à la confection des outils de tours, d'ajustage, etc., et spécialement aux outils servant au tournage ou à l'ajustage des matières dures (par exemple : des bandages de roues de vagons, de tenders et de locomotives qui ont été soumis pendant un temps plus ou moins prolongé à l'action des freins. Sa dureté croît avec la proportion du tungstène qui peut atteindre 10 %. Sa tenacité maximum est vers 3 % de tungstène; au-delà il devient plus aigre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Acier chromé. Cet acier a fait son apparition pour la première fois à l'Exposition universelle de 1876 à Philadelphie, et immédiatement les Aciéries françaises de Terrenoire et de Firminy en étudièrent tout spécialement la préparation.

Le chrome avec le carbone en proportion convenable donne à l'acier une supériorité incontestable Un acier chromé, tout en présentant les résistances d'un acier dur, est sensiblement moins cassant qu'un acier de même dureté simplement carburé.

N'étant pas trempé, l'acier chromé est en général très difficile à casser à la masse après qu'on l'a entaillé à la trempe; il présente une cassure très nerveuse.

Trempé à une température convenable, il prend un grain très fin et quelquefois la cassure est pour ainsi dire vitreuse.

Chauffé trop chaud ou trop longtemps la cristallisation s'accentue et l'acier perd de sa solidité.

Acier de cuivre. Pour obtenir l'acier de cuivre qui est un alliage très dur, cassant et blanc comme le bismuth, contenant 12 % de silicium, il faut fondre ensemble trois parties de fluosilicate de potasse, une partie de sodium et une partie de cuivre en tournures à une température telle que le bain métallique se trouve recouvert d'une scorie très liquide.

L'acier de cuivre contenant 4,8 % de silicium, possède une belle couleur de bronze clair ; il est dur, se comporte sous la lime et au tour exactement comme le fer, tandis que le bronze ordinaire graisse les outils. Sa ductibilité est parfaite. et les fils ont une tenacité au moins égale à celle du fer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Agrafes métalliques pour jonction de courroies. Les agrafes métalliques remplacent avec beaucoup d'avantage les jonctions faites avec des lanières en cuir.

Lorsqu'une courroie est cassée ou décousue il est bien préférable de faire en sorte de les employer, on fait ainsi économie sur le temps d'arrêt de la machine et en second lieu, les réparations sont bien moins fréquentes qu'avec les lanières.

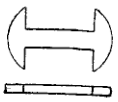


Fig. 1

La figure 1 représente l'agrafe spécialement destinée aux petites et aux moyennes courroies; le nombre à mettre dans leur largeur n'est pas limité, c'est à juger selon le travail qu'elles ont à transmettre, le moindre ordinairement est de trois (fig. 4) mais jamais moins de deux.

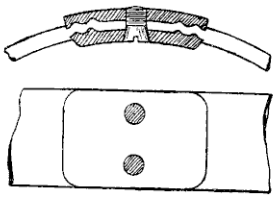


Fig. 2

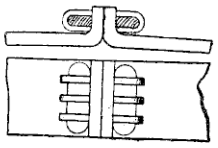


Fig. 3

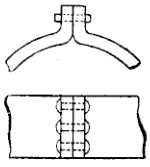


Fig. 4

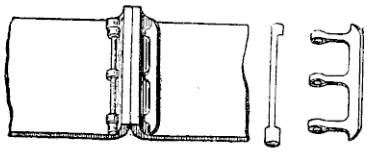


Fig. 5

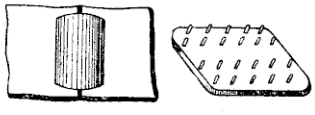


Fig. 6

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les figures 2, 3, 5 et 6 représentent celles destinées aux courroies larges.

Ces cinq modèles de jonctions sont les plus usités.

Aire. En général surface plane. L'aire d'un bâtiment est la surface contenue entre ses murs. L'aire d'un pont est la partie supérieure sur laquelle on marche.

Aire de plancher — se dit de la charge supportée par les solives d'un plancher.

Ajustage. L'ajustage dans l'acception du mot n'existe plus pour ainsi dire, n'importe quelle pièce prise entre les mains d'un ouvrier quelconque et examinée par un praticien, n'est jamais faite avec la rigoureuse exactitude qu'il faudrait. Les cotes ont souvent un ou plusieurs millimètres de différence avec le dessin ou le croquis ; elles sont plus ou moins dressées et calibrées, en somme l'ajustage d'aujourd'hui est un trompe-l'œil un à-peu-près de ce qui devrait être. On ne trouve plus guère aujourd'hui d'exécution soignée que dans les ateliers de précision et les arsenaux de l'Etat. L'ouvrier aujourd'hui dès le commencement de son apprentissage est spécialiste, il est dressé à faire vite mais pas bien. Pourquoi ? parcequ'il faut produire beaucoup de travail et à bon marché aux dépens souvent de la matière et de l'exécution. Mais quand la chose est examinée de bien près, une exécution soignée donne un meilleur résultat et dure bien plus longtemps. C'est comme une réparation faite convenablement sans rien négliger, est bien préférable à tous les points de vue que 50 petites, qui ne donnent qu'un résultat borgne et plus coûteux quand il s'agit d'additionner les frais d'ensemble.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est pourquoi je recommande aussi bien aux ouvriers chargés de diriger les apprentis comme à ces derniers de ne jamais regarder à la quantité, mais toujours se reporter à la qualité comme nos anciens d'il y a 30 ans.

Je recommande d'apporter à l'ajustage la plus grande exactitude possible, de se servir d'abord de la lime d'Allemagne, ensuite de la bâtarde, puis de la demi-douce et enfin de la lime douce, en ayant soin de limer en croissant le trait ; on évitera autant que possible de se servir de la lime trois-quart appelée tiers-point, ainsi que de la pierre ou plan d'émeri, ce dernier moyen ne doit s'employer au point de vue instructif, que quand l'on est assez certain et assez maître du fonctionnement de ces outils *(j'entends par outils les diverses limes citées plus haut)* pour arriver à bien faire une pièce sans son aide.

Il est également essentiel si les pièces sont à angles ou arêtes, que ces derniers soient très vifs et très nets.

Alésoir. L'alésoir à main (fig. 1 à 10) est un outil destiné à terminer des surfaces cylindriques concaves, ou pour uniformiser le diamètre des trous de plusieurs pièces mises les unes sur les autres, les trous de ces pièces, ayant été percés séparément. Les outils destinés à remplir ce but sont très variés, leur forme dépendant du diamètre des trous à aléser et de la précision du travail à exécuter.

Le trou est d'abord percé avec un foret, le plus juste possible et ensuite terminé complètement au moyen de l'alésoir, qu'il est bon d'essayer avant de s'en servir car quoique de diamètre précis, il alèse plus grand s'il n'est pas droit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les pièces mécaniques il faut autant que possible mettre pour le moins six rainures et prendre toujours un nombre pair, de manière que la coupe passe toujours par l'axe.



Fig. 1 2 3 4 5

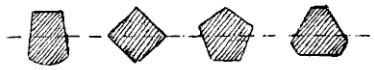


Fig. 6 7 8 9

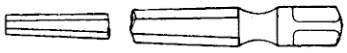


Fig. 10

Pour les trous de goupilles l'alésoir à quatre côtés est suffisant, mais pour les trous de 5 à 8 millimètres et au-dessus un plus grand nombre de côtés est préférable, car l'alésoir carré ne donne pas un trou parfaitement rond.

Pour les travaux de charpente en fer et de petite chaudronnerie faire l'alésoir carré, mais en grosse chaudronnerie il est préférable d'employer l'alésoir à trois, quatre ou cinq rainures et en spire.

Ces outils doivent être faits avec le plus grand soin, ils se trempent au rouge cerise, on les vérifie sur le tour et on les nettoie, on les fait ensuite revenir sur le grès plus ou moins selon le degré de dureté, que l'on désire leur donner. Une fois revenus, il faut encore les vérifier sur le tour et les redresser à la lampe à esprit de bois, s'il y a lieu. (Consulter : *Redressage des tarauds et Machine à rectifier*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dès que les trous à finir prennent des dimensions un peu fortes, on doit rejeter l'emploi de ces outils qui coupent la matière sur une trop grande longueur, et employer un arbre sur lequel est fixé un ou plusieurs outils. Cet arbre passe dans le trou et on le fait tourner en lui donnant un mouvement très lent dans le sens de sa longueur. Les outils attaquent peu de matière à la fois et surveillés par des ouvriers habiles, on obtient des surfaces parfaitement unies et régulières.

Tel est le principe employé pour travailler l'intérieur des cylindres à vapeur, des moyeux de roues, des coussinets, etc.

Comme mémoire je citerai les *alésoirs à cannelures héliçoïdales différentielles* (fig. 11) et les *alésoirs filetés* (fig. 12), pour la chaudronnerie et le travail des fers du bâtiment.



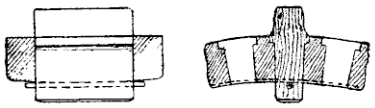
Fig. 11



Fig. 12

Alimentation, voir *Chauffage des chaudières*.

Alluchons. On donne ce nom aux dents d'engrenages qui peuvent se détacher d'une roue, ces dents sont généralement en bois emmanchées à force dans leur logement et maintenues en place au moyen d'une goupille.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Amiante. L'amiante est un minéral filamenteux incombustible, dont les propriétés extérieures le ferait confondre facilement avec la soie ou le lin.

Comme application importante en mécanique l'amiante est utilisé comme joints de vapeur et garniture de presse-étoupe, etc.

Angle. L'angle est, l'ouverture plus ou moins grande comprise entre deux lignes qui se rencontrent en un point appelé sommet; ces lignes se nomment les côtés de l'angle. La mesure d'un angle est le nombre de degrés que contient l'arc compris entre les côtés et décrit du sommet comme centre. On mesure les angles avec le rapporteur.

On distingue trois sortes d'angle :

L'*angle droit* (fig. 1) est fourni par la rencontre de deux lignes perpendiculaires; il a 90 degrés, c'est le quart de la circonférence.



Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3

L'*angle obtus* (fig. 2) est plus grand que l'angle droit il a plus de 90°.

L'*angle aigu* (fig. 3) est plus petit que l'angle droit, il a moins de 90°.

Anspect. L'anspect (fig. 1) est une espèce de levier en bois avec une armature en fer à son extrémité. Son diamètre moyen près de

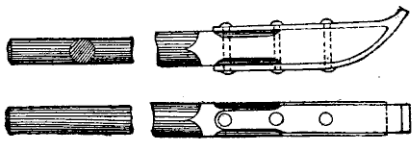


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'armature est d'environ 70 à 80 millimètres. L'une de ses extrémités est aplatie de manière à ce que l'on puisse insinuer l'outil sous l'objet que l'on veut soulever. Sa longueur totale peut être portée à 3 mètres.

La *pince* que tout le monde connaît (fig. 2) n'est qu'une réduction de l'anspect, parfois ses deux ex-

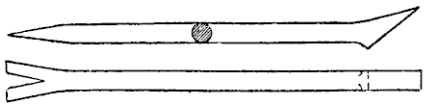


Fig. 2

trémités sont aplaties en coin et encore il arrive que l'une d'elles est à talon et fendue, de là son nom courant de *pince pied-de-biche*, ou bien encore, elle est à talon d'un côté et fendue de l'autre, ou en pointe de ce dernier côté. La fente a été imaginée afin que par son intermédiaire, on puisse arracher les forts clous, la pince ainsi disposée ayant plus de force que le marteau ordinaire.

Sa longueur est variable, on en fait depuis $0^{m},50$ jusqu'à $1^{m},80$, son corps est ordinairement en fer rond dont le diamètre le plus courant est de 50 millimètres. Les extrémités sont généralement aciérées et trempées bleu.

La pince sert aux travaux ordinaires, tandis que l'anspect est très employé dans les Ateliers de la marine, d'artillerie, de grosse chaudronnerie, de montage de machines, etc.

Anti-friction. L'anti-friction est un métal blanc à frottement doux, il sert pour coussinets à grande vitesse, pour colliers d'excentrique, etc. Sa composition la plus ordinaire est la suivante: 48 parties d'étain, 6 de cuivre rouge, 8 d'antimoine et 38 de plomb pour cent parties.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette composition peut varier suivant l'usage auquel elle est destinée.

Le métal blanc est d'un prix peu élevé, mais si les axes qui tournent dans les coussinets sont trop chargés, je n'en conseille pas l'emploi à moins d'un bon graissage et d'une surveillance continuelle.

Composition pour Métal blanc.

	ÉTAIN	ANTIMOINE	ZINC	PLOMB	CUIVRE	TOTAL
Pour faibles charges . . .	85	10	»	»	5	100
id. id. . . .	80	12	»	»	8	100
Pour grandes charges. . .	90	8	»	»	2	100
Pour axes lourds	72.7	18.2	»	»	9.1	100
Pour moulins	15	»	40	42	3	100
Pour grandes vitesses de rotation	16	78	»	»	6	100
Métal dur	12	82	2	»	4	100
Métal à bon marché . . .	2	2	88	»	8	100

Antimoine. L'antimoine est un corps simple, on le tire du sulfure de ce métal, que l'on trouve en très grande quantité dans la nature. On sépare le sulfure de sa gangue, qui est généralement formée de quartz, de sulfate de baryte ou de carbonate de chaux.

Ainsi obtenu il porte dans le commerce le nom de régule d'antimoine, mais alors il n'est pas chimiquement pur. Pour l'avoir dans cet état on le fond dans un creuset avec 1/10 de son poids de nitre. Le métal se réunit alors sous la forme d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

culot à petites lamelles cristallines, structure qui dans ce corps est une garantie de pureté.

L'antimoine a un éclat argentin, très brillant mais un peu bleuâtre.

Sa densité est 6,8. Quand on le frotte il dégage une odeur qui rappelle celle de l'ail ou de la graisse, il est très cassant et se laisse pulvériser avec une grande facilité. Il fond vers 450°. L'air sec et froid n'agit pas sur l'antimoine; l'air humide le ternit. Fondu il se fige lentement, il présente dans sa cassure des faces de clivage dont la disposition conduit au rhomboèdre.

Tous les métaux s'allient avec l'antimoine et acquièrent une plus grande dureté.

Les caractères d'imprimerie, les clichés, les planches de musique, le métal d'Angleterre, les robinets de fontaine, etc., sont autant d'alliages dont l'antimoine fait partie.

Aplomb. Équivalent de vertical, qui est perpendiculaire au plan de l'horizon.

Arbre. On appelle ainsi un axe tournant de grande dimension dans toutes les machines en général.

On distingue plusieurs sortes d'arbres, dont les principaux types sont :

L'arbre droit (fig. 1), l'arbre de couche à vilebrequin (fig. 2) qui reçoit un mouvement circulaire

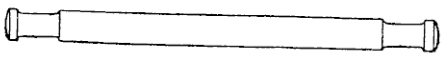


Fig. 1

continu du piston par l'intermédiaire de bielle et de manivelle et qui le transmet ensuite, soit au volant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou bien à une hélice, etc. Les arbres sont généralement en fer forgé, quelquefois en acier, en fonte et même en bois et doivent être tournés avec attention. Dans ce dernier cas, employés dans certaines roues hydrauliques, les tourillons sont en métal et rapportés sur l'arbre, ils sont encastrés aux extrémités

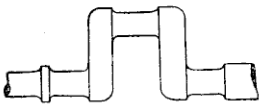


Fig. 2

et maintenus solidement au moyen de frettes en fer qui embrassent l'arbre. Si la machine est à plusieurs cylindres, l'arbre porte autant de manivelles ou vilebrequins qu'il y a de cylindres, les vilebrequins sont venus de forge avec l'arbre; lorsque ce dernier en porte deux, ils sont à angle droit l'un avec l'autre, de façon que lorsque l'un des pistons est au point mort, l'autre soit à peu près mi-course. Quand l'arbre porte trois vilebrequins et que la vapeur pénètre directement dans les trois cylindres, ils partagent la circonférence en trois parties égales et par conséquent ils sont à 120° les uns des autres dans le but de régulariser le mouvement. Dans les machines de Woolf pour que la distribution se fasse mieux, les vilebrequins extrêmes sont calés à angle droit et celui du milieu est situé dans le prolongement de leur bissectrice.

Les arbres à vilebrequins sont des pièces de forge assez difficiles à obtenir sans aucun défaut de soudure, ces pièces ont à supporter des efforts extrêmement considérables, il faut donc qu'elles ne présentent ni pailles, ni criçûres, ni aucun autre défaut. Les arbres de couche sont supportés en plusieurs points par des paliers qui leur servent de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

point d'appui et qui doivent être aussi près que possible du vilebrequin.

Les arbres de couche sont toujours munis de rebords appelés collets, qui viennent buter contre les deux faces verticales de chaque coussinet de palier, cette disposition a pour but de les empêcher de se déplacer dans le sens de la longueur. La partie comprise dans l'intérieur du coussinet entre deux collets, s'appelle portée.

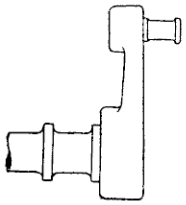


Fig 3

La figure 3 représente un arbre de couche d'un autre modèle, c'est l'arbre manivelle proprement dit, cette dernière est quelquefois venue de forge avec le corps, comme quelquefois c'est une manivelle clavetée sur un arbre droit.

Sur les arbres moteurs on emploie encore la contre-manivelle (fig. 4) qui peut être remplacée par un excentrique.

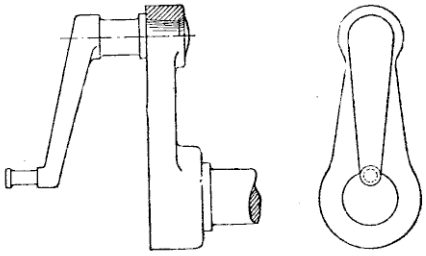


Fig. 4

Le maneton de la contre-manivelle doit être claveté dans la manivelle principale.

L'emploi de la contre-manivelle n'est pas d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sûreté désirable, car si le maneton principal se fausse ou se brise, rencontre une résistance imprévue, un grippement par exemple, tous les organes conduits par la contre-manivelle en subissent le contre-coup, ce qui donne lieu à une réparation immédiate ou à des mouvements irréguliers dans la machine.

Les points de centre des extrémités et des vilebrequins doivent être assez profonds, afin de pouvoir rafraîchir les portées des arbres ou de nettoyer ces dernières sur le tour et permettre de s'assurer facilement que l'ensemble de la pièce n'est pas faussé.

Arçon. L'arçon est un outil employé à percer des petits trous, jusqu'à 10 millimètres de diamètre lorsqu'il est bien monté.

Il y en a plusieurs modèles, mais le plus usité se compose : de l'archet ou fleuret (fig. 1), de la corde



Fig. 1



Fig. 3



Fig. 2

métallique ou à boyau, de la bobine (fig. 2) pour fixer le foret et de la conscience (fig. 3).

Assemblages. C'est la réunion de deux ou plusieurs pièces jointes ensemble et fixées entre elles de manière à former un tout dont les parties ne puissent se séparer que le moins possible.

Les assemblages se font à queue d'ironde, au moyen de rivets, de boulons, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Atmosphère. L'effort d'une atmosphère sur chaque centimètre carré de surface est égal à $1^{k},033$.

Tableau des Tensions et des Températures de la Vapeur de 1 à 15 atmosphères.

TENSION DE LA VAPEUR		TEMPÉRATURES	TENSION DE LA VAPEUR		TEMPÉRATURES
en atmosphères	en kilog. par centimètre carré	en degrés	en atmosphères	en kilog. par centimètre carré	en degrés
1	1.0334	100	9	9.3006	175.8
2	2.0668	120.6	10	10.334	180.3
3	3.1002	133.9	11	11.3674	184.5
4	4 1336	144	12	12.4008	188 4
5	5.167	152.2	13	13.4342	192.1
6	6.2004	159.2	14	14.4766	195.5
7	7.2338	165.3	15	15.509	198.8
8	8.2672	170 8			

Autoclave. On donne le nom d'autoclaves à des couvercles généralement elliptiques ou ovales qui ferment des ouvertures semblables pratiquées dans le corps des générateurs pour permettre le nettoyage intérieur. Lorsque ces ouvertures atteignent des dimensions assez grandes on les désigne sous le nom de trous d'homme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B

Balance. La balance est un levier du premier genre, dont les extrémités supportent, à l'aide de chaînes, les plateaux destinés à recevoir les poids que l'on veut comparer. Pour assurer la mobilité de l'instrument, le fléau est muni d'un couteau ou prisme d'acier, fixé transversalement au milieu de sa longueur et qui fait saillie des deux côtés; ce couteau repose, par une arête déliée, sur deux plans d'acier horizontaux, fixés au pied de l'appareil. Cette arête est l'axe de rotation du fléau. Les extrémités du fléau présentent, pour les plateaux, un mode de suspension analogue (fig. 1).

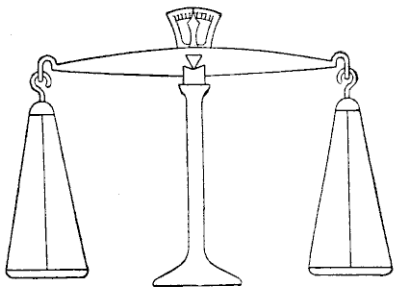


Fig. 1

On dit qu'une balance est juste, lorsque le fléau se maintient horizontal, soit à vide, soit en présence de poids égaux placés dans les plateaux. Pour que la première condition soit remplie, il faut et il suffit que le centre de gravité de l'appareil soit sur la verticale qui passe par l'arête du couteau central, quand on donne au fléau cette position horizontale. Pour que la seconde condition soit satisfaite, il faut et il suffit que les bras du levier, distances des couteaux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de suspension des plateaux à l'axe de rotation, soient rigoureusement égaux. Pour s'assurer de la justesse d'une balance, il ne suffit pas de vérifier l'horizontalité du fléau, en l'absence de tout poids ; cette condition pourrait être remplie sans que les bras de levier fussent égaux. On doit mettre, en outre, deux corps en équilibre dans les plateaux, et ensuite les changer de place. Si les bras de levier sont égaux l'équilibre subsiste après le changement ; mais si ils ne le sont pas, les poids ne le sont pas non plus, puisqu'ils sont en raison inverse des bras de levier ; et le changement de place détruit l'équilibre, en faisant agir le poids le plus grand à l'extrémité du plus long bras de levier et le poids le plus faible à l'extrémité du plus petit bras.

Lorsqu'une balance est juste, on pèse un corps en comptant le nombre de kilogrammes, grammes, etc., qui sont nécessaires pour lui faire équilibre. Si la balance est fausse, on emploie la méthode de Borda, dite des doubles pesées. On place le corps dans l'un des plateaux, et on lui fait équilibre en mettant de la grenaille ou du sable dans l'autre plateau. Lorsque le fléau est horizontal on enlève le corps, et on le remplace par des poids étalonnés, qui rétablissent l'équilibre. Il est évident que ces poids, produisant le même effet que le corps, dans les mêmes circonstances, sont la mesure de son poids.

Lorsqu'une balance est très sensible, la mobilité du fléau est telle qu'il ne s'arrête jamais à sa position d'équilibre sans avoir exécuté autour d'elle un grand nombre d'oscillations. Une aiguille fixée au fléau dans une direction perpendiculaire, oscille avec lui, et parcourt les divisions d'un cercle gra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dué ; lorsque dans ce mouvement elle s'écarte de zéro, également de chaque côté, on peut être certain que les poids sont égaux, et ne pas attendre que le fléau soit devenu horizontal.

Balance Roberval (fig. 2). L'ensemble de la balance Roberval repose sur un socle en fonte dans lequel se trouve une partie du mécanisme. Un fléau visible relié par ses extrémités au moyen de

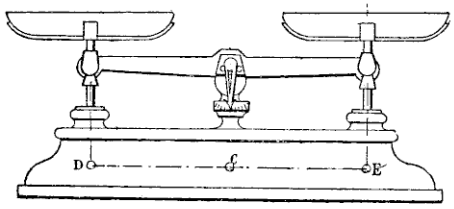


Fig. 2

deux tiges à un deuxième fléau monte dans le socle, les extrémités de ces tiges se terminent par des croisillons destinés à recevoir les plateaux.

Une aiguille fixée au milieu du fléau visible indique son horizontalité en montrant l'importance des oscillations.

Les fléaux de cette balance remplissent les mêmes conditions essentielles que ceux décrits précédemment.

Cette disposition permet aux tiges supportant les plateaux et ceux-ci en même temps de s'élever et s'abaisser tout en conservant l'horizontalité.

A première vue on peut croire le système satisfaisant, et pourtant il est extrêmement défectueux, la tringle DE ne peut pas s'assembler avec une grande précision avec les tiges des plateaux en D et en E ainsi qu'au centre de rotation C donné par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux couteaux dont les tranchants dirigés en sens contraire offrent la fixité nécessaire en ce point. Dans la pratique on est obligé de donner à ces articulations un certain jeu; aussi lorsqu'un des couteaux presse sur son point d'appui par suite de la position de la marchandise sur le plateau, le jeu existe du même côté, les bras de la tringle deviennent inégaux, et la balance n'est pas juste. On peut bien remédier dans une certaine mesure à ce grave inconvénient, mais pour cela, il faut diminuer la sensibilité de l'instrument.

Or rendre une balance juste au détriment de sa sensibilité, ce n'est pas là la solution pour obtenir ce que l'on est en droit de réclamer des instruments de pesage, le problème a été très bien résolu par la création de la balance désignée sous le nom de:

Balance Béranger. En 1827, M. Béranger contre-maître chez M. Tarpin, fonda à Lyon la manufacture qui a pris un si grand développemen pour la construction des appareils de pesage et découvrit quelque temps après le système de balance qui porte son nom, et qui est répandu aujourd'hui dans le monde entier.

Cette découverte lui a valu plusieurs médailles d'or aux différentes expositions et comme récompense il fut décoré de la Croix de la Légion d'honneur, la plus juste récompense que l'on puisse donner à un travailleur intelligent et infatigable pionnier de l'avancement.

Description de la Balance Béranger (fig. 1):

Cet instrument se compose (fig. 2) d'un grand fléau double ABC, de deux fléaux dits de transmission DE et FG suspendus au fléau par les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

points H et I et de deux porte-tiges M, N reliés par leurs extrémités aux fléaux de transmission aux points E et F et au grand fléau, à ses extrémités A et C.

Fig. 1

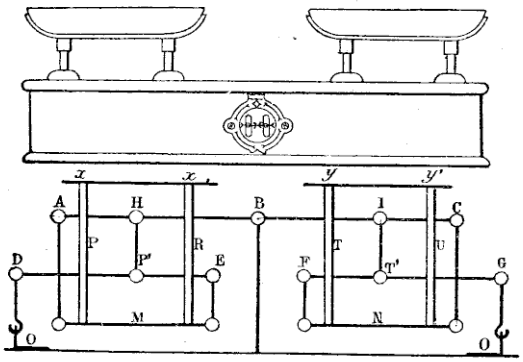


Fig. 2

Sur les porte-tiges M, N se trouvent deux tiges P, R et T, U destinées à supporter les plateaux qui doivent s'élever et s'abaisser toujours horizontalement.

Grâce à cette combinaison de levier et à ce mécanisme d'une grande simplicité, l'ingénieux principe de la balance Béranger se prête à de nombreuses combinaisons.

Si nous prenons par exemple

$$AH = \frac{AB}{3} \qquad IC = \frac{BC}{3}$$

Il faut admettre dans la construction de ces balances que

$$P'E = \frac{DE}{3}; \quad AB = BC; \quad T'F = \frac{FG}{3}$$

Les points d'appui des fléaux de transmission étant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en D et en G, et les fléaux DE, FG, AC étant ainsi disposés, les points A, E, FC font en oscillant exactement la même course, de sorte qu'en suspendant les porte-tiges à ces points désignés, on maintient les plateaux qu'ils supportent constamment horizontaux.

Les points de suspension des fléaux de transmission H, I peuvent être placés, au milieu, au tiers, au quart de AB et de BC cela est sans importance dans le principe, il suffit seulement que les divisions des fléaux donnent la proportion

$$AB : HB :: DE : DP'.$$

En raison de la faible course que fait la balance Béranger, il est absolument inutile de tenir compte des arcs de cercle décrits par les extrémités des fléaux, parce qu'ils sont insignifiants.

On appelle course d'une balance, la différence de niveau entre les points extrêmes du grand fléau, autrement dit, la hauteur entre les deux plateaux, lorsque l'un deux est maintenu à fond de course.

La course réglementaire fixée par l'Administration des poids et mesures est égale au dixième de la longueur du grand fléau.

Les grands perfectionnements apportés aux balances Béranger par M. B. Trayvou, son successeur, permettent de croire qu'il est difficile d'aller plus loin, dans cette voie. Après de longues années d'études et de travail, la balance Béranger a été rendue exempte de tous les défauts et inconvénients que l'on rencontre dans les autres systèmes et s'associe aujourd'hui à tous les besoins du commerce.

Le mécanisme de la balance que je viens de décrire théoriquement et pratiquement se renferme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans des boîtes en bois, en métal ou en marbre façonné avec délicatesse afin de donner à cet instrument l'élégance qui lui convient.

L'horizontalité des plateaux est indiquée par deux aiguilles sur la face de la boîte, quelquefois, elle sont placées sur la boîte même entre les deux plateaux.

Réparation de la balance Béranger :

Lorsqu'une balance Béranger n'oscille pas régulièrement ou qu'elle donne des pesées fausses, il faut la réparer de la manière suivante :

Enlever les bassins et leurs croisillons, ainsi que le dessus de la boîte, et sortir le mécanisme entièrement.

Peser alors celui-ci sur une table parfaitement horizontale et procéder à la vérification du fléau principal, appelé fléau parallélogramme.

Enlever les porte-tiges et les fléaux de transmission en enlevant les petites brides qui servent à les relier au grand fléau et aux équerres O des bouts du bâti.

Après avoir bien examiné toutes les portées des coussinets et les taillants des fléaux, on s'assurera s'ils sont bien sur la ligne.

Cette opération doit être faite avec le plus grand soin en plaçant le fléau sur deux cales en bois bien horizontalement, et en présentant le trusquin aux angles, au centre et au taillant des traverses.

Ensuite, ces conditions bien remplies, on jauge le fléau en le suspendant par son axe central sur un support et en pendant à ses extrémités deux poids égaux après avoir préalablement fait la tare, on règle ainsi tous les bras de levier en suspendant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

alternativement un des poids à chaque couteau d'angle, on fait de même pour les traverses du milieu.

On remonte la balance en ayant soin de faire tirer les brides bien verticalement, précaution essentielle pour la sensibilité de l'appareil, et on refera la tare à vide, à l'aide de la grenaille de plomb que l'on mettra dans les bassins, on placera ensuite les poids dans les plateaux X' et Y'.

Le parallélogramme étant jaugé, si l'équilibre n'est pas établi, la différence proviendra de ce que la charge appliquée au point H, ou le produit de cette charge par son bras de levier n'est pas juste.

Si le fléau tombe du côté A c'est que la charge X' agit trop sur le fléau, il faudra dans ce cas rapprocher le point H du centre B en cintrant légèrement la traverse en dedans au moyen d'une griffe.

On refait la tare et vérifie ainsi jusqu'à ce que l'on obtienne l'équilibre, si au contraire la balance tombe en C, c'est que la charge en H n'est pas assez grande, on augmente alors le bras de levier en coudant la traverse en dehors, on refait la tare à vide et on place de nouveau les poids en X et Y, on refait le réglage de la même façon en ayant soin de ne retoucher qu'à la traverse correspondant au poids agissant le plus sur le fléau de transmission.

Il arrive quelquefois que l'on rencontre après le réglage une dureté malgré que les pesées soient justes, la balance n'oscille que par secousses et ne tombe que sous une charge dépassant la tolérance admise ; dans ce cas on y remédie facilement en rentrant ou en sortant légèrement les équerres de retenue O jusqu'à la sensibilité voulue, qui n'est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du reste obtenue que lorsque les brides fixant les leviers de transmission aux dites équerres sont bien verticales.

Balancier. On désigne sous le nom de balancier dans les machines à vapeur à cylindre vertical, une pièce (fig. 1) oscillante, ou animée d'un mouvement circulaire alternatif ; ce mouvement lui est communiqué à une extrémité par le piston de la machine, et elle le transmet par l'autre extrémité à un arbre tournant, auquel on doit communiquer un mouvement circulaire continu.

C, axe de rotation du balancier.

B et A, axes auxquels s'articulent les bielles et les tiges mises en mouvement par le balancier.

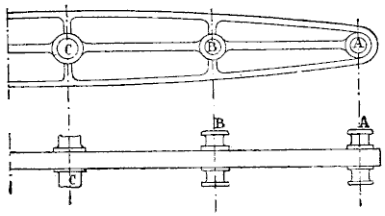


Fig. 1

Les transmissions du balancier comprennent donc une transformation du mouvement rectiligne alternatif en circulaire alternatif, et une transformation du mouvement circulaire alternatif en circulaire continu. Elles s'opèrent toutes deux au moyen d'un lien rigide. La première est réalisée par l'appareil appelé parallélogramme articulé ; la seconde au moyen de la bielle et de la manivelle.

Les balanciers se font en fonte, en fer, ou en tôle, tantôt ils sont d'une seule pièce, tantôt ils sont formés de deux flasques assemblées et rivées.

Il y a plusieurs façons d'assembler les axes ou tourillons qui sont en fer avec le balancier, mais dans tous les cas ils font saillie sur un manchon en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fer forgé avec. Tantôt ils sont maintenus en place par un goujon, tantôt ils sont emmanchés à baïonnette, mais le plus souvent ils sont tout simplement clavetés.

Bascule au dixième de Quintenz. La bascule au dixième ou balance de Quintenz est un appareil possédant un tablier ou plate-forme se mouvant toujours bien horizontalement destinée à recevoir la marchandise à peser.

L'appareil est construit de telle façon que la marchandise dont on cherche le poids est tenue en équilibre par un poids dix fois plus petit, c'est pour cette raison qu'il se désigne sous le nom de bascule au dixième (fig. 1).

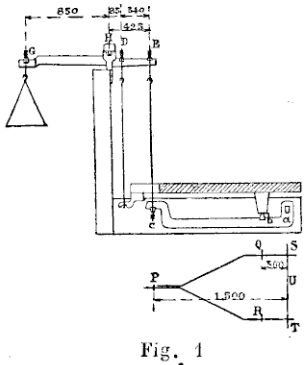


Fig. 1

Cette bascule se compose d'une plate-forme mobile destinée à recevoir les corps dont on cherche le poids.

Cette plate-forme repose par deux points d'appui sur un levier du deuxième genre qui est lui-même relié par une tringle munie de deux brides à un fléau ou levier du premier genre.

Le troisième point d'appui de la plate-forme lui est donné en le reliant par une suspension mobile au fléau, au point D ce qui détermine la distance DH, et par conséquent HG qui est dix fois plus grand que DH.

Le levier du deuxième genre supportant la plate-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forme se relie au fléau au point E par une suspension mobile et se construit généralement de façon à obtenir « *ab* cinq fois plus petit que *ac* ce qui lui donne un rapport de 1 à 5 ». On trouvera aisément l'emplacement du couteau E en divisant le rapport total de l'instrument, soit 10, par le rapport trouvé du levier et nous aurons :

$$\frac{10}{5} = 2,$$

en divisant ensuite la longueur HG du point d'appui au plateau, si nous faisons HG=850, nous aurons :

$$HE = \frac{850}{2} = 425.$$

La distance ED sera par conséquent :

$$425 - 85 = 340.$$

Connaissant l'ensemble général de la bascule il est facile d'en comprendre la réparation.

Il faut avoir soin en montant un fléau de placer l'axe central avec l'équerre et placer les trois couteaux de façon à ce que les taillants soient avec l'axe central sur une même ligne horizontale passant légèrement en dessus du centre de gravité.

Les arêtes des couteaux doivent être parfaitement parallèles perpendiculairement à l'axe du fléau, les couteaux doivent être en acier de la meilleure qualité possible et bien trempés. Les coussinets demandent aussi beaucoup de soins, il importe d'avoir des portées bien droites et bien faites, en ayant soin en les plaçant bien en face l'un de l'autre, de les fixer solidement dans leur support, il faut aussi nettoyer de temps en temps les couteaux, axes et coussinets des instruments de pesage, mais

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jamais faire usage de l'huile ou de tout autre corps gras pour faciliter le fonctionnement, l'emploi de ces matières paralyse au contraire les instruments en amassant dans les articulations toute la poussière qui se présente et rendent par ce moyen toute sensibilité impossible à obtenir.

Le levier doit être l'objet des mêmes soins, les taillants des couteaux doivent être parfaitement parallèles avec les taillants des bouts de la traverse et doivent être placés de façon à se trouver sur une ligne horizontale passant par le couteau du bec et les bouts de la traverse.

En général les instruments de pesage quels qu'ils soient doivent autant que possible être installés dans un endroit couvert ou abrité de quelque façon.

Si l'on veut par le calcul se rendre compte du rapport exact de chaque levier, il suffit de diviser le bras de la puissance par celui de la résistance. Reportons nous par exemple à la « figure 1, Bascule au dixième de 1000 kilogrammes ».

Le tablier repose sur un levier de forme triangulaire en deux points QR dont la distance QS et RT représente le bras de la résistance les points d'appui du levier étant en S et T; le bras de la puissance se trouve donc déterminé et se mesure par UP. Si nous divisons, comme il est dit plus haut, le bras de la puissance par celui de la résistance, soit $\frac{UP}{RT}$ nous aurons le rapport réel du fléau, effectuons l'opération UP étant $1^m,500$ et $RT = QS = 300$, nous aurons :

$$\frac{1.500}{300} = 5.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si donc une charge de 1000 kilogrammes est placée sur le tablier de la bascule, cette charge se répartira en $\frac{1}{5}$ en P et $\frac{4}{5}$ en S et T de sorte que nous aurons comme charge transmise au fléau par ce levier $\frac{1000}{5} = 200$ kilogrammes au point E.

Cherchons maintenant quelle charge nous aurons dans le plateau pour faire équilibre à cet effort de 200 kilogrammes au point E.

Pour cela il faut préalablement se rendre compte du rapport de ce levier que nous trouverons facilement en divisant encore le bras de la puissance GH par celui de la résistance EH, nous aurons :

$$\frac{GH}{EH} \quad \text{ou} \quad \frac{850}{340+85} = 2.$$

Le rapport du fléau est donc de 2, l'effort de 200 kilogrammes appliqué en E se trouvera équilibré par une charge deux fois moins grande, placée dans le plateau, nous aurons :

$$\frac{200}{2} = 100 \text{ kilogrammes.}$$

Nous savons en effet que ce genre d'appareil est appelé *bascule au dixième*, c'est pour cela que nous n'avons que 100 kilogrammes dans le plateau pour équilibrer 1000 kilogrammes sur le tablier.

Il est complètement inutile de chercher la répartition de la charge totale au point D, il suffit de remplir une condition essentielle qui est d'avoir :

$$DH = \frac{1}{10} HG.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La charge totale peut-être placée à une ou à l'autre extrémité du tablier, de sorte que la charge transmise au point D par le troisième point d'appui du tablier varie suivant l'emplacement qu'occupe la marchandise à peser, par conséquent la charge transmise au point D quelle qu'elle soit, sera toujours équilibrée par une charge dix fois moins grande dans le plateau, HG étant dix fois plus grand que HD.

Bascule au centième dite **Bascule Béranger de 2000 kilogrammes** (fig. 2). La

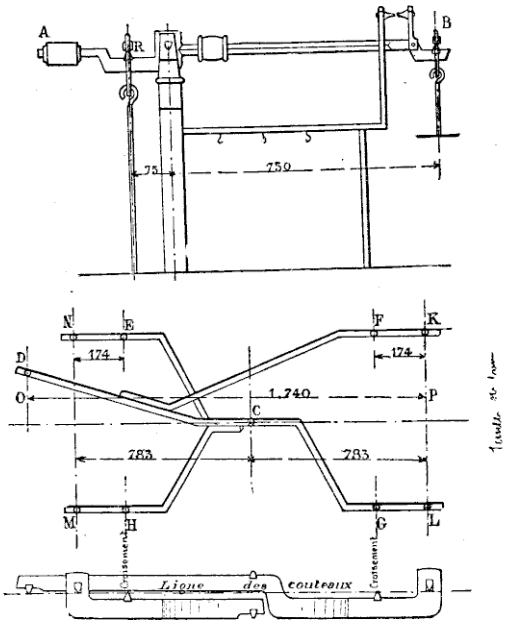


Fig. 2

bascule au centième se compose essentiellement d'un fléau premier genre AB monté sur une colonne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en fonte ou en bois reposant sur le bâti renfermant le mécanisme; de deux leviers de forme triangulaire comme l'indique la figure 5, reliés au point C par une bride.

Le point D est rattaché au fléau en R par une tringle munie de deux brides mobiles. Ces deux leviers ainsi montés offrent au tablier destiné à recevoir l'objet à peser, quatre points d'appui E, F, G, H. Les points d'appui des leviers triangulaires sur le bâti sont K, L, M, N.

Cet instrument est généralement construit dans le rapport de 1 à 100, c'est-à-dire que 100 kilogrammes placés sur le tablier sont équilibrés par 1 kilogramme placé dans le plateau accroché à l'extrémité du fléau. Tout en offrant à peu près la même sensibilité que la bascule au dixième. La bascule Béranger a l'avantage de nécessiter beaucoup moins de poids, ce qui rend l'appareil très commode et surtout expéditif.

Un curseur mobile monté sur le fléau tracé de 0 à 100 kilogrammes permet de faire les pesées jusqu'à cette charge sans employer aucun poids additionnel.

Le mécanisme renfermé dans le bâti en bois ou métal est composé des deux leviers cités plus haut (fig. 2) relié au point central C.

Ce genre de levier se construit dans le rapport 1 à 10, c'est-à-dire que les bras de la résistance MH, GL, FK, NE sont dix fois plus petits que le bras OP qui est celui de la puissance et s'appelle levier au dixième.

Ainsi si nous donnons au levier une longueur de 1.740 par exemple, les couteaux d'angle seront pla-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cées à 174. De plus il est essentiel que la bride reliant les deux leviers en C soit exactement à égale distance des traverses d'appui MN et KL.

Le fléau auquel est relié le levier au dixième doit être aussi dans le rapport de 1 à 10 pour obtenir un rapport de 1 à 100., c'est pour cela que nous étant donné une longueur de fléau de 750 milimètres (fig. 2), nous mettons le couteau sur le bras de la résistance à une distance dix fois moins grande, soit 75 millimètres.

Cet instrument est très répandu et se construit pour toutes les forces et en toutes dimensions.

Les bascules servant au pesage des voitures, des vagons, etc., se nomment *ponts à bascules* et le principe sur lequel repose la construction de ces appareils étant le même que celui des bascules au centième, nous verrons rapidement ces instruments sans énumérer les diverses façons, de trouver les rapports de chacun des leviers, ni les répartitions des charges sur les divers points.

PONTS A BASCULE. Les ponts à bascule se composent de deux leviers triangulaires disposés en face l'un de l'autre, comme l'indique la figure 3, et sont construits de façon à pouvoir placer sur chacune des quatre branches, quatre couteaux DEFG qui serviront de point d'appui au tablier.

Un autre levier du même genre est disposé transversalement et se relie aux leviers triangulaires en deux points A et B, le troisième couteau de ce levier se relie au fléau H d'une romaine au point C, à l'autre extrémité de ce fléau est suspendu un plateau P destiné à recevoir les poids d'équilibre de la charge.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le fléau peut être également gradué et pourvu d'un curseur mobile K sur la trace, en déterminant les longueurs de chaque levier et leurs rapports,

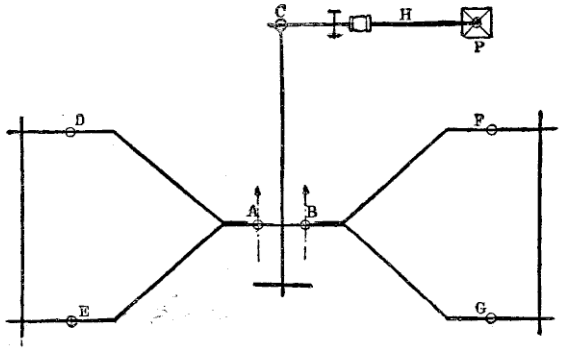


Fig. 3

on donne au curseur son poids convenable (voir *Bascule en l'air au centième*).

Cet instrument se construit depuis 2000 kilogrammes jusqu'à 100, 120 et même 150 tonnes.

Une heureuse application de la bascule a été faite pour le réglage des ressorts de locomotives. Pour cela on emploie l'appareil appelé *pont-à-bascule à plusieurs tabliers*, et qui n'est autre chose que la réunion de plusieurs bascules indépendantes les unes des autres et convenablement disposées, pour que la locomotive étant amenée sur l'appareil chaque paire de roues soit seule sur un des tabliers de la bascule. On voit donc de suite quelle est la charge supportée par chaque roue. Si la répartition du poids total de la machine n'est pas jugée convenable, on agit sur les boulons par l'intermédiaire desquels la machine repose sur les ressorts de suspension, et en les serrant ou en les desserrant on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

modifie la répartition de la charge jusqu'à ce que la locomotive soit convenablement réglée et présente la répartition normale de son poids sur chaque roue. Ces bascules se font ordinairement de la force de 7 à 8000 kilogrammes par tablier. Leur rapport est grand de façon à ce que le déplacement vertical du tablier soit inappréciable pendant les oscillations du fléau de la romaine.

De plus leur installation demande un soin tout particulier. Les rails de la voie doivent être un peu plus rapprochés que dans les voies ordinaires de façon à ce que la locomotive arrive presque sans jeu sur les rails et que son axe moyen corresponde le plus exactement possible à l'axe de la voie. La distance intérieure de celle-ci se fait ordinairement de 1m,430. De plus l'horizontalité du plan de la voie doit être irréprochable, sans cela la locomotive serait inclinée, et cette inclinaison tant minime soit elle, fausserait sur la voie les résultats d'une façon très appréciable. Les rails doivent être également dressés d'une façon absolument parfaite pour que toutes les roues portent bien également sur les tabliers de la bascule.

Depuis quelques années, l'appareil automatique a remplacé la romaine ordinaire dans beaucoup de cas et pour plusieurs raisons ;

Il est en effet très commode d'obtenir une indication automatique des pesées de pouvoir contrôler soi-même le poids sans l'intervention d'un agent plus ou moins expérimenté qui peut faire souvent des erreurs involontaires. La lecture des pesées se fait aussi plus facilement sur un cadran gradué placé à la hauteur de l'œil que sur un fléau de romaine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dont la trace souvent illisible est placée trop bas pour pouvoir contrôler le poids de ces objets.

Je veux parler de la bascule automatique A. Dujour qui est l'instrument le plus répandu. — La bascule automatique Dujour (fig. 4), comme on peut le voir dans presque toutes les gares de chemins de fer, se compose d'un tablier mobile monté sur deux leviers triangulaires placés dans un bâti en fonte. Un troisième levier transversal transmet la charge à un petit levier monté sur la colonne de la romaine en A destiné à tarer les triangles à bagages.

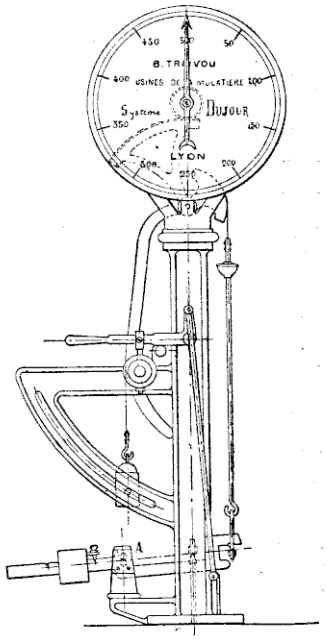


Fig. 4

Ce petit levier transmet l'effort à un petit levier appelé courbe et construit de telle façon que le bras de la résistance reste invariable dans toutes ses positions tandis qu'au contraire celui de la puissance croît proportionnellement et au fur et à mesure des efforts, de sorte que l'équilibre a lieu dans des positions différentes pour des charges croissantes.

Ce levier porte un secteur denté avec lequel s'engrène un pignon monté sur un axe portant à ses deux extrémités une aiguille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le rapport des engrenages est tel que pour une course du levier à courbe équivalente à un angle de 45° par exemple, le pignon fait un tour et par suite son axe et son aiguille font également un tour en indiquant sur le cadran la charge totale de la pesée.

Les pesées sont donc indiquées par l'aiguille sur le cadran, sans qu'il soit besoin de déplacer le curseur à la main. Le levier à courbe en prenant sa position d'équilibre, par le seul fait du dépôt de la marchandise sur le tablier, fait tourner le petit pignon et amène automatiquement l'aiguille devant le chiffre du cadran correspondant à la pesée.

La division régulière faite sur le cadran est une sécurité pour l'exactitude des indications et pour le réglage des appareils.

La courbe du levier est déterminée de telle sorte qu'à des angles égaux, décrits par le levier, correspondent des déplacements égaux de la tangente verticale à la courbe.

La courbe qui n'est autre chose qu'une développante de cercle peut se construire de plusieurs manières.

Connaissant l'angle fait par le levier à courbe et la course du curseur ou la distance entre la première tangente verticale à la courbe et la dernière, on trouve facilement le rayon R par la formule suivante :

Soit R le rayon cherché, 45° l'angle, C = 0.300 la distance horizontale des tangentes verticales extrêmes, nous aurons :

$$R = \frac{C \times 360^\circ}{2\pi \times 45^\circ} \quad \text{ou} \quad R = \frac{0\ 300 \times 360^\circ}{6.28 \times 45^\circ}$$

en effectuant nous obtiendrons R = 0.382 milli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mètres côté du rayon de la circonférence à développer.

On construit également dans le même principe des balances automatiques de 10 et 20 kilogrammes.

M. B. Trayvou, après avoir contribué, par son expérience à rendre cette invention réellement pratique, s'est empressé de traiter avec l'inventeur et c'est l'Usine de la Mulatière qui construit la bascule automatique.

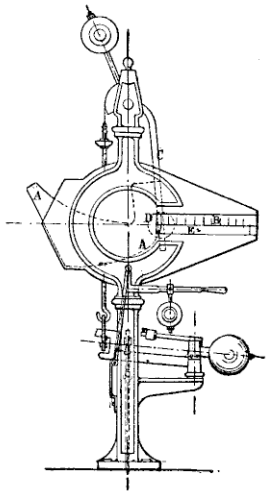


Fig. 5

De nouveaux perfectionnements apportés aux appareils automatiques ont permis à l'Usine de la Mulatière de créer un système d'indicateur automatique appelé « *Automatique Trayvou, à courbe index Guyer* » (fig. 5) se reliant à tous les appareils.

Dans les nouveaux instruments, bascules ou balances, tous les organes délicats, tels qu'engrenage, secteur, aiguille, sont complètement supprimés. Les indications sont données directement, sans organe multiplicateur servant d'intermédiaire ; par une courbe A apparaissant derrière une réglette B placée horizontalement ou verticalement et graduée par divisions égales.

Cette courbe fait corps avec le levier peseur C qui porte un contrepoids fixe D et se termine par un tracé géométrique très simple de façon à ce que pour toute charge placée sur la bascule elle appa-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

raisse bien exactement à la division correspondante à la réglette.

La coulisse E, dans laquelle se montre la courbe derrière la réglette, est à fond noir, la courbe et la réglette sont peintes en blanc et la lecture se fait très nettement à distance.

Ces nouveaux instruments sont d'une simplicité extrême et ont le plus grand avantage de présenter la plus grande sensibilité possible, tout en évitant les risques ordinaires des autres appareils automatiques très compliqués.

Ils offrent aussi l'avantage de pouvoir donner sans organe additionnel des indications par fractions très petites au moyen d'un tracé de Vernier, sur la tôle formant la courbe.

Bascule en l'air au centième (fig. 6). Cet appareil se compose de trois leviers conjugués

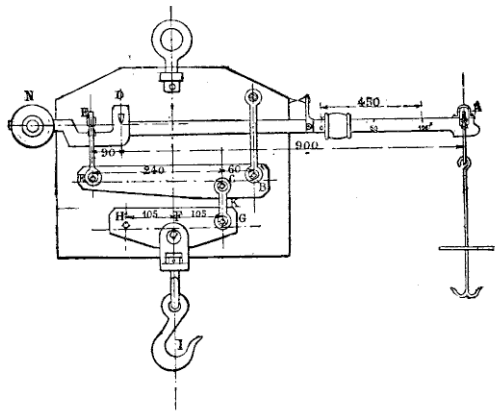


Fig. 6

disposés les uns au-dessous des autres dans un espace très restreint. Le premier levier est du deuxième

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

genre et supporte le crochet destiné à recevoir la charge à peser qui s'applique directement en F. Son point d'appui est en H et son autre extrémité G est reliée au deuxième levier par une bride K.

Le deuxième levier est également du deuxième genre et reçoit directement en C la charge qui lui est transmise par le premier levier pour en transmettre à son tour une partie au fléau par une autre bride au point E.

Le dernier levier, que l'on nomme généralement le fléau, est, comme on l'a vu précédemment du premier genre. Son point d'appui étant placé entre la puissance et la résistance, se termine par un plateau ou crochet suspendu à un couteau A à son extrémité et est destiné à recevoir les poids qui viendront équilibrer les charges que l'on suspendra en I.

Supposons en I un poids de 4500 kilogrammes pendu au crochet et tirant sur le premier levier au point F, le point d'appui de ce levier étant en H, nous n'avons donc plus comme effort au point G que

$$\frac{4500}{2} = 2250 \text{ kil.} \quad \text{ou} \quad \frac{4500 \times 105}{210} = 2250 \text{ kil.}$$

charge transmise au point C du deuxième levier. De C en B il y a 60 millimètres, en ajoutant CE soit 240, on a :

$$BE = 300$$

c'est-à-dire cinq fois BC. Donc 2250 kilogrammes placés en C donnent E un effort égal à

$$\frac{2250}{5} \text{ soit } 450 \text{ kilogrammes.}$$

Le levier supérieur étant au dixième, le grand

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bras étant dix fois plus long que le petit puisque nous avons

$$AD = 900 \quad \text{et} \quad DE = 90$$

il en résulte qu'un effort de 450 kilogrammes tirant au point E ne transmettra au plateau qu'un effort dix fois moins grand, soit

$$\frac{450}{10} = 45 \text{ kilogrammes.}$$

Ce genre d'appareil est affecté plus spécialement au pesage à la grue, des marchandises lourdes et volumineuses tels que les ballots de coton, les fers, les blocs de pierre, etc.

La Maison B. Trayvou, construit ces appareils jusqu'à la portée de 100 tonnes.

En dessous de cette portée, ces appareils sont munis en outre du plateau, des poids, d'un manchon mobile glissant sur le fléau a un emplacement désigné et gradué d'avance en divisions égales jusqu'à 100 kilogrammes, ce qui permet de lire le poids de la même façon que sur les romaines ordinaires.

On peut à l'avance déterminer le poids de ce manchon destiné à l'indication des pesées et pour cette opération on procède de la manière suivante :

On cherche préalablement le rapport de chaque levier, on multiplie ces rapports entre eux, et on divise la somme des kilogrammes indiqués sur le tracé par le rapport total trouvé, le quotient de cette dernière opération donne exactement le poids du manchon.

Soit, une charge de 1000 kilogrammes pendue au point F (fig. 6), le rapport du premier levier est de :

$$\frac{210}{105} = 2$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

elui du deuxième levier se trouve en faisant l'opération suivante :

$$\frac{240 + 60}{60} = 5.$$

Pour le troisième levier ou fléau on procède de la façon suivante :

On mesure exactement la longueur de la partie tracée soit exactement 450 millimètres, on divise cette longueur par le bras de levier DE soit 90 millimètres, on obtient :

$$\frac{450}{90} = 5$$

En multipliant ces trois rapports trouvés, nous aurons :

$$2 \times 5 \times 5 = 50$$

Si la trace nous indique à la dernière coche, 100 kilogrammes, nous aurons pour le poids du manchon :

$$\frac{100}{50} = 2 \text{ kilogrammes.}$$

Pour vérifier le manchon ainsi fait, étant certain d'avance que les rapports des leviers sont parfaitement ceux que nous avons trouvés, on enlève les 100 kilogrammes du point F, on ramène le manchon à la première coche, qui est le zéro, on fait la tare de l'appareil au moyen de la boule N que l'on avance ou que l'on recule jusqu'à ce que le fléau se tienne parfaitement horizontal, on accroche ensuite le poids de 100 kilogrammes au point F, et on avance le manchon à la dernière coche, si l'équilibre est de nouveau obtenu, et si le fléau revient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

après ces oscillations à sa position horizontale, le poids du manchon, et les rapports des leviers sont parfaitement justes.

Généralement la trace de ces fléaux ne permet la lecture des pesées que jusqu'à 100 kilogrammes le complément se fait au moyen de poids décimaux placés dans le plateau, l'instrument étant construit à ce point dans le rapport exact de 1 à 100, comme on l'a vu précédemment.

En pratique on trouve le poids du manchon de la manière suivante, lorsque les leviers sont dans les rapports suivants : 1 à 2 pour le premier levier, 1 à 5 pour le second et 1 à 100 pour le fléau. — On mesure la longueur DE, on la porte sur la trace du fléau à partir de zéro, et le poids indiqué par la trace, donne le poids du manchon multiplié par 10, ainsi dans le cas de la bascule (fig. 6), on portera 90 millimètres a partir de zéro, sur la trace ces 90 millimètres correspondant à 20 kilogrammes sur la trace, indiquent que le manchon pèse :

$$\frac{20}{10} = 2 \text{ kilogrammes.}$$

Observations générales sur la Construction des Appareils de pesage :

La partie essentielle de cette construction est la pose des couteaux et leur fabrication, ils doivent être en acier de très bonne qualité et trempés le plus dur possible. Dans un appareil à grandes oscillations, comme une balance ordinaire à plateaux, une balance Béranger, les taillants des couteaux doivent être très aigus, présentant un angle d'environ 50°. Ces couteaux doivent toujours être placés « à la ligne », c'est-à-dire dans un même plan.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cependant pour donner un peu plus de sensibilité à ces appareils on les fait croiser légèrement, soit d'environ un demi millimètre à deux millimètres suivant l'importance de l'appareil. Supposons un fléau à bras égaux d'une longueur de 40 millimètres environ (fig. 7). Les couteaux croiseront environ d'un demi millimètre. S'il avait, 2 mètres de long, on pourrait les faire croiser de 3 à 4 millimètres. Tout en donnant de la sensibilité à l'instrument, cette disposition permet la réparation de l'appareil sans changer les couteaux, qui peuvent de la sorte supporter deux ou trois réglages. Le croisement des couteaux se fait du reste dans tous les appareils de pesage.

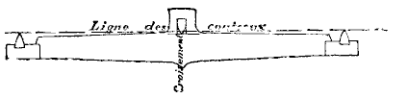


Fig. 7

Dans les bascules au dixième, les couteaux des leviers triangulaires sont également aigus à cause de la course du tablier qui est généralement de 5 à 6 millimètres. La forme du couteau (fig. 8) est telle que leur hauteur est environ de une fois et demie à deux fois leur largeur. Ils devront être placés à la ligne sous réserve du croisement qui n'excèdera pas 1 millimètre à 1^{mm} 1/2.

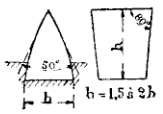


Fig. 8

Dans les appareils à grand rapport, et par conséquent à petites oscillations, comme la *bascule au centième* et les *ponts à bascule*, les couteaux seuls du fléau sont à la ligne. Quant aux couteaux des leviers triangulaires, on ne place sur un même plan que les couteaux d'appui et les couteaux d'angle, soit dans la *bascule au centième* (voir fig. 5) les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

couteaux M.H.N.E.F.K.G.L et D. Les deux autres couteaux C se placent de la façon indiquée dans la figure. Ces couteaux font un angle moins aigu que dans les appareils à grandes oscillations, parce que les leviers et par suite le tablier ne se déplacent que d'une façon inappréciable.

On leur donne comme hauteur la largeur de la base plus 5 millimètres. Le taillant doit être bien droit et plus large que la base. Les faces font avec le taillant un angle d'environ 80° (fig. 9), la longueur du taillant se détermine à l'œil pour les petites portées et dépend du reste de la largeur du fer employé dans la construction des leviers triangulaires. On met en général un centimètre en plus. Cescouteaux se font entièrement en acier et doivent être trempés le plus dur possible.

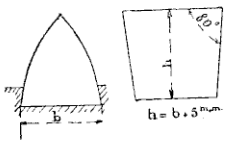


Fig. 9

Pour les grandes portées (bascules de 20.000 et au-dessus) on détermine la longueur du taillant à raison de 250 kilogrammes par millimètre linéaire. Cependant dans des appareils très puissants (100.000 et au-dessus) on peut aller jusqu'à 400 kigrammes en formant au taillant un angle de 90°.

Ainsi un couteau supportant 25.000 kilogrammes devra avoir une longueur de $\frac{25.000}{250} = 100$ millimètres de long. Ces couteaux sont en fer avec une mise en acier.

Les coussinets reposant sur les couteaux se font en acier dans les petites dimensions et en fer aciéré pour les grosses dimensions. Leur portée doit être légèrement arrondie avec la lime à champs ronds, à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

présenter l'aspect de la figure 10. Il est bien entendu que couteaux et coussinets sont bien polis au papier et ne doivent jamais être graissés.

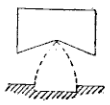


Fig. 10

Bec-d'âne. Le bec-d'âne (fig. 1) que l'on appelle plus communément bédane, est un outil qui ressemble au burin, seulement au lieu d'avoir son tranchant sur le plat de la lame il l'a sur le champ. Sa longueur est la même que celle du burin, elle varie suivant les ateliers, et suivant l'usage auquel l'outil est destiné. Le travail au bédane précède généralement celui au burin. S'il est destiné au défonçage des tôles il ne faut pas le dégager sur le plat pour éviter qu'il s'engage à fond sous le coup de marteau.



Fig. 1

Pour la confection, la trempe et l'affûtage, suivre les mêmes principes que pour les burins.

Bielle. La bielle est une pièce qui accompagnée de la manivelle transforme le mouvement rectiligne alternatif en un mouvement circulaire continu et réciproquement. Examinons le mouvement (fig. 1)

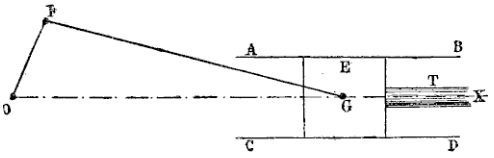


Fig. 1

d'une bielle et nous voyons alors que la tige du piston T, mobile dans un cylindre, est animée d'un mouvement de va-et-vient le long d'une droite OX ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

elle est guidée dans ce mouvement par deux glissières fixes AB, CD, parallèles à la droite OX, et entre lesquelles la tête de piston fixée invariablement à la tige T a la liberté de glisser à frottement doux. Pour transmettre le mouvement à un arbre tournant dont le centre est en O, on se sert d'une bielle FG dont l'extrémité G est articulée à la tête de piston E et dont l'autre extrémité s'articule en un point F du rayon OF fixé à l'arbre; ce rayon OF prend le nom de manivelle, il porte en F un bouton cylindrique dont l'axe est parallèle à l'arbre O et qui passe dans un œil ménagé à l'extrémité de la bielle. La manivelle est fixée invariablement à l'arbre au moyen d'une clavette en fer, ou en acier.

Je n'énumérerai pas ici tous les types de bielles motrices et autres, ce serait trop long, mais en général, elles sont droites ou à fourches, si elles sont droites, elles sont formées du corps de la bielle proprement dit et de deux têtes ouvertes ou fermées avec coussinets en bronze, en fer cémenté et trempé, ou en acier quelquefois trempé ou bien encore d'une tête ouverte comme précédemment et d'une tête fermée dans laquelle on ajoute une bague.

Si la bielle est à fourche elle possède trois têtes, deux petites et une grande et dans ce cas, les coussinets sont presque toujours en bronze.

L'intérieur d'une tête de bielle (fig. 1 à 5) se nomme cage, cette dernière doit être ajustée avec beaucoup de soin, le fond (fig. 3-4) doit avoir un dixième de millimètre de plus de largeur que l'avant et un demi dixième de plus en épaisseur, de façon à ce que le coussinet force un peu vers le fond, lorsqu'il porte à bloc sans pour cela faire ouvrir la cage. On met

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ensuite la bride et une clavette, ou une contre-clavette et une clavette qui doivent être ajustées à

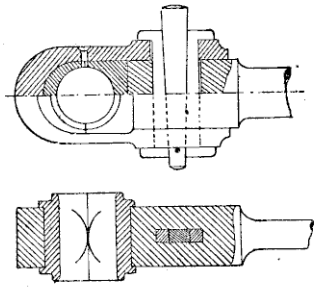


Fig. 1

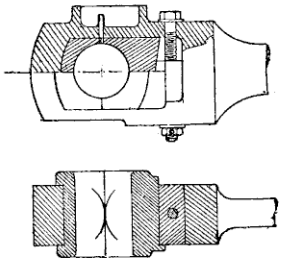
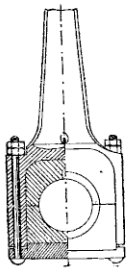


Fig. 2

frottement doux, ou un chapeau et des boulons, etc., selon le type. Le tout bien en place et le corps



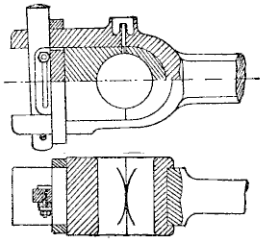


Fig. 4

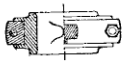
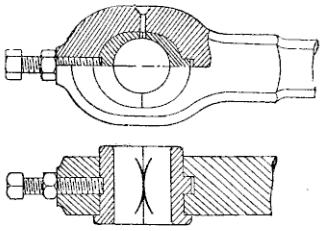


Fig. 3



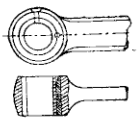


Fig. 6

Fig. 5

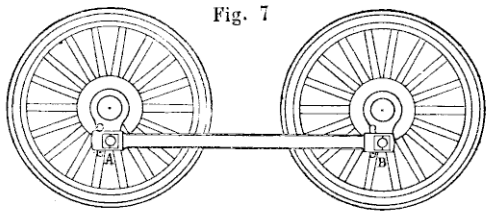
de la bielle dégauchit par rapport à la tête principale, on dresse au rouge en se servant du marbre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et du niveau d'eau, une face de chaque coussinet, en prenant toujours comme base la tête principale, celle qui porte le coussinet commandeur. Le tout fait dans les conditions que je viens d'énumérer on pose des simbleaux à l'opposé des parties dressées et on trace bien exactement les longueurs d'axe en axe des coussinets, axes qui doivent toujours tomber juste entre les deux demi-coussinets de chaque cage et on détermine au moyen d'un autre tracé le diamètre d'alésage que doit posséder chaque coussinet pour aider le tourneur qui les place sur son plateau du côté où ils sont dressés. Si les coussinets sont alésés sur place on ne les dresse pas, c'est au tourneur de les dégauchir par rapport au corps de la bielle en les alésant.

Les coussinets lorsqu'ils ont été alésés doivent être présentés sur leur tourillon respectif pour être essayés au rouge avec une presse en bois et leur donner un coup de lime ou de grattoir si besoin est. Cela fait on remonte la bielle après l'avoir terminée complètement. Quelquefois le polissage de cette dernière ne se fait qu'après l'essai, au montage ce qui est préférable.

Fig. 7



Les bielles d'accouplement qui sont généralement droites sont destinées à relier deux manivelles A et B (fig. 7) sur deux roues de locomotive et de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même diamètre et dont les axes de rotation sont parallèles. Les cages de ces bielles sont généralement fermées. Leur ajustage et leur traçage se fait dans les mêmes conditions que précédemment. Très souvent comme on l'a déjà vu dans les têtes de bielles surtout du côté de la petite tête (fig. 6) les coussinets sont remplacés par des bagues en bronze, en acier ou en fer cémenté et trempé, dans ce cas, en pratique on donne à la bague un peu d'entrée et on la fixe au moyen d'une clavette rectangulaire ou d'une goupille cylindrique qui prend mi-partie dans la tête de bielle et mi-partie dans la bague, cette goupille se rive légèrement à ses deux extrémités ou se taraude sur une partie de sa longueur afin d'éviter autant que possible le déplacement de la bague.

Chaque tête de bielle doit posséder un trou graisseur ou si elle est grosse un réservoir d'huile, qui communiquent avec le coussinet lequel doit également posséder des pattes d'araignée. Le réservoir d'huile est muni généralement d'une fermeture à *ressort* ou d'un couvercle, système *Rous* ou système *Barbat*, qui empêchent les poussières de pénétrer à l'intérieur. Ce réservoir peut être remplacé par des graisseurs fixes *Hochgesand, Michaux*, etc., ou par des graisseurs *universels*.

Blanc pour le traçage des pièces (voir *Peinture*).

Bois. Le bois est la partie ligneuse interne des arbres. La solidité de sa texture et la facilité de le diviser l'ont fait employer dans un grand nombre d'usages.

Le tronc de l'arbre est composé de l'écorce, de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'aubier et du cœur du bois, seule partie propre aux grands travaux.

L'écorce est une substance molle remplie de gerçures : elle est formée du liber ou livret sa partie intérieure et de l'épiderme son enveloppe extérieure.

L'aubier est situé entre l'écorce et le bois, c'est un bois tendre et imparfait.

Le bois est composé d'une masse de fibres compactes qui résultent du serrement progressif des filaments de l'aubier, serrement qui provient de de l'interposition constante et ascendante de la sève.

Les réseaux concentriques qui résultent de cette assimilation indiquent par leurs couches la croissance de chaque année.

Poids spécifique du bois (moyen).

Acajou . .	0.550 à 0.850	Hêtre	0.850
Aulne	0.510	Liège	0.240
Buis.	0.950	Orme	0.800
Charme	0.780	Peuplier	0.400
Châtaignier . . .	0.800	Pin.	0.480
Chêne	0.885	Platane . . .	0.630
Cormier	0.900	Poirier	0.730
Frêne	0.750	Pommier	0 730
Gaiac	1.200	Sapin	0.500

Le plus généralement on divise les bois de constructions en deux qualités : les bois durs et les bois tendres ou mous.

La première dénomination appartient aux bois d'une contexture ferme et d'une fibre grosse, tels sont le chêne, l'orme, le hêtre, etc.

La seconde comprend les bois d'un tissu plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

léger, et le plus souvent blanc, tels que sapin, le pin, le châtaignier, le tilleul, l'aulne et le peuplier. Ces dernières espèces ne sont propres, qu'à former de petits échafaudages et de légers travaux.

Je vais passer à l'examen chacune des espèces les plus employées afin d'en déduire les usages auxquels leurs bois sont propres.

ACAJOU. L'acajou est un bois d'Amérique, il a une couleur rouge veinée. Il est dur, compact, son grain est fin et serré. On l'emploie pour garnir l'extérieur des générateurs et des cylindres à vapeur, afin d'éviter un trop grand refroidissement.

ALISIER. L'alisier est un bois très fin et très compact, c'est le bois le plus facile à travailler au tour, il sert à faire des vis pour les presses à main, les dents d'engrenage, etc.

AMANDIER. L'amandier qui a beaucoup de rapport avec le gaiac, sa couleur est à peu près la même, mais encore sa section transversale est polie et luisante, il conserve bien l'huile, en étant imprégné lui-même ce qui le rend propre à faire des coussinets.

ECOLE NLE DES PONTS ET CHAUSSÉES BIBLIOTHÈQUE

AULNE. Le bois d'aulne est d'une contexture fine et serrée, il se travaille bien, se conserve bien dans l'eau où il se durcit, il est bon pour les pilotis et autres constructions analogues.

BUIS. Le plus dur et le plus compacte de nos bois. Il pousse très lentement et n'atteint pas de grandes dimensions dans nos pays. Il se polit bien, prend toutes les teintes qu'on veut lui donner et se vernit aisément. Le buis est formé de fibres paral-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lèles extrêmement rapprochées les unes des autres. En mécanique il peut servir aux mêmes usages que le gaiac.

CHARME. Son bois est blanc, dur, d'un grain très fin et très serré ; en séchant il prend un grand retrait qui le rend très dur en resserrant les fibres. On l'emploie dans la charpenterie des machines, pour des vis, poulies, cames, dents de roues, manches d'outils, etc.

CHATAIGNIER. Son bois est dur et compacte, en vieillissant il devient cassant et se fend facilement. Il est sujet à la vermoulure intérieure sans apparence extérieure. On l'emploie pour faire des cercles de tonneaux, des manches d'outils, etc.

CHÊNE. On distingue plusieurs espèces de chênes : celle qui fournit le bois le plus propre à la charpente, porte des glands à longs pédoncules. Sa couleur et la contexture de ses fibres ont beaucoup de ressemblance avec celles du châtaignier.

La seconde variété a la feuille petite, l'écorce gercée ; son bois d'une couleur foncée est très dur, rarement droit, possédant beaucoup de nœuds qui en rendent la main-d'œuvre difficile. Il convient aux travaux qui doivent rester exposés à l'intempérie des saisons, ou peut servir aux fondations des constructions.

La petitesse de ses pores et sa densité considérable, le rendent presque impénétrable à l'eau. Lorsqu'il y est plongé ou employé dans les travaux pratiqués sous terre, il acquiert une dureté extraordinaire et demeure indestructible.

Dans les constructions hydrauliques il faut autant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que possible éviter de le faire passer trop souvent de l'état de sécheresse à l'état d'humidité et réciproquement, alors, il se détourne, se fend et se détériore. Dans ce cas lorsqu'il est bien sec, travaillé et mis en place, on peut le goudronner ou le peindre, pour le préserver de cet inconvénient.

Une espèce de chêne qui croît dans le midi de l'Europe et en France principalemeut dans les départements du Var, des Landes, etc., fournit une écorce que l'on désigne sous le nom de *liège*, lequel est assez employé en mécanique pour servir d'enveloppe aux générateurs et aux cylindres à vapeur, diminuant ainsi la condensation intérieure et faisant faire par conséquent économie de combustible.

CORMIER. Le cormier ou sorbier est un bois fin, très dur, très compact, et par conséquent très lourd. Il est employé pour tout outil destiné à subir des frottements. Il est assez rare et d'un prix élevé.

CORNOUILLER. Le cornouiller est un bois dur et liant, d'une couleur jaune, il se rencontre dans nos forêts, sous forme de petits arbres et s'emploie pour la confection des manches d'outils, d'échelles, etc., etc.

FRÊNE. Le frêne est le premier de tous les bois par son élasticité. D'un morceau sain, on en peut faire un ressort léger et peu coûteux. Il est blanc et d'un grain moyen, il sert à la confection des échelles, des brancards, des rames, des leviers, des manches d'outils, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

GAIAC. Le gaiac est un bois remarquable par sa dureté, il provient des deux Amériques. Il résiste d'une manière extraordinaire aux frottements. Aussi est-il employé pour rouets de poulie, pour conssinets, pour dents d'engrenage, etc. La structure de ce bois, offre ceci de particulier que les fibres se croisent en faisant un angle de 30° avec l'axe et si un groupe de couches annuelles se dirige vers le droite, un autre se dirige vers la gauche sans une absolue régularité toutefois.

HÊTRE. Son bois est plein, dur, mais sujet à se vermouler. Sec, il a l'inconvénient de se fendre. On ne doit s'en servir que pour les grosses charpentes et encore à défaut d'autre bois meilleur.

ORME. Son bois, plein, ferme et liant est difficile à travailler, il convient peu aux ouvrages de charperte ; on s'en sert pour les corps de pompe les jantes des roues, les vis de pressoir, etc.

PEUPLIER. La contexture de son bois est uniforme, il est léger et facile à travailler, quelques personnes le préfèrent au sapin. Son peu de solidité ne permet pas de l'employer dans les constructions, on peut l'utiliser dans les charpentes secondaires mais en menuiserie on peut en obtenir des ouvrages délicats.

PIN. Le pin participe essentiellement de la nature du sapin, il est cependant moins résineux et peut fournir d'assez bon bois pour la charpente. On peut l'employer pour les madriers, pour les tuyaux servant aux conduites d'eau, pour les corps de pompe, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PLATANE. La contexture de son bois ressemble à celle du hêtre, il est plus dur et plus fort, mais n'est guère employé.

POIRIER. Le bois de poirier a un grain fin et uni, sa couleur est rose, il se travaille bien et se coupe dans tous les sens.

Il est employé pour faire des règles, des équerres à dessin, des modèles de machines, etc. Le poirier sauvage est préférable au poirier ordinaire, son bois est plus dur, moins sujet à se gauchir et à l'attaque des vers.

POMMIER. Le pommier a un bois semblable au précédent, mais plus dur, il se gauchit et se gerce plus facilement. Il est recherché pour les travaux au tour, prend bien les moulures il est bon pour les pas de vis.

Le pommier sauvage comme pour le poirier est préférable à l'ordinaire.

SAPIN. La texture du bois de sapin est moins dense et moins uniforme que celle du chêne, il est très flexible et sujet à se fendre. Quoique inférieur au chêne sous beaucoup de rapports, il peut servir pour les poutres, les solives, les échafaudages, mais je ne conseille guère de l'employer dans les longues portées à moins que la charge à supporter soit faible. Le seul cas où il puisse prévaloir sur le chêne c'est quand il est chargé verticalement, on le trouve d'environ un cinquième plus fort.

Boîte à noyau. Les moules destinés aux pièces creuses exigent que l'on y ménage des parties pleines de sable ou de terre auxquelles on fait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

occuper la place où doit se trouver le vide de la pièce moulée. Quand ces vides ont de faibles dimensions, on les remplit avec du sable battu dans des moules en bois ou en métal que l'on appelle *boîtes à noyaux*. Quand les noyaux sont considérables, on les fait quelquefois en terre ou en briques soutenues et reliés par des armatures en fonte et en fer.

Boîte à tiroir. On donne le nom de boîte à tiroir à une pièce en fonte contigue au cylindre et dans laquelle se meut le tiroir. Cette pièce est le plus souvent venue de fonte avec le cylindre ou bien elle lui est rajoutée et fixée au moyen de prisonniers ou de boulons.

Borax. Le borax est un sel minéral blanc remarquable par la propriété qu'il a de dissoudre les oxydes métalliques, de subir la fusion visqueuse et de se colorer suivant la nature des oxydes ; aussi est-il employé non seulement dans la brasure des métaux, mais encore dans les essais au chalumeau.

Boulon. Le boulon n'est qu'une cheville qui possède une tête à une extrémité et qui est fileté à l'autre de façon à pouvoir recevoir une pièce nommée écrou également filetée.

Les trous à travers lesquels les *boulons* doivent passer, sont percés avec grand soin, tout juste au diamètre des boulons, et même un dixième ou deux dixièmes de millimètres plus petit si ce sont des pièces de travail soigné, afin de pouvoir les aléser, de façon à ce qu'ils soient très droits et exactement dans la direction des boulons. Il y a plusieurs types de boulons dont les principaux sont représentés par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les figures 1 à 7 ; il y en a aussi de taraudés aux deux bouts, mais n'étant qu'une simple tige, je n'ai pas jugé utile de les faire figurer. Quelquefois les têtes de boulons pour les empêcher de tourner pos-

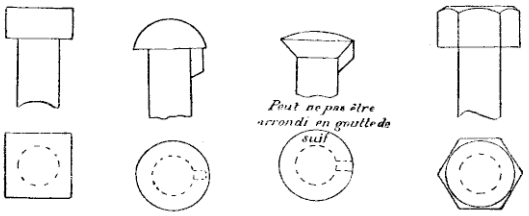


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

sèdent une petite proéminence de métal (fig. 2, 3, 7) à laquelle on donne le nom d'*ergot*, ce dernier est venu de forge ou rajouté après coup, il est destiné à s'engager dans une petite saignée en rapport, faite sur le bord du trou.

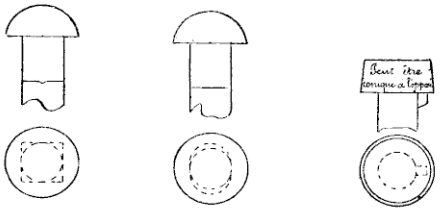


Fig. 5 Fig. 6 Fig. 7

Quand l'emplacement ne le permet pas, on doit préférer mettre un boulon à deux écrous, ou faire remplir à cette tige le rôle de *prisonnier* (que l'on appelle encore *goujon*) en faisant servir comme écrou un trou percé dans la masse même du métal et taraudé.

Quand l'effort est très grand, il est bon de mettre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau du poids moyen des boulons bruts dits mécaniques, tête et écrou à 6 pans.

Diamètre de la tige en *mm.*	Poids moyen d'une pièce, en grammes. — Longueur de la tige cylindrique, en millimètres															
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
6	11,6	12,7	13.8	14,9	16,0											
7	17,4	18,9	20,4	21,9	23,4											
8	23,4	25,4	27,4	29,3	31,3	33,2										
9	33	35,5	38 0	40,5	43,0	45,4	47,9									
10	42,8	45,9	48,9	52,0	55,1	58,1	61.2	64,2								
11	55,7	59,4	63,1	66.8	70,5	74,2	77,9	81,6	85,3							
12	71.9	76,3	80.7	85,1	89,5	93,9	98,3	102,7	107,1	111.5						
13	»	92,9	98,1	103,3	108,4	113,6	118,8	123,9	129.1	134,3	139.5					
14	»	114,9	120,9	126,9	132,9	138,9	144,9	150,9	156,9	162,9	168,9	174,9				
15	»	»	146,8	153,7	160,6	167,5	174 4	181,2	188,1	195,0	201,9	208,8	215,7			
16	»	»	176,9	184.7	192,6	200,4	208,2	216,0	223,9	231,7	239,5	247.4	255 2	263,0		
18	»	»	»	250,9	260,9	270,8	280,7	290,6	300,5	310,4	320,3	330,3	340.2	350,1	360,0	
20	»	»	»	338,2	350,5	362,7	375,0	387.2	399,4	411,7	423,9	436,2	448,4	460,6	472,9	485,1
22	»	»	»	»	451,2	466,0	480,8	495,6	510,4	525.2	540,1	554.9	569.7	584,5	599,3	614,1
25	»	»	»	»	640,5	659 2	677,8	696.4	715,1	733,7	752.3	770,9	789.5	808.2	826,8	845,4
28	»	»	»	»	»	908,5	931,5	954.4	977,4	1001,4	1025,4	1049 4	1073.4	1097.4	1121,3	1145,3
30	»	»	»	»	»	»	1137,0	1164,5	1192.0	1219,6	1247,1	1274.7	1302,2	1329,7	1357,3	1384,8
35	»	»	»	»	»	»	»	»	1796,1	1833,6	1871.1	1908.6	1946.1	1983,5	2021,0	2058 5
40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	2710,7	2759,7	2808 6	2857,6	2906,5	2955.5

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Diamètre brut de la tige en mm	Poids de 100 rivets bruts (en kilogrammes). Longueur de la tige, en millimètres.																	Poids de 100 têtes		
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Rondes (brutes)	Coniques	Ogivales
6	0,490	0,600	0 710	0,820	0.930													0,290		
7	0,645	0,795	0.945	1,095	1,245	1 395												0,420		
8	0 929	1,115	1,321	1,516	1.712	1.908												0,580		
9		1 500	1.751	1,996	2.247	2 492	2,743											0,760		
10		1 847	2,154	2,459	2,766	3.071	3,378											0,910	0,700	0,830
12			3,335	3,775	4.216	4,656	5,097											1,500	1,160	1,380
14				5,398	5.997	6.597	7,196	7 796	8,395									2,320	1,770	2.120
15					6,862	7,547	8 239	8,924	9,616	10.291	10,993							2,790	2.150	2,550
16					8,119	8,995	9,619	10.561	11.347	12,127	12,907							3,300	2,500	3,100
18					11,349	12,339	13,332	14 322	15,315	16,305	17,298	18,288	19,281	20,281	21,264			4,670	3,610	4,300
20						16,056	17,284	18,504	19,732	20,952	22,180	23,300	24.628	25,848	7,076	28,306	29,524	6,300	4,880	5 800
22								22,714	24,194	25,684	24,164	28,644	30,120	31,600	33 082	34,563	36,044	8,270	6,400	7,600
25										35,454	37,318	39,178	41,038	42,902	44,766	46,628	48,490	12,910	9,230	10,960

Remarque. Pour le travail à la main, ces chiffres sont des moyennes pour les têtes coniques, pour les têtes ogivales ce sont des maxima. Quant aux têtes rondes, les poids donnés sont ceux des têtes des rivets bruts. Les têtes rondes faites à la main n'atteignent guère que 0,8 de ces poids, et sont d'ailleurs difficiles à bien serrer. Lorsqu'on rive mécaniquement, on peut renforcer les têtes, ogivales ou rondes ; les têtes coniques sont moins solides.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

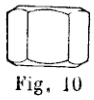
deux écrous du même côté aux boulons : le premier (fig. 8) ordinaire dont l'épaisseur est égale au diamètre de son taraudage et le second (fig. 9) bas, c'est-à-dire, mois épais, ce dernier fait alors l'office d'écrou de sûreté.



Fig. 9

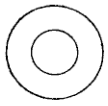
Fig. 8

L'écrou haut (fig. 10) qui possède comme épaisseur en plus ce que l'écrou bas possède en moins que l'écrou ordinaire, un tiers, est presque toujours employé seul et ne sert guère qu'aux boulons de scellement. Souvent si l'emplacement ne le permet pas, on peut encore employer l'écrou dit *noyé* représenté par la figure 11.


Fig. 10

Comme propreté, coup d'œil et bon serrage il faut toujours mettre pour les métaux une rondelle tournée (fig. 12) entre l'écrou et la pièce à serrer.




Fig. 11

Fig 12

Quand un écrou porte sur le bois toujours mettre une rondelle brute ou tournée, sans quoi en serrant l'écrou, ce dernier entaille la matière et donne un serrage défectueux.

En mécanique ordinairement chaque boulon est percé d'un petit trou en rapport avec son diamètre et devant recevoir une goupille (fig. 13) fendue, à ouvrir après la mise en place. Cette goupille assure ainsi toute sécurité au cas du desserrage des écrous.


Fig.13

Si au lieu d'un écrou on emploie une rondelle de forte épaisseur à l'extrémité d'une tige ou d'un axe ou même dans le milieu, pour la rendre fixe, on fait traverser la rondelle et l'axe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par une goupille tournée légèrement conique (fig. 14) et fendue à son extrémité, que l'on ouvre également après la mise en place définitive. Quant aux boulons dont le serrage est à faire sur bois, à de très rares exceptions près on ne les perce pas pour recevoir une goupille.



Fig.14

Les boulons et les écrous se manœuvrent au moyen de clés appropriées à chaque forme de tête et d'écrou.

Bouterolle. La bouterolle (fig. 1, 2 et 3) est un outil destiné à faire les têtes de rivets et celles des rivures, on la prend ordinairement dans des barres

Bouterolle à couteau



Fig. 1

Bouterolle plate . .

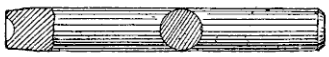


Fig. 2

Bouterolle à forger .



Fig. 3

d'acier rond ou octogone pour la confectionner. La forme octogonale à mon avis est préférable, elle tient mieux dans la main.



Fig. 4

Pour les gros rivets de charpente, l'on peut employer la bouterolle à œil que l'on emmanche (fig. 4), mais pour les rivets qui doivent posséder un certain cachet d'exécution et être bien pincés, je me suis toujours bien trouvé d'employer une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bouterolle lisse fixée entre les mors d'une paire de tenaille tricoise (fig. 5), dont j'obtenais le serrage au moyen d'un anneau ou d'une ligature en cuir à l'autre extrémité.



Fig. 5

Les bouterolles doivent être en acier fondu, trempées tendre, couleur bleue pour le rivetage à chaud et gorge de pigeon pour le rivetage à froid.

Braser. Braser c'est souder ensemble les bords des pièces de fonte, fer, acier, cuivre jaune ou rouge, de laiton avec du cuivre préparé (composé de laiton et de zinc, auquel quelquefois on ajoute un peu d'étain). Pour des pièces un peu fortes et devant assurer une grande solidité, on peut employer le cuivre rouge, mais en morceaux très minces et martelés, car il est très dur à fondre. Les surfaces qui sont à souder, doivent être limées très proprement et n'être souillées ni par le contact des doigts, ni de toute autre manière, elles doivent être rapprochées le plus possible et maintenues soit par des rivets ou de toute autre façon afin d'être bien certain que la pièce ne se dérange pas pendant le travail. On humecte ordinairement l'alliage en copeaux et presque pulvérulent, avec du borax en poudre et de l'eau, on applique le mélange dans cet état, on le fait sécher, on chauffe le tout à la chaleur nécessaire pour fondre l'alliage, opérer la réunion des parties et on ajoute un peu de borax de temps à autre s'il est nécessaire. Lorsque la soudure coule librement on retourne la pièce dans plusieurs sens, on la retire du feu et on la laisse refroidir sans la mettre à l'eau s'il est possible ce qui est préférable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme combustible pour braser, il est meilleur d'employer le charbon de bois et à son défaut le coke.

Brevet (France). L'individu qui réalise un progrès dans une branche quelconque d'industrie rend à la Société un service, alors il est bien juste qu'il reçoive en retour une récompense et le moyen le plus juste de la lui donner c'est de lui accorder le droit exclusif de pouvoir exploiter son industrie. Ce droit lui est acquis par un titre que le Gouvernement lui délivre et qui porte le nom de *Brevet d'invention.*

Il est très utile de se bien fixer sur le caractère du brevet. L'administration le délivre à quiconque se présente, lorsqu'il prétend avoir inventé un produit ou un procédé nouveau, elle n'examine rien. Toutes les fois qu'il est régulièrement demandé le brevet est accordé, excepté pour certains objets qui ne sont pas susceptibles d'être brevetés. S'il n'y a pas invention, que la chose soit déjà connue, c'est aux intéressés à en demander l'annulation devant les tribunaux. En somme le brevet est accordé à l'inventeur à ses risques et périls.

Les conditions essentielles à la validité d'un brevet sont les suivantes :

1° Il faut qu'il y ait invention ou découverte, au point de vue légale il n'y a aucune différence entre ces deux mots et on peut considérer comme se rapportant à eux, l'invention des nouveaux produits industriels, de nouveaux moyens, l'application nouvelle de moyens déjà connus pour obtenir un résultat ou un produit industriel.

2° Il faut qu'il y ait nouveauté dans l'invention, ainsi une invention qui a déjà été exploitée avant la demande du brevet même par l'inventeur lui-même ou qui a déjà été décrite dans un livre ou un journal quelconque ne peut être valablement brevetée.

3° Il faut que l'application pratique de l'invention soit possible

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par les moyens décrits au brevet, si l'invention ne prend pas un caractère industriel, qu'elle se renferme dans les limites de la théorie elle n'est pas brevetable.

4° Il n'est possible de faire breveter qu'une invention licite, si elle est contraire à l'ordre, à la santé publique, aux bonnes mœurs ou aux lois, le brevet est nul.

Il y a encore certaines inventions qui, quoique licites par elles-mêmes ne sont pas susceptibles d'être brevetées, dans cette catégorie se comprend les compositions pharmaceutiques et les remèdes de toutes espèces.

On ne peut faire breveter également, des plans, des combinaisons de crédit ou de finance, le brevet ne s'appliquant qu'à un objet ou à un procédé matériel.

L'inventeur ou ses ayants droits peut annexer à son brevet, un brevet de perfectionnement, mieux encore un certificat d'addition qui est un titre supplémentaire délivré au breveté qui modifie sa découverte, il fait corps avec le premier et en a la durée et il cesse de valoir si ce premier brevet est annulé ou frappé de déchéance. En somme si le premier brevet a une existence propre, le second n'est qu'un accessoire du brevet primitif dont il suit les conditions.

Un tiers peut également se faire breveter pour un perfectionnement apporté à une industrie déjà brevetée au profit d'une autre personne, mais il ne peut prendre qu'un brevet d'invention, le certificat d'addition n'existe qu'au profit du breveté primitif. Mais malgré cette faveur donnée à d'autres qu'à l'inventeur réel du droit de se faire breveter pour un perfectionnement il est pourtant nécessaire et même juste de laisser à l'inventeur le temps nécessaire d'étudier plus en détail son travail et d'y apporter toutes les améliorations que la pratique peut lui suggérer, c'est pourquoi pendant l'année qui suit son brevet la loi lui accorde de préférence à tout autre, le droit de demander un certificat d'addition ou un brevet pour des modifications apportées à son industrie. Une fois l'année expirée, le brevet perd son privilège, il ne peut plus obtenir de brevet de perfectionnement.

Si les perfectionnements apportées par un tiers à une invention brevetée se produisent dans le courant de l'année qui suit la délivrance du brevet, l'auteur doit déposer sa demande sous pli cacheté, lequel n'est ouvert qu'à l'expiration de l'année du premier brevet.

Celui qui prend un brevet de perfectionnement à une invention brevetée au profit d'un autre ne peut l'exploiter tant que le brevet primitif dure, de même que le propriétaire du premier brevet ne peut appliquer le perfectionnement du second sans l'autorisation de ce dernier, les deux brevets sont donc bien distincts, ce qui fait que le brevet de perfectionnement reste souvent stérile s'il n'y a pas accord entre les deux parties, ce qui est préférable.

L'auteur d'une invention brevetée à l'étranger si le brevet existe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

encore, peut en obtenir un en France pour la même invention, mais ce dernier n'est valable que pendant la durée du brevet étranger, ce dernier indiquera la limite extrême que pourra atteindre le brevet français.

Pour obtenir un brevet il faut remplir les formalités suivantes, déposer au secrétariat de la préfecture de son département ou de tout autre en y faisant élection de domicile, un pli cachete contenant :

1° Une demande au ministre de l'Agriculture et du Commerce. Cette demande doit être limitée à un seul objet principal, c'est-à-dire qu'on ne peut réunir dans la même demande et par conséquent dans le même brevet des inventions différentes.

La demande doit mentionner la durée que l'inventeur entend donner à son brevet; cinq, dix ou quinze années et indiquer un titre qui désigne d'une façon bien précise l'objet de l'invention.

2° Une description de l'invention faisant l'objet du brevet. Cette description ne doit pas être altérée, ni surchargée, les mots rayés doivent être comptés et constatés, les pages et les renvois paraphés; elle doit être écrite en français et en double original.

3° Les dessins ou échantillons nécessaires pour la description. Ces derniers doivent être en double.

4° Un bordereau des pièces déposées.

Toutes ces pièces, demande, description, dessins, bordereau, doivent être signées par celui qui demande le brevet ou par son mandataire.

La demande doit être accompagnée d'un récépissé de 100 francs, montant de la première annuité de la taxe versée à la caisse du trésorier payeur général.

Le dépôt de la demande est constaté par un procès-verbal, lequel est dressé par le secrétaire général de la préfecture et signé du demandeur, il fait mention du jour et même de l'heure de la remise des pièces, afin de pouvoir établir si cela est nécessaire la priorité en cas de contestation. Les pièces de la préfecture sont ensuite transmises au ministère de l'agriculture et du commerce.

Le brevet est accordé par le ministre sans examen préalable aux risques et périls de l'inventeur.

Si la demande est irrégulière, si elle ne contient pas tout ce qui est prescrit, le ministre ne délivrera pas le brevet, le breveté est obligé de faire une nouvelle demande, mais alors il perd la moitié de la somme versée pour la première annuité, si la seconde demande n'est pas régulièrement faite dans les trois mois, et si une autre personne venait dans l'intervalle à demander un brevet pour le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même objet, elle aurait la priorité, la date du brevet se déterminant par le jour du dépôt de la demande.

Une expédition de l'arrêté ministériel constituant le brevet est délivrée au demandeur avec un duplicata de la description et des dessins. Cette première expédition est délivrée sans frais, mais les expéditions ultérieures dont on peut avoir besoin donne lieu au paiement d'une taxe de 25 francs, réduite à 20 francs pour les certificats d'addition. Dans les deux cas l'ampliation des dessins reste à la charge du demandeur.

Toutes les règles que je viens d'expliquer, relativement à la forme de la demande et à la délivrance du brevet s'appliquent également aux certificats d'addition.

La durée du brevet est de cinq, dix ou quinze années, à la volonté du demandeur, mais en pratique il faut toujours les demander pour quinze ans.

Le droit du breveté et la durée du brevet courent du jour où la demande est déposée.

Le brevet ne peut être prolongé au-delà du temps pour lequel il a été demandé. Depuis l'application de la loi de 1844, il n'a été accordé que deux prolongations c'est pourquoi on peut dire qu'en France cette prolongation n'existe pas.

Les certificats d'addition expirent avec le brevet principal.

Le brevet donne lieu à la perception d'une taxe annuelle de 100 fr. payable avant le commencement de chacune des années du brevet. La première annuité se paie avant le dépôt de la demande à laquelle on doit joindre le récépissé. Le défaut de paiement de l'une des annuités avant le commencement de l'une des années du brevet entraîne la déchéance des droits du breveté, c'est une chose à ne pas oublier, car il n'y a pas moyen d'y revenir. C'est pourquoi l'on peut faire un versement en double et le faire attribuer à l'année suivante, dans ce cas la demande d'attribution est jointe au dossier du brevet.

En cas de cession du brevet la taxe entière de ce dernier est immédiatement exigible.

Le brevet, s'il est valable confère au breveté le droit exclusif d'exploiter son invention. Personne pendant la durée du brevet ne peut fabriquer ou vendre les produits et employer les procédés brevetés. Agir autrement constitue un délit de contrefaçon. Mais le droit du breveté se trouve limité par la désignation même de son invention dans le brevet et n'existe que relativement à l'objet précis pour lequel le brevet a été demandé et obtenu.

Le breveté peut exploiter lui même son invention ou la faire exploiter par d'autres moyennant une redevance convenue. Cette autorisation n'est soumise à aucune forme particulière, en pratique on lui donne le nom de *licence*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les brevets sont une propriété, ils peuvent se céder en totalité ou en partie.

En partie, le breveté peut par exemple céder le droit de vendre en se réservant celui de fabriquer.

Il peut céder son brevet pour telle commune, tel arrondissement, etc. Il peut le vendre pour un temps déterminé.

La *cession* diffère de la licence (autorisation d'exploiter l'invention) en ce que le breveté qui concède cette dernière reste complètement propriétaire du brevet et conserve par conséquent tous les droits qui en résultent. La cession proprement dite est soumise à certaines conditions ayant pour objet de permettre aux tiers de se rendre compte facilement à qui appartient ce brevet. Ces conditions sont :

1° La cession doit être faite par acte notarié ;

2° Elle doit être enregistrée au secrétariat de la préfecture du département dans lequel l'acte a été passé. Cet enregistrement se fait sans frais sur le dépôt d'un extrait de l'acte. Si la cession n'est pas faite dans les conditions énumérées ci-dessus, elle est considérée comme nulle à l'égard des tiers.

La cession doit être précédée du paiement de la totalité de la taxe du brevet qui généralement ne se paie que par annuité.

Le cessionnaire profite de tous les droits du breveté, il profite également des certificats d'addition qui seraient ultérieurement délivrés au breveté et réciproquement, ce dernier si la cession n'est que partielle, profite des certificats d'addition délivrés au cessionnaire.

Il faut que pendant la durée du brevet le public puisse le connaître et qu'à son expiration chacun puisse en faire son profit, de là les descriptions, dessins, échantillons et modèles qui sont déposés au ministère de l'Agriculture et du Commerce sont communiqués sans frais à tous ceux qui le demandent, on peut également s'en faire délivrer une copie à ses frais. A l'expiration des brevets les originaux des descriptions et dessins sont déposés au conservatoire des Arts-et-Métiers.

Il y a *nullité* du brevet :

1° Si la découverte, l'invention ou l'application n'est pas nouvelle ou pour mieux dire si elle a été l'objet avant le dépôt de la demande en France ou à l'étranger d'une publicité suffisante pour pouvoir être exécutée ;

2° Si la découverte porte sur des compositions pharmaceutiques, des plans, des combinaisons de crédit ou de finance ;

3° Si le brevet porte sur des principes purement théoriques dont il n'a pas été indiqué d'application industrielle ;

4° Si la découverte est contraire aux bonnes mœurs, à l'ordre, aux lois ou à la sûreté publique ;

5° S'il y a déclaration frauduleuse sur l'objet lui-même ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6° Si la description n'est pas suffisante pour son exécution ou si elle n'indique pas d'une manière complète et loyale les moyens de l'inventeur ;

7° Si le brevet a été pris pour un perfectionnement à une invention déjà brevetée, pendant l'année réservée au premier brevet pour prendre un certificat d'addition ou un brevet de perfectionnement;

8° Les certificats d'addition ne valent rien lorsqu'ils ne se rapportent pas au brevet principal, c'est-à-dire lorsqu'ils sont étrangers à l'objet de ce brevet.

Il y a *déchéance :*

1° Si le breveté n'acquitte pas l'annuité de la taxe avant le commencement de chacune des années de la durée du brevet;

2° Si son invention n'a pas été exploitée dans le délai de deux ans à compter du jour de la délivrance du brevet, ou s'il a cessé de l'exploiter pendant deux années consécutives à moins qu'il ne justifie la cause de son inaction ;

3° Si le breveté a introduit en France des objets fabriqués en pays étrangers semblables à ceux qui sont garantis par un brevet, à moins d'une autorisation spéciale du ministre de l'Agriculture et du Commerce.

Le titulaire d'un brevet peut mettre sur ses enseignes, annonces, timbres, etc. Le titre de *breveté*, en ayant soin de toujours faire suivre ce titre des mots *sans garantie du gouvernement* ou S. G. D. G. A l'expiration du brevet il perd ce droit sinon il est passible d'une amende de 50 à 1.000 francs.

Toute personne ayant intérêt à faire tomber un brevet peut invoquer la nullité ou la déchéance, dans ce cas les demandes sont portées devant les tribunaux civils de première instance ; de plus celui que le breveté poursuit comme contre-facteur devant le tribunal correctionnel peut opposer la nullité ou la déchéance du brevet pour se défendre car il ne peut y avoir de contre-façon si le brevet est nul ou s'il est tombé en déchéance avant les faits qui donnent lieu à la poursuite.

Je ne parlerai pas de la législation concernant les brevets étrangers, cela m'entraînerait trop loin. Ceux qui en auraient besoin n'ont qu'à s'adresser à un ingénieur-conseil qui leur donnera tous les renseignements désirables.

Avant de terminer la question des brevets, je tiens à jeter un coup d'œil sur les marques de fabrique.

La *marque de fabrique* est tout signe qui permet de distinguer les produits d'une fabrique ou les objets d'un commerce. La marque peut consister dans une dénomination donnée au produit; dans des emblèmes tels que dessins, figures, etc. Le nom du fabricant ou du lieu de fabrication peut également être employé comme marque à la condition toutefois de lui donner une forme spéciale, distinctive et toujours la même. Le signe qui sert de marque doit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

être spécial aux produits qu'il est destiné à distinguer et être assez reconnaissable pour ne pas permettre la confusion avec les signes employés par d'autres.

Les pays suivants garantissent la propriété des marques :

Allemagne	Espagne
Angleterre	Etats-Unis
Autriche	France
Belgique	Italie
Brésil	Russie
Canada	Suisse

Briques. Les briques sont des matériaux de construction en terre cuite ayant en général la forme de parallélipèdes. Les unes destinées aux constructions ordinaires, se fabriquent en quantités énormes dans certains pays et sont faites avec des argiles plus ou moins sableuses et des marnes argileuses, calcaires ou limoneuses; les autres sont plus ou moins réfractaires et destinées à la construction des fours. Les briques réfractaires de premier choix qui doivent supporter un feu violent sans s'altérer sont faites avec des argiles réfractaires lavées et dégraissées par une addition de un ou deux volumes de ciment de la même argile, c'est-à-dire d'argile cuite, puis pulvérisée plus ou moins finement. Pour les briques demi-réfractaires, on dégraisse l'argile réfractaire ou demi-réfractaire avec des sables siliceux beaucoup moins cher que le ciment réfractaire.

Le volume ordinaire des briques est: Longueur 220, Largeur 110, Epaisseur 55. Leur poids moyen est de 2 kil. 500.

Broche d'assemblage. On donne le nom de broche d'assemblage à une tige cylindrique



et conique en acier non trempé qui est utilisée pour faciliter le traçage des tôles, en maintenant l'une en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

face de l'autre ces dernières si elles ont des trous correspondants déjà percés, ou à ramener ces derniers pour les faire correspondre si il y a lieu à très peu de différence. Elle sert encore à chasser des bou- lons ou des axes, etc Sa longueur et son diamètre varient suivant le travail à faire.

Bronze. Le bronze est un alliage de cuivre et d'étain. Il est impossible d'en déterminer les propriétés absolues, car elles se modifient selon les proportions de ses deux éléments. En thèse générale, sa densité est plus grande que celle des deux métaux qui le composent, il est plus dur que le cuivre, mais on ne peut rien préciser.

Le bronze est plus fusible que le cuivre, et il devient malléable par la trempe, propriété irrégulière à laquelle nous devons l'avantage de pouvoir faire les cymbales et les tam-tam, et de fabriquer avec plus de facilité les médailles, car on les frappe après les avoir trempées et on les recuit ensuite pour les durcir.

La composition du bronze varie suivant les usages auxquels on le destine. Voici les principales variétés.

	Cuivre	Etain	
Bronze des canons.	90	10	
» des cloches.	78	22	
» des miroirs de télescopes	67	33	
» des médailles.	95	5	plus quelques millièmes de zinc
» pour les frottements (grande vitesse). . .	80	20	
» pour les frottements (ordinaires)	85	15	
		Zinc	
» pour traction . . .	98	2	
» jaune	66	34	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

		Etain	Phosphore
Bronze phosphoreux pour organes des machines . .	90,30	8,94	0,76
» rouge pour organes de machines	87	13	

Bronze phosphoreux. Le bronze phosphoreux se distingue par sa tenacité et sa résistance extraordinaire. Il peut être laminé, étiré et forgé à froid, sa composition la plus courante est celle indiquée par le tableau ci-dessus. Si on lui ajoute une certaine quantité de fer on obtient un alliage tout à fait résistant et qui est utilisé à la confection des mesures de capacité pour les liquides.

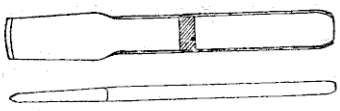
Bronze rouge. Le bronze rouge est un alliage très riche en cuivre, utilisé pour les coussinets et les organes analogues de machines, il donne d'assez bons résultats. Sa composition la plus courante est celle donnée par le tableau ci-dessus.

Bruit (*Moyen dans un atelier de reconnaitre un*). M. Robert Boucart a imaginé le procédé suivant : on s'introduit dans l'oreille un tube de caoutchouc pour gaz, auquel on laisse une longueur de un mètre environ. L'extrémité libre sert à étudier le bruit. Comme elle ne reçoit d'autres vibrations sonores que celles qui sont émises par la petite portion de surface dont on l'approche, elle ne conduit à l'oreille que ce bruit isolé. Il arrive souvent que dans les machines présentant des points de frottement nombreux, on passe un temps relativement long et énervant à trouver celui qui commence à gripper et dont on entend à intervalles réguliers le léger sifflement. Au moyen du tuyau acoustique, on réussit très rapidement en promenant l'extré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mité libre de coussinet en coussinet surtout si l'on prend la précaution de se boucher l'autre oreille au moyen d'un tampon d'ouate.

Burin. Le burin se compose d'une lame plate en acier fondu dont les dimensions sont variables en longueur et en largeur suivant le travail à exécuter. L'une de ses extrémités est amaincie et forme un tranchant, l'autre est allongée et arrondie pour pouvoir résister aux coups de marteau.



Après plusieurs expériences, j'ai trouvé que l'angle le plus convenable à donner à l'extrémité amaincie d'un burin varie suivant le métal à travailler, pour la fonte il doit avoir 75°, pour le fer et l'acier 60° et pour le bronze 50°. Ces valeurs ne sont qu'approximatives bien entendu, en se basant sur elle, il est facile dans la pratique d'acquérir le coup d'œil nécessaire pour suppléer à leur mesure en se servant d'un gabarit, et voir qu'en arrondissant légèrement et régulièrement le tranchant dans le sens de la largeur de l'outil, on obtient un travail bien plus propre et de somme plus grande.

Un burin ne doit pas être chauffé plus que couleur cerise, forgé avec soin, et lorsqu'il est arrivé à sa forme, le battre à l'eau sur plat seulement et presque à froid pour donner plus de corps à l'acier.

Pour le tremper, on le chauffe couleur cerise toute la longueur de la lame, après quoi on le plonge un instant dans l'eau à environ 25 ou 30 millimètres de profondeur, s'il est de dimensions ordinai-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

res, le retirant ensuite ; on le nettoie soit avec une brique, par terre, ou sur le billot de l'enclume, afin de se rendre bien compte de la couleur qu'il doit avoir au moment de le remettre à l'eau.

La couleur, doit varier suivant que le burin doit être employé pour tel ou tel travail ; pour le fer, gorge de pigeon ; pour le bronze, rouge bleu ; pour le cuivre, jaune bleu ; pour la fonte et l'acier, jaune paille foncé.

Les couleurs précitées ne sont bonnes qu'autant que le burin a été travaillé dans les conditions énumérées plus haut, sinon la couleur n'y est plus pour rien et l'outil est mauvais.

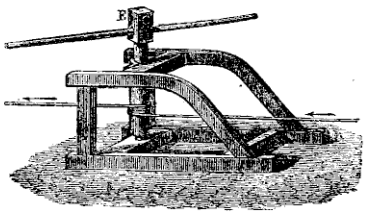
Quoique brûlé, un burin peut être réchauffé, battu à l'eau et retrempé ; en somme retravaillé avec soin, il donnera encore un très bon résultat.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C

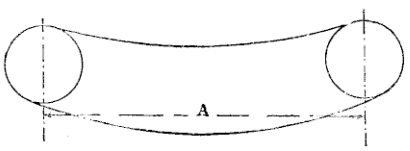
Cabestan. Le cabestan est un treuil à axe vertical très employé dans les ports. Le cylindre du treuil est maintenu dans la position verticale par une charpente, qui est fixée au sol au moyen de cordes attachées à des piquets. La tête E du cabestan est traversée par une barre, aux extrémités de laquelle on applique l'effort moteur. La corde s'enroule d'un côté sur le cylindre, et se déroule de l'autre côté, il suffit d'un petit effort exercé dans le sens des flèches, pour équilibrer une très grande tension, développée dans l'autre partie de la corde; la différence des deux tensions est équilibrée par le frottement entre la corde et le cylindre.



Câbles. On emploie souvent pour transmettre le mouvement d'un axe de rotation à un autre qui en est éloigné, des courroies en cuir corroyé, mais lorsque la distance du moteur au récepteur devient considérable on emploie les câbles métalliques L'éloignement peut aller jusqu'à 1500 mètres. Dans ce cas on sectionne, c'est-à-dire que l'on s'arrange de façon à établir des stations intermédiaires com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

posées d'une poulie réceptrice et d'une poulie motrice, montées sur le même arbre. Le câble s'engage dans une poulie à gorge et la distance A entre deux poulies télédynamiques, peut varier de 10 à 60 mètres et même s'élever jusqu'à 120 mètres. La vitesse peut varier de 15 à 35 mètres pour la transmission de grands efforts et de 5 à 12 mètres pour un effort modéré.



Lorsque les poulies doivent servir de volant on leur donne comme diamètre 80 à 10 fois celui du câble, dans les autres cas, un diamètre de 40 à 50 fois celui du câble est suffisant.

Il y a plusieurs sortes de câbles métalliques dont les principaux types sont : Les câbles en fil de fer, les câbles en fil d'acier, les câbles en fil de fer avec âme en chanvre, etc., qui servent tous pour la transmission ordinaire du mouvement.

Les câbles en fer formés de mailles en fer fort doux d'excellente qualité, sont employés dans la marine pour tenir les vaisseaux au mouillage, ils remplacent avec avantage les anciens câbles en chanvre autrefois en usage et offrent une durée beaucoup plus grande. La première idée de l'emploi des câbles en fer dans la marine est due à M. Slater et son brevet date de 1808.

Pour la transmission d'efforts puissants on se sert encore de câbles sans fin en chanvre ou en aloès, quelquefois plats, c'est-à-dire formés d'aussières juxtaposées et cousues ensemble.

On se sert aussi pour actionner les grues, les transbordeurs, etc., de cordes en coton ayant au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus 20 millimètres de diamètre, dont la vitesse ne doit pas dépasser 28 mètres par seconde.

La transmission par des câbles cylindriques, formés de fils métalliques contournés en hélice avec âme en chanvre dont le poids seul détermine l'adhérence nécessaire au mouvement, a été imaginée en 1850 par M. Hirn à l'usine de Logelbach (Alsace). Ce genre de transmission est maintenant fort employé dans l'industrie.

Câbles métalliques (Préservation des). Plusieurs procédés sont employés pour préserver les câbles métalliques, les principaux sont :

1° Faire bouillir un mélange de graphite pulvérisé et de suif et appliquer sur le câble au moyen d'une brosse le mélange lorsqu'il a pris la consistance du beurre, ou bien faire passer le câble dans un vase en forme de corne rempli de ce mélange.

L'opération doit être répétée environ toutes les quatre semaines.

Ce procédé préserve les câbles de la rouille et empêche leur usure par leur mise en contact avec des corps durs. Ce mélange facilite en outre, le déplacement des fils les uns par rapport aux autres, car il pénètre dans les moindres interstices et augmente ainsi la flexibilité des câbles.

Les câbles en métal doivent être roulés à terre en cercles d'ausi grand diamètre que possible.

2° Mélanger de l'huile de lin avec du goudron végétal et on l'applique sur le câble; ce mélange fournit une couche protectrice très efficace.

3° Mélanger 60 % de suif, 30 % d'huile et 10 % de colophane.

4° Les câbles immergés dans l'eau peuvent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

être recouverts d'un enduit formé par le mélange de 42 kilogrammes de chaux éteinte, avec 58 kilogrammes de goudron végétal ou minéral ; ce mélange doît être bouilli et appliqué à chaud.

Les câbles galvanisés ne doivent pas être employés pour les transmissions, car la couche de zinc disparaît rapidement et les fils de fer se rouillent.

Dans les transmissions par câbles, il faut avoir le plus grand soin des poulies, les gorges doivent être toujours très propres.

Les câbles en fil d'acier, doivent être préférés aux câbles en fer si la légèreté et la plus grande résistance doivent être prises en considération.

Calamine. En terme pratique d'atelier la calamine n'est pas comme on pourrait le croire un minerai de zinc, ce n'est ni plus, ni moins qu'une crasse qui s'attache aux pièces en fer ou en acier en les forgeant, ou à celle de fonte, en les fondant, et qui est d'une dureté telle, qu'il faut avoir soin de la piquer pour la faire disparaître, sinon tous les outils refusent à son contact, aussi est-elle fatale dans ce cas, aux limes, aux burins, aux tarauds, etc.

Calcaire ou **carbonate de chaux.** Pierre qui contient de la chaux et dont les variétés sont nombreuses, ainsi la craie n'est que du carbonate de chaux très divisé.

Le dépôt des sels calcaires, forme pour ainsi dire dans une chaudière corps avec elle, il se moule et s'incruste sur ses parois. Il présente de très grands inconvénients et même graves : d'abord il empêche le passage du calorique, de là perte notable de combustible ; de plus les parois du générateur n'étant plus en contact direct avec l'eau, le métal peut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'échauffer et rougir assez facilement et si une fissure vient à s'opérer dans la croûte, par le fait même de la haute chaleur, l'eau qui vient immédiatement prendre possession de la partie libre peut produire un dégagement de vapeur assez considérable pour faire éclater l'appareil; enfin en rougissant le fer les parois se détériorent assez rapidement.

Calcul Calculer, c'est l'art de combiner les nombres entre eux dans un but déterminé.

Quatre opérations fondamentales sont nécessaires, on les nomme ainsi parceque toutes les autres ne sont que des combinaisons de celles-là ; ce sont l'addition, la soustraction, la multiplication et la division.

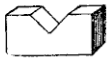
Je n'entreprendrai pas dans cette partie, la démonstration de chacune d'elles, ni de toutes les autres, me réservant ce travail pour un ouvrage théorique, je donne simplement ci-après les principaux signes employés le plus généralement par abréviation ; mais je tiens à faire remarquer au praticien, s'il lui est possible, de ne pas se désintéresser par trop de la théorie, très utile la plupart du temps, et bien se pénétrer, qu'elle, et la pratique, sont deux sœurs.

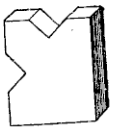
Signes	Valeurs.
$=$	égal
$+$	plus
$-$	moins
$\times$	multiplié par
$\cdot$	multiplié par
$:$	divisé par
$\frac{4}{2}$	indique également que 4 est divisé par 2.
$<$	plus petit que
$>$	plus grand que

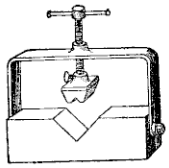
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

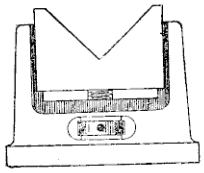
$\sqrt{\ }$ racine carrée
$\sqrt[3]{\ }$ racine cubique
π rapport de la circonférence au diamètre $=3.1416$.

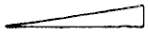
Cales pour traçage. Les cales en V (fig. 1, 2 3 et 4) sont des outils destinés à disposer les pièces sur le marbre pour en faciliter le traçage. On les confectionne en acier ou en fer et par série de deux, trois, quatre et même cinq pièces semblables. On en distingue trois types principaux, la cale en *V simple* (fig. 1), la cale en *V double* (fig. 2) et la cale en *V avec appareil fixant les pièces à tracer* (fig. 3). Il y a encore les cales en *V à hauteur variable* (fig. 4) qui possèdent une vis de réglage à la partie inférieure et qui permettent de modifier au cours du traçage, la hauteur de l'objet au-dessus du marbre.

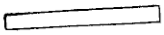

Fig. 1


Fig. 2


Fig. 3


Fig. 4


Fig. 5


Fig. 6

Des cales de toutes petites dimensions (fig. 5 et 6) en bois ou en métal et parfaitement calibrées, tantôt plates, tantôt en forme de coins sont encore employées sur le marbre pour régler la hauteur des pièces.

Calibre ou **gabari** (voir *Gabari*). Le calibre sert à faire semblables un certain nombre de pièces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus ou moins grand. Un calibre (fig. 1 à 7) doit être fait avec le plus de précision possible, avec beaucoup de soin, il ne doit pas être donné à exécuter au premier venu, car souvent croyant gagner quelques centimes en livrant son exécution à des mains inhabiles, il est perdu gros d'argent dans l'exécution du travail. Si le calibre est un peu sérieux je conseillerai toujours

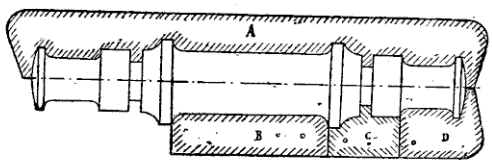


Fig. 1
A calibre mère ou d'ensemble,
B, C, D calibres de détail.

de faire mâle et femelle, quand même, que l'un des deux serait inutile, parcequ'alors l'un venant à manquer pour une raison quelconque, l'autre suffit pour en refaire un second à nouveau en tout semblable au premier.

Si l'on a des pièces de forme à faire l'on peut employer des calibres de détail qui permettent de



Jauge d'intérieur

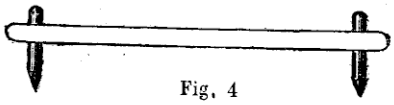
Jauge d'extérieur

Fig. 2



Jauge d'alésage

Fig 3



Jauge à pointes

Fig. 4

mortaiser, de raboter, de tourner ou d'ajuster une partie des pièces sans être obligé d'avoir toujours

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

recours au calibre-mère qui est quelquefois encombrant.

Les calibres de détail doivent être faits sur ce dernier de façon que réunis ils en soient la reproduction exacte (fig. 1).

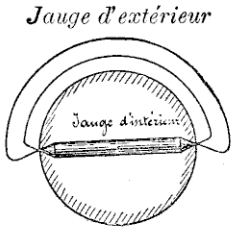


Fig. 5

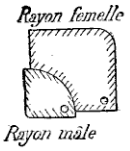


Fig. 6

Tout calibre doit être tracé avec beaucoup d'attention, découpé au burin, à la poinçonneuse, ou à la cisaille à un millimètre du trait plutôt plus que moins, s'il est à faire avec beaucoup de soin, le découper à la machine à percer, poinçonner dessus les inscriptions qu'il doit porter, dimensions, numéro de plan, etc., le redresser sur le plat sans qu'il reste apparence de coups de marteau, le retracer à nouveau s'il y a lieu, le vérifier et l'ajuster.

Tout ouvrier avant l'exécution d'un calibre doit faire le tracé de ce même calibre sur un marbre ou sur une feuille de zinc afin de s'assurer quand il est terminé qu'il est conforme aux dimensions données.

Si l'on a une jauge à faire qui soit plus grande qu'un mètre et que l'on ait en sa possession que celui-ci et un pied à coulisse : Par exemple, 1 mètre 535 mill. 5 dixièmes ; on choisit une surface bien plane sur laquelle l'on trace d'abord et en trait très fin une ligne droite plus longue que la jauge à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

exécuter, sur cette ligne l'on porte d'abord la valeur de 1 mètre (avec un mètre en acier et d'une seule pièce si possible) puis 500 millimètres, réglant ensuite le pied à coulisse à 35 millim. 5 dixièmes, on ajoute cette dernière valeur et on vérifie en repartant du dernier point vers le premier, en suivant la même marche qui si rien n'avait été fait précédemment. Après, on établit une jauge d'extérieur qui revérifiée à nouveau sert à établir la jauge demandée.

Pour qu'une jauge soit bonne et durable, il faut que ses extrémités soient trempées dur et toujours vérifiée après la trempe.

Lorsqu'un ouvrier commence un travail, il doit s'assurer qu'il possède bien tous les calibres et jauges nécessaires à son exécution, qu'ils sont en état et conformes à ce qui lui a été commandé.

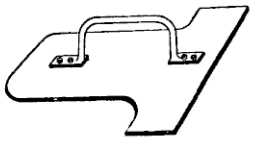
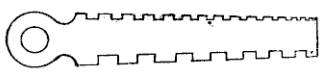


Fig. 7

Pour faciliter la vérification, on peut munir les calibres et les gabarits d'une poignée comme l'indique la figure 7 et d'un petit trou (fig. 6) qui permet de les accrocher ou de les réunir.

Calibre d'épaisseur. Dans le travail de la forge, c'est par tâtonnements que l'on arrive à obtenir les dimensions voulues. Il est donc nécessaire de vérifier la pièce à chaque instant. Pour les petites dimensions, on se sert d'un calibre d'épaisseur en tôle qui présente dans le sens de sa longueur sur l'une ou sur ses deux arêtes des



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

creux rectangulaires de 1, 2, 3 . . . centimètres. (ou de subdivisions si cela est nécessaire). L'épaisseur du métal est donné directement sur le nombre de centimètres correspondant au creux qui s'adapte le plus exactement sur la pièce.

On peut encore faire usage de compas à branches droites ou recourbées et d'équerres semblables aux compas et aux équerres d'ajusteur. De plus on peut avoir recours à des calibres dont les formes et les dimensions varient avec les pièces à confectionner. Tantôt ce sont des tôles découpées suivant les profils à donner, tantôt des fils de fer coudés et cintrés, etc.

Calorie ou **Unité de chaleur**. Prenons un kilogramme d'eau, et mettons le vase qui la contient dans la glace fondante ; un thermomètre plongé dans cette eau marquera au bout de quelque temps, la température de 0°. Otons le vase de dedans la glace et mettons-le près du feu ; l'eau va s'échauffer progressivement ; nous verrons le thermomètre monter. Quand il sera arrivé à 1 degré, l'eauau ra consommé une certaine quantité de chaleur ; c'est celle-là qu'on appelle calorie. La *calorie* est donc la quantité de chaleur nécessaire pour élever de un degré du thermomètre centigrade la température d'un kilogramme d'eau.

La *chaleur spécifique* ou la *capacité calorifique* d'un corps est la quantité de chaleur (nombre de calories) nécessaire pour élever de 0° à 1° la température d'un kilogramme de ce corps. C'est la chaleur spécifique de l'eau qui sert d'unité.

Came. La came (fig. 1) est une partie saillante *b* adaptée à un arbre tournant, et destinée à soulever le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mentonnet a d'un pilon ou d'un marteau qui retombe quand la came cesse de le soutenir. Le mouvement de l'arbre, l'espacement des cames et le levier du pilon ou du marteau, doivent être réglés de telle sorte que la chute soit terminée avant que la came suivante soit en prise avec le mentonnet

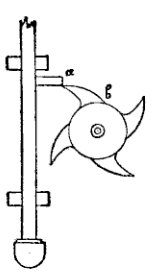


Fig. 1

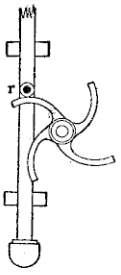


Fig. 2

On diminue les résistances en faisant passer la came à travers une fente pratiquée dans la tige du pilon (fig. 2) elle agit alors sur un rouleau *r*, mobile autour de son axe, ou bien on fait passer la tige du pilon entre deux cames jumelles, qui agissent sur une même traverse passée dans l'axe de la pièce. Ces diverses dispositions ont l'avantage d'éviter la poussée latérale exercée par la came sur le pilon et le frottement du pilon contre ses guides. Le mouvement rectiligne alternatif communiqué par une came, peut être intermittent ; le contour de la came présentera dans ce cas des parties concentriques à l'axe, correspondant aux périodes de repos ; on les appelle cames à ondes.

Si la tige peut parcourir deux ou plusieurs fois sa course pour un seul tour de l'arbre ; les cames prennent alors les noms de *cames doubles, cames triples*, etc.

Caoutchouc. Le caoutchouc se trouve dans le suc laiteux de plusieurs végétaux tels que le *siphonia*, le *jatropha elastica*, etc. Il provient le plus généralement de Java et de l'Amérique du Sud.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le caoutchouc s'obtient en pratiquant des incisions aux arbres par lesquelles s'écoule le suc qui est reçu sur des moules en argile sèche qui ont la forme d'une poire. Le liquide s'épaissit et forme des couches qui se soudent. Quand on juge la solidification suffisante on brise le moule et l'on obtient alors le caoutchouc brut. Le moulage se fait également sur une plaque de terre que le suc enveloppe.

Le caoutchouc ainsi obtenu est généralement de couleur brune, à l'état pur il est blanc et translucide, sa densité est de 0,925, entre 45° et 120° il devient agglutinatif, à 150° il devient visqueux, vers 200° il fond et à 230° il est huileux et très brun. Il est soluble notamment dans le sulfure de carbone lorsque ce dernier contient 6 à 8 centièmes d'alcool anhydre. Le caoutchouc se combine assez bien avec le soufre pourvu que la température soit d'environ 150° et même avec certains dissolvants, cette combinaison peut avoir lieu à froid. Le caoutchouc peut en se combinant avec le soufre, devenir sec, fragile, très dur et même acquérir une souplesse et une élasticité que les différentes températures ne peuvent changer, c'est alors qu'il porte le nom de caoutchouc vulcanisé et sous cette forme il ne craint plus ni les chaleurs tropicales, ni les froids polaires, aussi l'industrie, l'utilise-t-elle ainsi à un grand nombre d'usages.

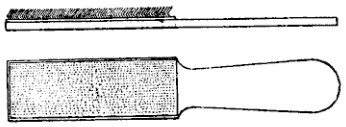
Les applications du caoutchouc sont très nombreuses en mécanique, on en fait : des courroies de transmission qui dans certains cas sont supérieures aux courroies en cuir, des clapets et des boulets pour pompes, des joints de vapeur, des lanières pour trous d'homme, des garnitures de presse-étoupes, des rondelles de niveau d'eau, etc., etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme isolant, en électricité pour les câbles, le caoutchouc est excellent et bien préférable à la gutta-percha.

Carde ou **Brosse à limes**. La carde est employée par tout ouvrier se servant de limes douces ou demi-douces pour les nettoyer.

La carde est clouée sur une planchette en bois de 45 millimètres de largeur environ sur 100 à 125 millimètres de longueur utile et munie d'un manche. Elle est construite en fil de fer très fin, tricoté sur du cuir tanné. Le cuir a environ 2 millimètres d'épaisseur et le fil de fer doit être très dur, élastique mais non cassant.

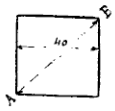


Carré. Pour obtenir la valeur de la diagonale AB d'un carré connaissant la valeur du côté il n'y a qu'à multiplier cette dernière par elle-même, doubler le résultat et extraire la racine carrée de la somme trouvée. Soit le côté = à 40, on a: (Voir *Racines)*

$$(40 \times 40) + (40 \times 40) = 3200$$

$$\sqrt{3200} = 3200$$

25	56,568
0700	5
636	106
06400	1125
5625	11306
077500	113128
67836	
0966400	
905024	
061376	



La valeur de la diagonale AB est donc 56,568

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un moyen plus simple consiste encore à diviser le côté du carré par le nombre 0,7071 seulement le résultat obtenu est moins juste que le précédent et ne peut servir à établir des opérations importantes, mais il est suffisant et plus simple en pratique.

Soit :

40000	0,7071
35355	56,569
046450	
42426	
040240	
35355	
048850	
42426	
064240	
63639	
00601	

Différence avec le résultat précédent :

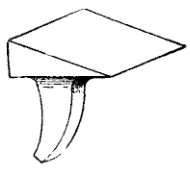
$$56{,}569 - 56{,}568 = 1 \text{ millième.}$$

La surface d'un carré s'évalue en multipliant son côté par lui-même. Soit :

$$40 \times 40 = 1600.$$

(*Voir* la table ci-contre).

Casse-fer. Le *casse-fer* est un outil composé d'un prisme triangulaire en fer ou en acier et muni d'une queue ou soie venue de forge et destinée à s'engager dans l'œil de l'enclume. Cet outil est utilisé à terminer le travail commencé avec la tranche à froid pendant l'opération de la coupe du fer.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Table des carrés, cubes, racines carrés et cubiques, circonférences et surfaces des cercles de la suite naturelle des nombres de 1 à 100.

Le diamètre d des cercles est pris $= \frac{1}{10}$ de ces nombres.

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$d = 0{,}1\,n$	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
0	0	0	0,0000	0,0000	**0,0**	0,000	0,0000
1	1	**1**	1,0000	1,0000	**0,1**	0,314	0,0079
2	**4**	8	1,4142	1,2599	**2**	0,628	0,0314
3	9	**27**	1,7321	1,4422	3	0,942	0,0707
4	16	64	2,0000	1,5874	**4**	1,257	0,1257
5	25	125	2,2361	1,7100	**5**	1,571	0,1964
6	36	216	2,4495	1,8171	**6**	1,885	0,2827
7	49	343	2,6458	1,9129	**7**	2,199	0,3848
8	64	512	2,8284	2,0000	**8**	2,513	0,5026
9	81	729	3,0000	2,0801	**9**	2,827	0,6362
10	100	1000	3,1623	2,1544	**1,0**	3,142	0,7854
11	121	1331	3,3166	2,2240	**1**	3,456	0,9503
12	144	1728	3,4641	2,2894	**2**	3,770	1,1310
13	169	2197	3,6056	2,3513	**3**	4,084	1,3273
14	196	2744	3,7417	2,4101	**4**	4,398	1,5394
15	225	3375	3,8730	2,4662	**5**	4,712	1,7671
16	256	4096	4,0000	2,5198	6	5,027	2,0106
17	289	4913	4,1231	2,5713	7	5,341	2,2698
18	324	5832	4,2426	2,6207	8	5,655	2,5447
19	361	6859	4,3589	2,6684	9	5,969	2,8353
20	400	8000	4,4721	2,7144	**2,0**	6,283	3,1416
21	441	9261	4,5826	2,7589	1	6,597	3,4636
22	484	10648	4,6904	2,8020	2	6,912	3,8013
23	529	12167	4,7958	2,8439	3	7,226	4,1548
24	576	13824	4,8990	2,8845	4	7,540	4,5239
25	625	15625	5,0000	2,9240	5	7,854	4,9087
26	676	17576	5,0990	2,9625	6	8,168	5,3093
27	729	19683	5,1962	3,0000	7	8,482	5,7256
28	784	21952	5,2915	3,0366	8	8,796	6,1575
29	841	24389	5,3852	3,0723	9	9,111	6,6052
30	900	27000	5,4772	3,1072	**3,0**	9,425	7,0686
31	961	29791	5,5678	3,1414	1	9,739	7,5477
32	1024	32768	5,6569	3,1748	2	10,05	8,0425
33	1089	35937	5,7446	3,2075	3	10,37	8,5530
34	1156	39304	5,8310	3,2396	4	10,68	9,0792
35	1225	42875	5,9161	3,2711	5	11,00	9,6211
36	1296	46656	6,0000	3,3019	6	11,31	10,1790
37	1369	50653	6,0828	3,3322	7	11,62	10,752
38	1444	54872	6,1644	3,3620	8	11,94	11,341
39	1521	59319	6,2450	3,3912	9	12,25	11,946
40	1600	64000	6,3246	3,4200	**4,0**	12,57	12,566
41	1681	68921	6,4031	3,4482	1	12,88	13,203
42	1764	74088	6,4807	3,4760	2	13,19	13,854
43	1849	79507	6,5574	3,5034	3	13,51	14,522
44	1936	85184	6,6332	3,5303	4	13,82	15,205
45	2025	91125	6,7082	3,55	**5**	14,14	15,904

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	d = 0,1 n	πd	$\frac{1}{4}\pi d^2$
46	2116	97336	6,7823	3,5830	6	14,45	16,619
47	2209	103823	6,8557	3,6088	7	14,77	17,349
48	2304	110592	6,9282	3,6342	8	15,08	18,096
49	2401	117649	7,0000	3,6593	9	15,39	18,857
50	2500	125000	7,0711	3,6840	**5,0**	15,71	19,635
51	2601	132651	7,1414	3,7084	1	16,02	20,428
52	2704	140608	7,2111	3,7325	2	16,34	21,237
53	2809	148877	7,2801	3,7563	3	16,65	22,062
54	2916	157464	7,3485	3,7798	4	16,96	22,902
55	3025	166375	7,4162	3,8030	5	17,28	23,758
56	3136	175616	7,4833	3,8259	6	17,59	24,630
57	3249	185193	7,5498	3,8485	7	17,91	25,518
58	3364	195112	7,6158	3,8709	8	18,22	26,421
59	3481	205379	7,6811	3,8930	9	18,54	27,340
60	3600	216000	7,7460	3,9149	**6,0**	18,85	28,274
61	3721	226981	7,8102	3,9365	1	19,16	29,225
62	3844	238328	7,8740	3,9579	2	19,48	30,191
63	3969	250047	7,9373	3,9791	3	19,79	31,172
64	4096	262144	8,0000	4,0000	4	20,11	32,170
65	4225	274625	8,0623	4,0207	5	20,42	33,183
66	4356	287496	8,1240	4,0412	6	20,73	34,212
67	4489	300763	8,1854	4,0615	7	21,05	35,257
68	4624	314432	8,2462	4,0817	8	21,36	36,317
69	4761	328509	8,3066	4,1016	9	21,68	37,393
70	4900	343000	8,3666	4,1213	**7,0**	21,99	38,485
71	5041	357911	8,4261	4,1408	1	22,31	39,592
72	5184	373248	8,4853	4,1602	2	22,62	40,715
73	5329	389017	8,5440	4,1793	3	22,93	41,854
74	5476	405224	8,6023	4,1983	4	23,25	43,008
75	5625	421875	8,6603	4,2172	5	23,56	44,179
76	5776	438976	8,7178	4,2358	6	23,88	45,365
77	5929	456533	8,7750	4,2543	7	24,19	46,566
78	6084	474552	8,8318	4,2727	8	24,50	47,784
79	6241	493039	8,8882	4,2908	9	24,82	49,017
80	6400	512000	8,9443	4,3089	**8,0**	25,13	50,265
81	6561	531441	9,0000	4,3267	1	25,45	51,530
82	6724	551368	9,0554	4,3445	2	25,76	52,810
83	6889	571787	9,1104	4,3621	3	26,08	54,106
84	7056	592704	9,1652	4,3795	4	26,39	55,418
85	7225	614125	9,2195	4,3968	5	26,70	56,745
86	7396	636056	9,2736	4,4140	6	27,02	58,088
87	7569	658503	9,3274	4,4310	7	27,33	59,447
88	7744	681472	9,3808	4,4480	8	27,65	60,821
89	7921	704969	9,4340	4,4647	9	27,96	62,211
90	8100	729000	9,4868	4,4814	**9,0**	28,27	63,617
91	8281	753571	9,5394	4,4979	1	28,59	65,039
92	8464	778688	9,5917	4,5144	2	28,90	66,476
93	8649	804357	9,6437	4,5307	3	29,22	67,929
94	8836	830584	9,6954	4,5468	4	29,53	69,398
95	9025	857375	9,7468	4,5629	5	29,85	70,882
96	9216	884736	9,7980	4,5789	6	30,16	72,382
97	9109	912673	9,8489	4,5947	7	30,47	73,898
98	9604	941192	9,8995	4,6104	8	30,79	75,430
99	9801	970299	9,9499	4,6261	9	31,10	76,977
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	**10,0**	31,42	78,540

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cément. On désigne sous le nom de cément les matières qui servent à cémenter (c'est-à-dire à tremper en paquet). Les plus usités sont : la suie de bois, le prussiate, le sang séché, le cuir, le sel ammoniac, la corne, le sel gris, les os, etc.

La suie qui sert à cémenter doit provenir du bois vert ou de racines, celle qui est en poussière ou en motte ne vaut généralement rien, elle contient toujours des matières étrangères impropres à une bonne cémentation. Pour s'en convaincre, il n'y à qu'à chauffer de la suie à essayer, dans un récipient à air libre, sur le feu, aussitôt elle se gonfle et devient en bulles grasses. Cela fait, on la dépose sur une partie propre et alors il est facile de voir que tout ce qui n'est pas suie, est sec et en poussière. La preuve là est donc indiscutable.

Cémentation, voir *Trempe.*

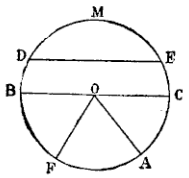
Centre de gravité. Le centre de gravité est un point tel que toutes les attractions de la terre sur chaque molécule peuvent être remplacées par une attraction totale et unique appliquée en ce point. Il est au centre même de la figure quand le corps est homogène. Ainsi le centre de gravité d'une sphère de bois, de plomb, etc., est au centre même de la figure.

Mais si le corps est composé de deux parties, comme serait une sphère moitié bois, moitié plomb, les molécules du plomb étant plus nombreuses que les molécules du bois le centre de gravité ne sera plus au centre de la figure, mais sera reporté du côté du plomb.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cercle et circonférence. On appelle cercle la surface plane entièrement limitée par la circonférence et circonférence de cercle une courbe dont tous les points sont également distants d'un point intérieur appelé centre.

On appelle rayon, toute ligne droite qui va du centre à la circonférence.



Exemple : OA, OF

On appelle diamètre toute droite qui joint deux points de la circonférence en passant par le centre. *Exemple :* BOC.

Un diamètre divise la circonférence en deux parties égales. Un diamètre égal deux rayons.

On appelle arc une partie déterminée de la circonférence.

Exemple : DME

On appelle corde la droite qui joint les extrémités de l'arc.

Exemple : DE

La circonférence d'un cercle se divise en 360 parties égales qu'on appelle degrés, le degré en 60 minutes, la minute en 60 secondes, qui se désignent ainsi : °, ', ",

Exemple : 30 degrés 17 minutes 52 secondes s'écrivent ;

30° 17' 52"

Deux rayons qui vont aux extrémités d'un arc d'un degré font un angle d'un degré.

Deux diamètres perpendiculaires partagent la circonférence en quatre parties égales nommées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quadrants de 90° chacune. L'angle droit vaut donc 90°, c'est-à-dire 90 angles d'un degré.

Pour trouver la longueur d'une circonférence on multiplie son diamètre par π dont la valeur est 3,1416.

Exemple : Soit BC = 10 ; la longueur de la circonférence sera égale à $10 \times 3{,}1416 = 31{,}416$.

Pour obtenir la longueur du diamètre connaissant la longueur de la circonférence, on divise cette dernière par π ou 3,1416.

Exemple : $\mathrm{BC} = \frac{31{,}416}{3{,}1416} = 10.$

Céruse. Le blanc de céruse ou carbonate de plomb est d'un grand usage dans la peinture pour les fonds blancs, son mélange avec les autres couleurs leur communique la propriété de mieux couvrir. Il est également très employé pour la préparation des joints. On le mélange au minium et on en imprègne également la filasse et les tresses.

Chaînes. On distingue 3 espèces de chaînes, d'un usage courant, ce sont : 1° Les chaînes *plates*

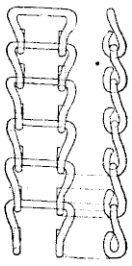


Fig. 1

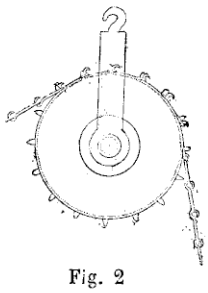


Fig. 2

à mailles régulières et non soudées; elles sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

flexibles seulement dans deux sens opposés, elles remplacent les courroies, les câbles ou les cordes pour les communications du mouvement.

L'invention des chaînes de ce genre est due à notre célèbre mécanicien *Vaucanson*, celle représentée par la figure 1 se nomme *chaîne de Vaucanson* et la figure 2 en représente le montage sur une poulie.

La chaîne représentée par la figure 3 est composée de chaînons qui portent chacun une dent; ces dents se logent dans des creux pratiqués sur la gorge de la poulie.

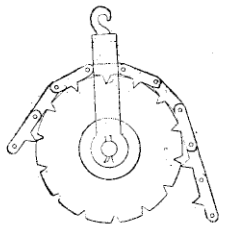


Fig. 3

On fait encore d'autres chaînes non soudées qui s'assemblent avec des goupilles rivées ou des boulons; telles sont les chaînes des dragueuses, des chapelets, des norias, etc.

La figure 4 représente la chaîne *Galle* composée tout simplement de plaques rivées qui peuvent être disposées pour engrener avec des dents pratiquées sur la poulie que l'on désigne alors sous le nom de *hérisson*. L'emploi de cette dernière est excellent pour les appareils de levage, les entraînements dans les machines à travailler les bois, etc.

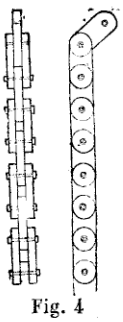


Fig. 4

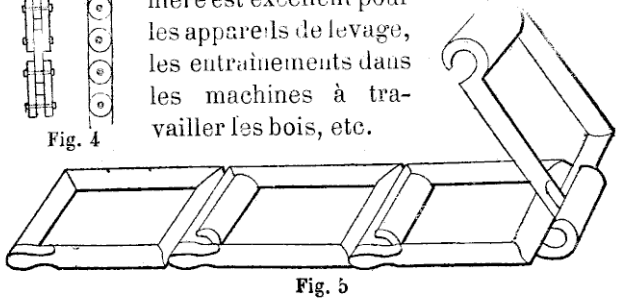


Fig. 5

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Est encore à citer la chaîne à maillons *Ewart* (fig.5).

Dans cette chaîne, les maillons sont le plus souvent rectangulaires, ils possèdent 3 côtés cylindriques et le quatrième forme crochet.

Le maillon est entaillé sur un de ses côtés, à l'angle formé par la traverse opposée au crochet ; ce qui donne la facilité de faire glisser dans le crochet d'un maillon la partie cylindrique de l'autre. De cette façon par un simple démontage il est facile d'allonger ou de raccourcir la chaîne à volonté.

La chaîne Ewart est en fonte malléable, tous les maillons sont calibrés et sa vitesse peut atteindre 4 mètres par seconde.

Non seulement la chaîne Ewart peut remplacer les courroies dans certains cas, mais elle peut se croiser pour donner le mouvement inverse si l'écartement entre deux arbres est assez grand.

Toutes les chaînes que nous venons de voir ne donnent la transmission que pour 2 arbres parallèles, mais si l'on a une ou plusieurs transmissions perpendiculaires à obtenir sur le chemin de la

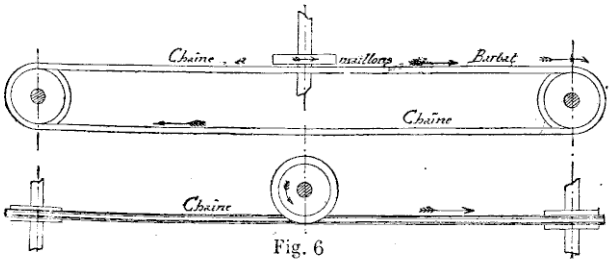


Fig. 6

chaîne comme l'indique la figure 6, on peut employer la chaîne à maillons *Barbat*, dont je ne donne pas ici la description détaillée.

2° Les chaînes à *mailles soudées longues* ou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

courtes (fig. 7 et 8) qui se composent d'anneaux en fer rond préparés sur un mandrin, et soudés ensuite en une seule chaude, après avoir été au préalable passés dans l'anneau précédemment soudé.

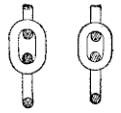


Fig. 7 Fig. 8

La soudure se prépare et se fait comme à l'ordinaire, elle s'exécute sur la pointe arrondie d'une bigorne et en une seule chaude.

3° La chaîne désignée sous le nom de chaîne à mailles *étançonnées*, lesquelles offrent en tous sens une grande résistance à tout changement de forme est représentée par la figure 9. Cette chaîne possède encore l'avantage que ses mailles ne peuvent s'embrouiller ni se rassembler en paquet.



Fig. 9

Pour l'assemblage des extrémités des chaînes, la disposition représentée par la fig. 10 est la plus employée.

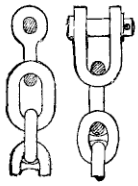


Fig. 10

Les chaînes doivent être essayées au moins au double de l'effort qu'elles sont appelées à supporter, mais comme cet effort est souvent variable et difficile à déterminer d'une façon à peu près précise, tel est le cas des chaînes de marine par exemple, alors on les calcule pour leur charge d'épreuve.

Chaleur. La chaleur est la source de force la plus générale et la plus importante ; c'est elle qui, par la vaporisation est la cause des chutes d'eau, c'est elle qui est la cause du travail de l'homme dont la respiration est une véritable combustion·

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Elle est la cause de l'augmentation de grosseur des corps et par conséquent de la diminution de leur poids en considérant le volume initial.

Chaleur spécifique (voir *Calorie*).

Chasse. La chasse qui n'est pour ainsi dire qu'un marteau sans panne sert à parer le fer, l'acier, etc., c'est-à-dire à en régulariser les surfaces. Elle se confectionne sous différentes formes (fig. 1 et 2) soit en fer aciéré, soit en acier. Elle ne doit pas être trempée sec, et même certains ouvriers ne la trempe pas du tout. En tout cas il faut avoir bien soin de se garder d'en tremper l'œil et la tête.

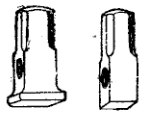


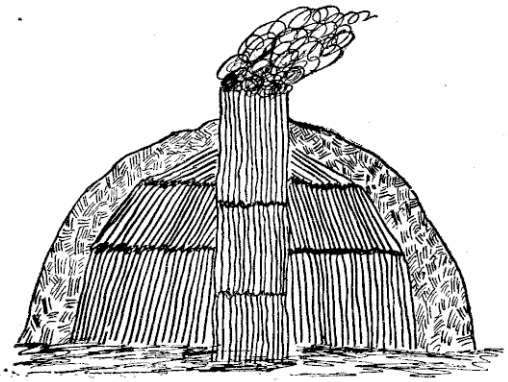
Fig. 1 Fig. 2

Charbons. Le *charbon de bois* provient de la carbonisation du bois, brûlé sans air pendant un certain laps de temps.

Dans l'endroit même où le bois se coupe, sur une aire bien dressée et bien battue, on construit, avec quelques grosses bûches plantées verticalement, une espèce de conduit central de 25 à 30 centimètres de largeur, destiné à faire l'office de cheminée. Autour de ce conduit central on dispose les bûches à carboniser, en leur donnant une légère inclinaison de dehors en dedans ; lorsque dans ce premier lit, la meule a atteint une largeur convenable (5 à 8 mètres environ), on dispose de la même manière un second étage, puis un troisième, en augmentant l'inclinaison des buches vers l'intérieur et en réduisant le diamètre, de manière à donner à l'ensemble une forme à peu près hémisphérique. A la base de distance en distance on ménage des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

évents pour faciliter l'accès de l'air. On recouvre le tout de fraisil (vulgairement frasier) et on met par dessus des plaques de gazon, l'herbe en dedans. On met le feu à la meule, en jetant dans la cheminée du menu bois et du charbon embrasé. Lorsque le centre du tas est bien en feu, on bouche la cheminée, et on perce des évents de dégagements dans la couverture, autour de la cheminée en allant successivement du sommet vers la base.



En premier lieu la fumée qui s'en dégage est blanche et épaisse, puis lorsqu'elle devient d'un bleu clair on bouche les évents au fur et à mesure. Lorsque toutes les ouvertures sont bouchées on recouvre la meule avec de la terre humide, on arrose au besoin pour empêcher tout accès d'air et on laisse refroidir pendant plusieurs jours avant de démonter.

Dans les opérations de ce genre on a deux écueils à éviter : si la carbonisation n'est pas assez complète, on a beaucoup de fumerons dans le charbon, si le feu a été trop longtemps prolongé on a brûlé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en pure perte une partie du charbon. Il faut une grande habitude pour se tenir dans de justes limites entre les deux points extrêmes.

La *houille*, l'*anthracite*, le *lignite*, la *tourbe* sont divers combustibles constituant autant de variétés de charbon dans les couches du sol.

La *houille* vulgairement appelée *charbon de terre* brûle avec flamme, fumée noire et odeur bitumineuse, il y en a de quatre sortes d'après ses applications : 1° La houille *grasse dure* qui est employée pour la fabrication du *coke*, elle est fort recherchée pour les hauts-fourneaux, c'est la plus estimée pour les opérations métallurgiques qui demandent un feu vif et soutenu.

2° La houille *maréchale* qui est d'un beau noir, mais ordinairement très fragile, elle est employée pour la forge et le chauffage des fours à réverbère à haute température.

3° La houille *grasse à longue flamme*, convient parfaitement pour la fabrication du gaz d'éclairage, pour les fourneaux à réverbère, lorsqu'il s'agit de donner un coup de feu très vif et pour le chauffage domestique.

4° La houille *maigre à longue flamme* dont la température de combustion est bien inférieure aux précédentes. Pour les opérations métallurgiques, elle convient peu, mais pour le chauffage des chaudières, elle est suffisante, son coke est à peine fritté et n'a pas de consistance.

L'*anthracite* est compacte, d'un noir brillant et ne brûle qu'à une température très élevée mais alors il produit une chaleur très intense.

Le *lignite* a l'aspect de la houille mais est loin d'avoir l'avantage de cette dernière comme combustible.

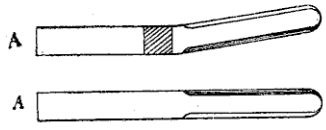
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin la *tourbe* est une matière brune qui se forme encore de nos jours dans les bas-fonds marécageux par l'accumulation et l'altération de diverses plantes. Elle brûle facilement avec ou sans flamme.

On donne encore le nom d'*agglomérés*, *briquettes* à une espèce de charbon qui se fabrique, soit en mélangeant intimement des houilles grasses et des houilles maigres en proportions convenables, qu'on moule ensuite par pression, en mêlant, si l'on veut, des *menus* pulvérulents avec des matières goudronneuses provenant de la fabrication du gaz d'éclairage, en comprimant fortement le mélange dans les moules et en desséchant ensuite. Souvent même, au lieu d'une simple dessiccation à l'air chaud, on chauffe les briquettes jusqu'au rouge sombre pour leur donner plus de consistance.

On en voit des monceaux considérables dans toutes les gares importantes de nos chemins de fer.

Chasse-clavette. Le chasse-clavette appelé encore chasse-clé est un outil à l'aide duquel il est facile de caler ou de décaler les pièces montées telles que poulies, roues d'engrenage, volants, manchons d'accouplement, etc.



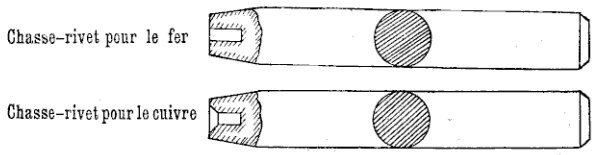
Le chasse-clavette doit-être en acier fondu, trempé pas trop sec à son extrémité A, et de plus petite dimension que les rainures dans lesquelles il doit servir; il peut être droit ou recourbé et sa longueur variable selon l'usage auquel il est destiné.

Chasse-rivet. Le chasse-rivet sert à rapprocher l'une de l'autre, la tête d'un rivet et les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

différentes épaisseurs de métal qui doivent être maintenues serrées au moyen de la confection d'une seconde tête faite à l'autre extrémité de ce même rivet.

Le chasse-rivet peut être rond ou octogone, mais toujours en acier fondu; son extrémité doit être trempée gorge de pigeon pour le fer et bleu pour le cuivre.



Cet outil est spécialement employé dans les ateliers de petite chaudronnerie et de construction de bateaux.

Chaudière. La chaudière est l'appareil générateur de la vapeur. Si la chaudière n'est pas la partie la plus originale, la plus curieuse d'une machine à vapeur, du moins c'est la plus importante, celle qui peut-être exige le plus de science dans les devis, la construction et l'installation, le plus de soin et de surveillance dans le fonctionnement et dans l'entretien. N'est-ce pas dans son sein que s'élabore la force motrice, la puissance élastique de la vapeur, dont la source première est cachée dans cette masse noire que l'on appelle un morceau de charbon?

Cette houille que craignent souvent de toucher des mains délicates, communique sa chaleur à l'eau, et celle-ci devenue vapeur va précipiter ses atomes contre les parois mobiles de l'enceinte où elle est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

emprisonnée. Rien de plus simple donc à définir que la chaudière ou le générateur de vapeur.

Les formes de générateurs sont si nombreuses que je ne chercherai pas même à les énumérer toutes, je me bornerai aux principaux types,

La chaudière la plus généralement adoptée est la chaudière à bouilleurs extérieurs, montée et encaissée pour ainsi dire dans la maçonnerie. La partie métallique se compose du corps cylindrique B (fig. 1) réuni à deux bouilleurs (corps cylindriques de plus petit diamètre) CC par des communications ou jambettes. Souvent les bouilleurs inférieurs sont remplacés par un grand

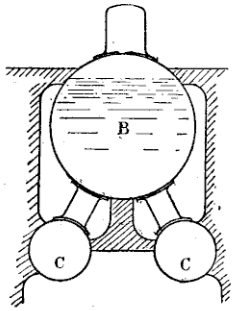
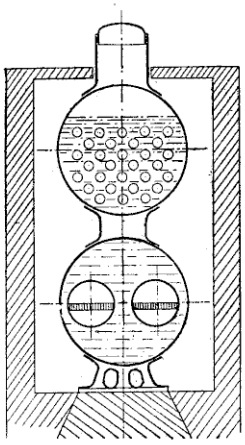


Fig. 1


Fig. 2

corps cylindrique (fig. 2) qui contient un ou deux foyers, et le corps cylindrique supérieur contient une grande quantité de tubes destinés à augmenter la surface de chauffe dans de notables proportions.

Le montage le plus ordinaire de la chaudière

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à bouilleurs se fait comme l'indique la figure 3.

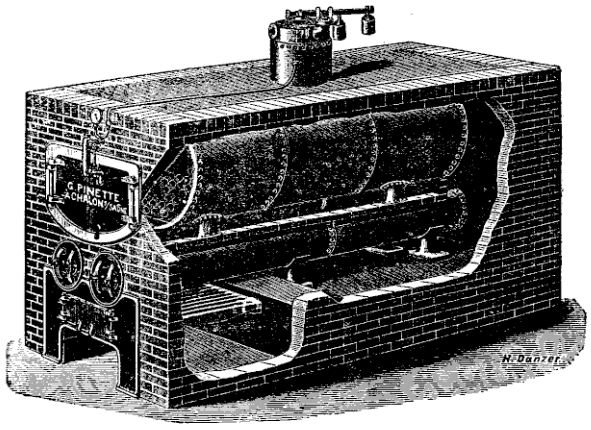


Fig. 3

La chaudière Fairbairn (fig. 4) consiste en un grand cylindre avec un ou deux tubes intérieurs, contenant chacun un foyer. Elle présente une grande surface de chauffe, et les tubes qui sont rivés aux deux fonds plats de la chaudière augmente considérablement la résistance de ces faces.

Chaudière Fairbairn

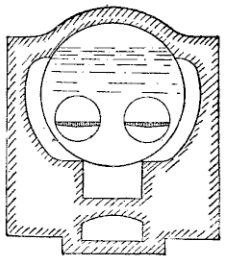


Fig. 4

Les chaudières-locomobiles sont tubulaires et se font avec des tubes fixes ou démontables. L'invention de la chaudière tubulaire date de 1827 elle est due à Marc Séguin l'aîné. La figure 5 représente le type le plus usité et comme les tubes sont plus longs que dans les chaudières verticales, on a une meilleure utilisation du combustible. Cette chaudière est

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

formée d'un corps vertical et d'un foyer, et a en plus une partie horizontale qui vient se fixer au corps vertical. Le fond de la partie horizontale et la plaque de foyer qui lui fait face sont percés de trous dans lesquels se posent les tubes qui sont alors enveloppés d'eau.

Chaudière-locomobile

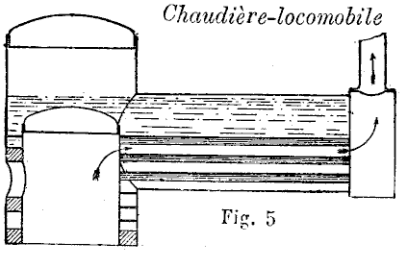


Fig. 5

Un autre type de chaudière-locomobile est celui représenté par la figure 6. Cette chaudière qui est à foyer amovible c'est-à-dire démontable a beaucoup d'analogie avec celles verticales ; elle est faite en deux parties séparées, réunies par deux joints à boulons, ce qui a pour but de supprimer le démontage partiel des tubes.

Chaudière-locomobile

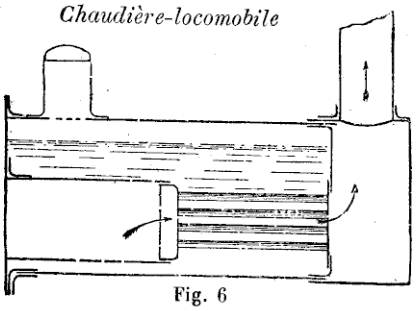


Fig. 6

La chaudière des locomotives (fig. 7), est composée de deux parties principales, l'une située à l'arrière et de forme rectangulaire, renferme le foyer ; l'autre, le corps cylindrique, contient deux capacités distinctes, dans sa moitié inférieure sont logés les tubes, la moitié supérieure est le réservoir de vapeur avec un dôme duquel part la vapeur qui se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rend aux cylindres de la machine. A l'avant du générateur, se trouve la boîte à fumée dans laquelle viennent déboucher les tubes fixés sur la plaque avant de la boîte à feu et sur la plaque tubulaire de la boîte à fumée.

Chaudière-locomotive

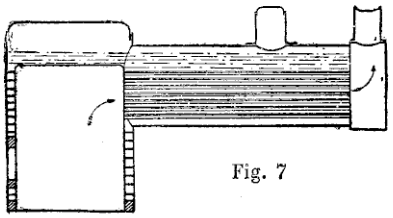


Fig. 7

Comme chaudière verticale, la plus simple est celle qui se compose d'un foyer cylindrique en tôle et d'une enveloppe également en tôle. Une ouverture est pratiquée dans le foyer et dans l'enveloppe pour le passage de la cheminée. La chaudière verticale à bouilleurs intérieurs (fig. 8) diffère de la

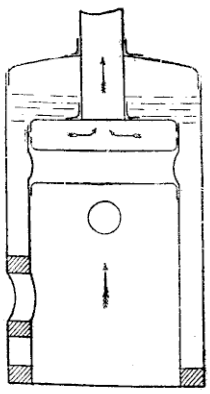


Fig. 8

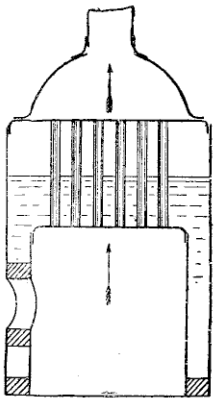


Fig. 9

précédente en ce qu'il y a des bouilleurs transversaux rivés dans le foyer et qui ont pour but de diviser la masse d'eau à vaporiser, d'obtenir une plus grande surface de chauffe et une meilleure utilisation du combustible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les chaudières verticales tubulaires ont été construites (fig. 9) pour diviser l'eau à vaporiser d'une manière plus efficace que les bouilleurs transversaux. Ce type donne dans de petites dimensions, une surface d'autant plus grande que les tubes sont plus petits et en plus grand nombre.

En cas de coup de feu, c'est-à-dire de chauffage sans eau au-dessus du foyer, les tubes brûlent plus facilement que la tôle épaisse.

Une autre disposition de la chaudière tubulaire (fig. 10) consiste à mettre à même dans le foyer, des tubes fermés à la partie inférieure, et fixés à la partie supérieure au fond ou plaque à tubes du foyer.

La disposition la plus employée porte le nom de son inventeur *Perkins*, modifiée par *Field* (fig. 11). Dans cette disposition, le tube qui descend dans le foyer est fixé à la plaque à tubes, rivé ou posé en serre et soudé à sa partie inférieure.

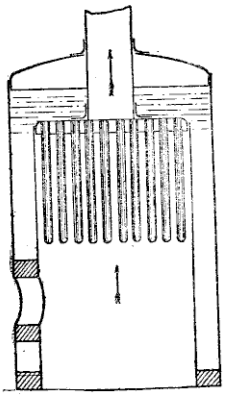


Fig. 10



Fig. 11

A l'intérieur descend une autre petit tube qui vient déboucher à 5 ou 6 centimètres du fond du grand tube et terminé à sa partie supérieure (fig. 11) par un entonnoir qui dépasse le bord du grand tube. En marche, l'eau descend par l'entonnoir du petit tube et remonte tout autour de celui-ci dans le grand avec la vapeur qui se forme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Je ne m'étendrai pas sur la disposition Girard qui ne diffère de la précédente qu'en ce qu'au lieu d'un tube à entonnoir, il remplace ce dernier par un tube droit.

Deux mots en passant sur les tubes *Bérendorff*, lesquels portent à chaque bout, une bague soudée extérieurement et tournée en cône très aigu. Les deux cônes sont dans le même sens et d'un diamètre assez différent pour que le tube puisse s'introduire par l'une des plaques. Malgré tout le soin apporté à leur mise en place, ces tubes laissent souvent à désirer par leur expulsion facile. Leur seul avantage, c'est de pouvoir les enlever assez commodément pour les débarrasser du tartre qui les recouvre à l'extérieur.

Dans la chaudière tubulaire marine la plus ordinaire, qui est en même temps une chaudière à retour de flammes (fig. 12), les gaz du foyer passent dans

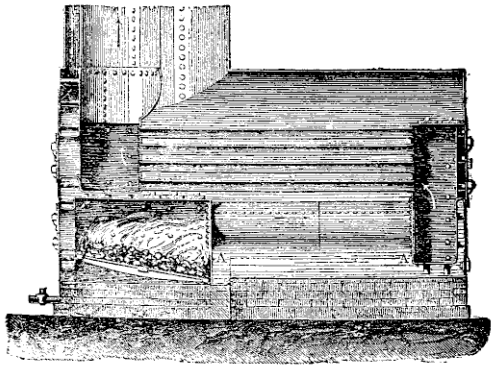


Fig. 12

un ou deux cylindres A, se réfléchissent sur le fond et reviennent par les conduits tubulaires dans la cheminée où ils s'échappent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un autre type de chaudière marine, est celui

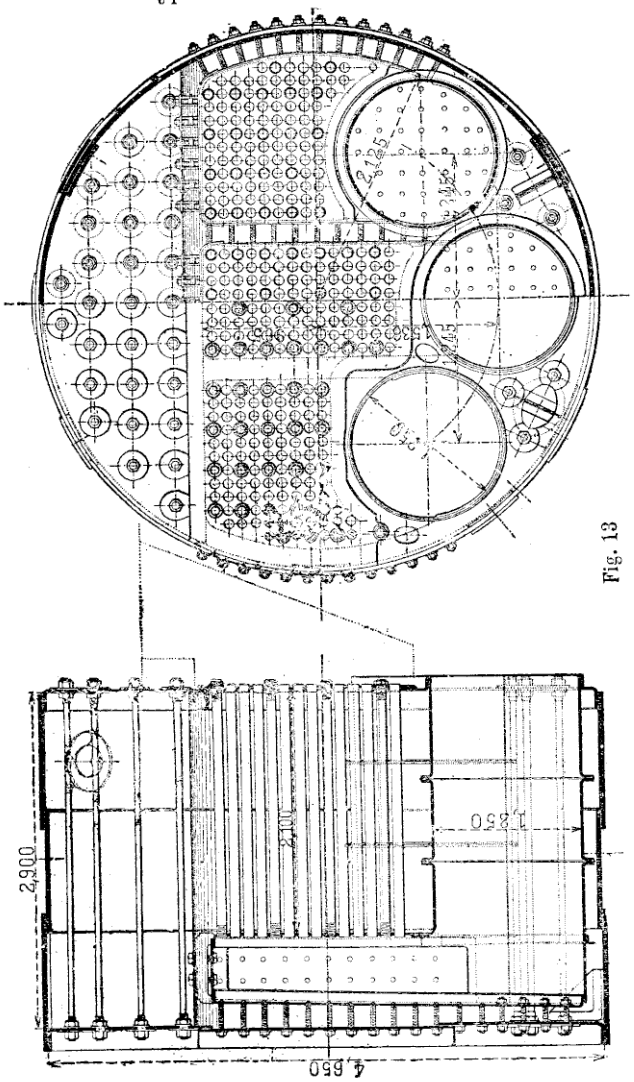


Fig. 13

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

représenté par la figure 13 et qui est employé sur les nouveaux paquebots transatlantiques.

Cette chaudière possède 328 tubes et 3 foyers. Chaque foyer à sa boite à feu et son tubage séparé pour faciliter les réparations.

On fait également des chaudières doubles, lesquelles renferment deux séries de foyer dos à dos, une sur chaque fond. Dans ce cas, il faut alors deux cheminées et deux chaufferies, mais l'ensemble du générateur pèse moins.

Sur quelques navires, particulièrement sur les croiseurs à grande vitesse, on emploie des chaudières à tubes directs, type de l'Amirauté (fig. 14), ces générateurs possèdent deux foyers et une arche en briques réfractaires, située au milieu de la chambre de combustion.

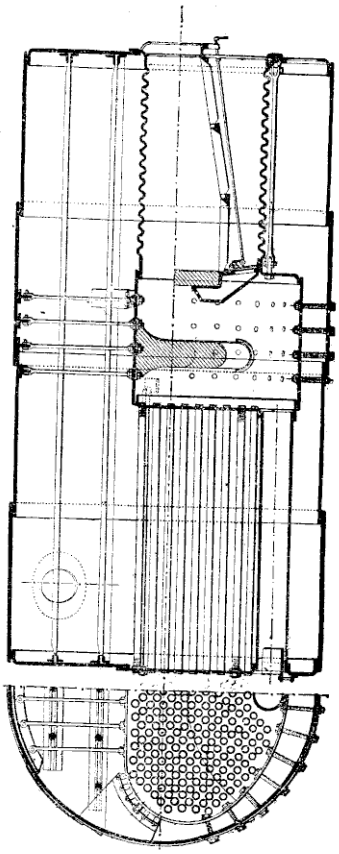


Fig. 14

Dans ce type de générateur, il faut que, les foyers ou la chambre de combustion soient faits en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tôle ondulée de façon à compenser les dilatations longitudinales des tubes. (Voir L.-A. Barré, *Notes et Formules de l'Ingénieur et du Constructeur*).

Les chaudières à foyer amovible offrent des avantages de plus d'un genre, notamment celui d'un nettoyage rapide et la facilité d'enlever les incrustations *(travail le plus généralement fait avec peu de conscience et qui doit être de longue haleine pour être exécuté dans de bonnes conditions)*, seulement il faut toujours avoir soin d'en faire opérer le remontage par des hommes habiles.

Pour les chaudières à circulation d'eau, formées de tubes où l'on introduit continuellement et successivement l'eau qui se vaporise presque instantanément, retenons-en une qui nous montrera comment on peut construire des générateurs pour ainsi dire rendus inexplosibles par ce fait, que l'eau aussitôt introduite est immédiatement réduite en vapeur ; c'est la chaudière à circulation Belleville.

Pour ces chaudières, il est intéressant de savoir que c'est, il y a environ 40 ans que M. Belleville commença ses recherches ayant pour objet le remplacement des chaudières à vapeur anciennes par des générateurs donnant contre les explosions des gaz, certaine sécurité et pour la production des garanties sérieuses.

M. Belleville débuta en 1850 dans un premier brevet, par un appareil dit à vaporisation instantanée mais au point de vue pratique il possédait de sérieux inconvénients. Les longues années de recherches et d'application que M. Belleville employa avec tant de succès en partant du point précédent le conduisirent à obtenir le générateur dernier modèle représenté en coupe longitudinale par la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

figure 15 qui est non pas un type marquant une idée nouvelle mais bien un appareil final.

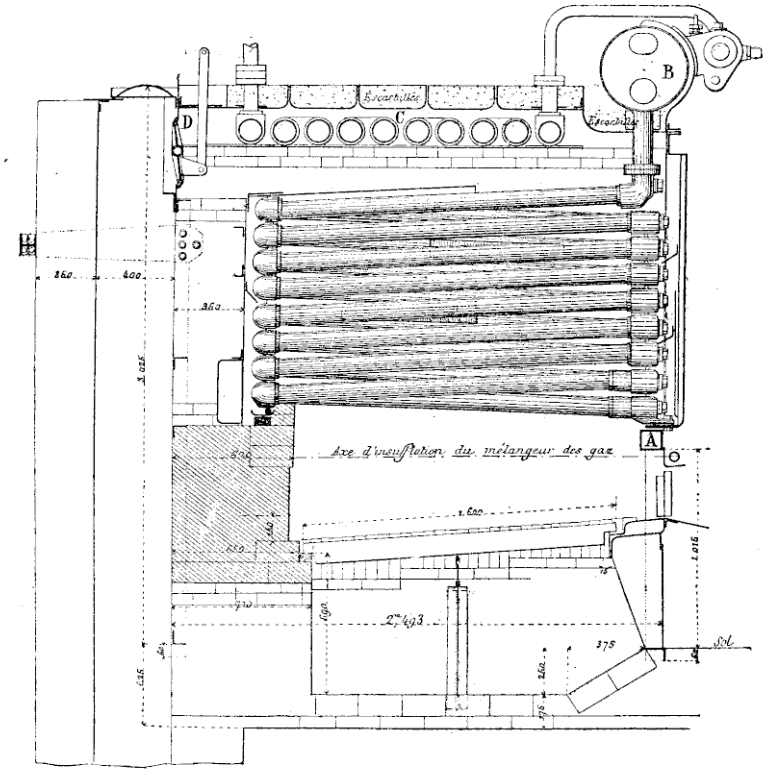


Fig. 15

Dans ce générateur la jonction entre les divers tubes d'un même élément, se fait au moyen de boîtes de raccord isolées et indépendantes. Les tubes sont en communication à leur partie inférieure avec un collecteur d'eau A, à leur partie supérieure ils

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

viennent déboucher dans un collecteur de vapeur B, qui est traversé par un conduit qui reçoit l'eau d'alimentation.

Un sécheur de vapeur C composé de tubes horizontaux qui sont placés sous la couverture du générateur forment une seule circulation.

L'alimentation se fait automatiquement et le niveau de l'eau est toujours constant, quelle que soit la marche de la chaudière.

Le registre D fonctionne automatiquement suivant les variations de pression du générateur. Les grilles du foyer dont le nettoyage est très facile sont composées de barreaux en fer accouplés, formant des ondulations trapézoïdales, qui sont d'un effet très précieux dans l'égale répartition de l'air sur la surface de la grille.

Ce type de générateur inexplosible (par la raison que l'explosion ne peut se produire que par la rupture d'un tube ou la projection d'une boîte d'accouplement ayant pour seul effet d'éteindre le feu) que j'ai été chargé d'examiner et pour lequel j'ai été obligé de donner mon avis théoriquement dans bien des circonstances et directement et à pied d'œuvre au point de vue pratique, a toujours été bien considéré par moi sous tous les rapports, sans jamais avoir été contre-carré dans mes appréciations.

Les applications du générateur Belleville sont nombreuses, je citerai au hasard les plus importantes : 6 générateurs sur l'aviso de 1000 chevaux le *Voltigeur*, 12 générateurs sur le croiseur de 3800 chevaux le *Milan*, 8 générateurs sur le croiseur de 2100 chevaux le *Rigault-de-Genouilly*, 18 générateurs sur la frégate cuirassée de 6000 che-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vaux le *Minime* de la Marine impériale russe, 20 générateurs de 7000 chevaux sur l'*Australien* de la Compagnie des Messageries maritimes, et bien d'autres dont l'énumération serait trop longue.

A terre on peut encore remarquer les installations de la Manufacture d'armes de Saint-Etienne, de la Poudrerie du Moulin-blanc, de l'Hôtel-des-Postes, des Manufactures de Tabac de Dijon, Bordeaux, etc., des théâtres du grand Opéra, de la

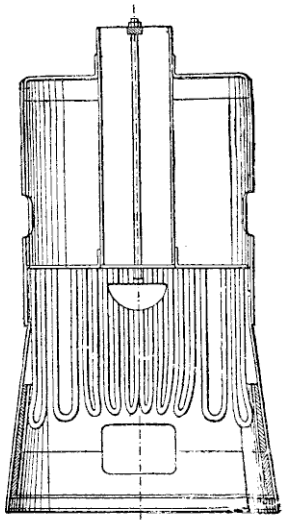


Fig. 16

Comédie française, du Châtelet, etc. L'Amirauté anglaise même en fait des commandes c'est donc assez dire que l'Étranger lui-même sait en apprécier la valeur ce qui fait honneur à notre industrie nationale et par conséquent à nos ingénieurs. En un mot, les applications en sont universellement répandues et ce système de générateur peut servir pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des pressions très élevées 8 à 12 atmosphères et sa mise en pression est pour ainsi dire immédiate.

Regrettant de ne pouvoir donner sur ce livre une description de chacun des générateurs ci-après, ce qui m'entraînerait trop loin, mais qui cependant peuvent être classés dans les bons parmi la grande quantité, je citerai seulement comme mémoire :

1° Pour les chaudières verticales ceux de MM. Pinette; Thirion (fig. 16) à tubes en U; Hermann-

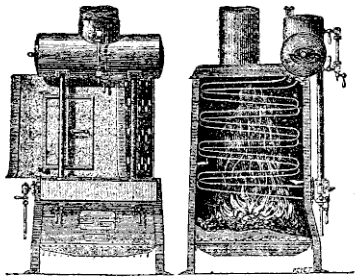


Fig. 17

Lachapelle; Dutemple (fig. 17) dans laquelle les tubes sont en acier étiré d'un diamètre de 5 à 17 millimètres suivant l'importance du générateur, et ils sont disposés en deux faisceaux formant le serpentin, ce qui a l'avantage d'offrir une grande surface de chauffe; Rikkers; Colombier; Ruyter; Champaux; Basiliades; Baxter; etc., etc.

2° Pour les chaudières horizontales, ceux de MM. Thomas et Laurens; Duchesne, à retour de flamme; Farcot; de la Compagnie de Fives-Lille; Dulac; Girard; Galloway; etc., etc.

3° Pour les chaudières mixtes c'est-à-dire com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

posées d'un corps cylindrique vertical avec un corps cylindrique horizontal dans lequel se trouve le foyer et qui dans son ensemble est assez avantageux, c'est la chaudière de MM. Fouché et De Laharpe.

Un autre système de chaudière à T, encore à remarquer, c'est celui de M. Pinette avec tubes pendantifs dans le corps vertical et tubes dans le corps horïzontal. Cette disposition permet de conserver les avantages des chaudiè res à tubes pendantifs et permet une vaporisation rapide et économique.

4° Pour les chaudières à circulation, ceux de MM. Larmengeat, Boutigny, de Naeyer et Cie, Sinclair, Charles et Babillot, etc., etc.

Les premières ont pour elles l'avantage d'une longue expérience d'un entretien facile, elles produisent beaucoup sans beaucoup de soin, mais par contre il faut un grand espace et elles sont sujettes aux explosions.

Les secondes ou celles à circulation, sont plus petites, moins coûteuses et d'une mise en pression rapide. Leur entretien est plus difficile, l'économie au point de vue du combustible en se reportant à l'ensemble des types n'est pas toujours à considérer, mais elles sont pour ainsi dire inexplosibles. Elles sont généralement très employées dans la petite industrie et dans les grandes installations particulières (1).

---

(1) Je suis h.ureux de pouvoir témoigner ici toute ma reconnaissance à M. Dunkel, ingénieur des mines, mon ancien professeur, et à renvoyer le lecteur pour plus de détails, à son *Album du Constructeur de Chaudières à vapeur.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Avant de terminer mon examen rapide sur les différents types de chaudières je tiens à dire que dans la construction d'un foyer de générateur, le choix du métal n'est pas indifférent ; généralement, il est en fer, mais dans les locomotives, le fer est remplacé par du cuivre rouge, choix qui a été par la suite parfaitement justifié, mais ce dernier métal lui-même, est remplacé depuis quelques années par l'acier dont la durée est sensiblemnt la même que celle du cuivre rouge, mais doit être travaillé par de bons ouvriers.

La transmission de la chaleur à travers les parois dépend de l'épaisseur du métal ; elle diminue donc si l'épaisseur augmente. De là il faut avoir soin de prendre comme base de ne donner aux parois que la dimension suffisante pour résister à la pression qu'elles sont appelées à supporter et à l'usure à laquelle elles sont soumises.

Généralement il est assez difficile de trouver les documents administratifs et officiels concernant les chaudières à vapeur, c'est pourquoi je donne ci-après le texte du décret du 1er mai 1880.

RÈGLEMENT

concernant les Chaudières à vapeur

Decret du 10 mai 1880

Article premier.— Sont soumis aux formalités et aux mesures prescrites par le présent réglement : 1° les générateurs de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur autres que ceux qui sont placés à bord des bateaux; 2° les récipients définis ci-après (Titre V).

TITRE Ier.

MESURES DE SURETÉ RELATIVES AUX CHAUDIÈRES PLACÉES A DEMEURE

Art. 2. — Aucune chaudière neuve ne peut être mise en service qu'après avoir subi l'épreuve réglementaire ci-après définie. Cette épreuve doit être faite chez le constructeur et sur sa demande.

Toute chaudière venant de l'étranger est éprouvée, avant sa mise en service, sur le point du territoire français désigné par le destinataire dans sa demande.

Art. 3. — Le renouvellement de l'épreuve peut être exigé de celui qui fait usage d'une chaudière :

1° Lorsque la chaudiere, ayant déja servi, est l'objet d'une nouvelle installation,

2° Lorsqu'elle a subi une réparation notable;

3° Lorsqu'elle est remise en service après un chômage prolongé.

A cet effet, l'intéressé devra informer l'ingénieur des mines de ces diverses circonstances. En particulier, si l'épreuve exige la démolition du massif du fourneau ou l'enlèvement de l'enveloppe de la chaudière et un chômage plus ou moins prolongé, cette épreuve pourra ne point être exigée, lorsque des renseignements authentiques sur l'époque et les résultats de la dernière visite, intérieure et extérieure, constitueront une présomption suffisante en faveur du bon état de la chaudière. Pourront être notamment considérés comme renseignements probants les certificats délivrés aux membres des associations de propriétaires d'appareils à vapeur par celle de ces associations que le ministre aura désignée.

Le renouvellement de l'épreuve est exigible également lorsque, à raison des conditions dans lesquelles une chaudière fonctionne, il y a lieu par l'ingénieur des mines d'en suspecter la solidité.

Dans tous les cas, lorsque celui qui fait usage d'une chaudière contestera la nécessité d'une nouvelle épreuve, il sera, après une instruction où celui-ci sera entendu, statué par le préfet.

En aucun cas, l'intervalle entre deux épreuves consécutives n'est supérieur à dix années. Avant l'expiration de ce délai, celui qui fait usage d'une chaudière à vapeur doit lui-même demander le renouvellement de l'épreuve.

Art. 4. — L'épreuve consiste à soumettre la chaudière à une pression hydraulique supérieure à la pression effective qui ne doit point être dépassée dans le service. Cette pression d'épreuve sera maintenue pendant le temps nécessaire à l'examen de la chaudière dont toutes les parties doivent pouvoir être visitées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La surcharge d'épreuve, par centimètre quarré, est égale à la pression effective, sans jamais être inférieure à un demi-kilogramme ni supérieure à 6 kilogrammes.

L'épreuve est faite sous la direction de l'ingénieur des mines et en sa présence, ou, en cas d'empêchement, en présence du garde-mine opérant d'après ses instructions.

Elle n'est pas exigée pour l'ensemble d'une chaudière dont les diverses parties, éprouvées séparément, ne doivent être réunies que par des tuyaux placés sur tout leur parcours, en dehors du foyer et des conduits de flamme, et dont les joints peuvent être facilement démontés.

Le chef de l'établissement où se fait l'épreuve fournit la main-d'œuvre et les appareils nécessaires à l'opération.

Art. 5. — Après qu'une chaudière ou partie de chaudière a été éprouvée avec succès, il y est apposé un timbre, indiquant, en kilogrammes par centimètre quarré, la pression effective que la vapeur ne doit pas dépasser.

Les timbres sont poinçonnés et reçoivent trois nombres indiquant le jour, le mois et l'année de l'épreuve.

Un de ces timbres est placé de manière à être toujours apparent après la mise en place de la chaudière.

Art. 6. — Chaque chaudière est munie de deux soupapes de sûreté, chargées de manière à laisser la vapeur s'écouler dès que sa pression effective atteint la limite maximum indiquée par le timbre réglementaire.

L'orifice de chacune des soupapes doit suffire à maintenir, celle-ci étant au besoin convenablement déchargée ou soulevée et quelle que soit l'activité du feu, la vapeur dans la chaudière à un degré de pression qui n'excède, pour aucun cas, la limite ci-dessus.

Le constructeur est libre de répartir, s'il le préfère, la section totale d'écoulement nécessaire des deux soupapes réglementaires entre un plus grand nombre de soupapes.

Art. 7. — Toute chaudière est munie d'un manomètre en bon état, placé en vue du chauffeur et gradué de manière à indiquer, en kilogrammes, la pression effective de la vapeur dans la chaudière.

Une marque très apparente indique sur l'échelle du manomètre la limite que la pression effective ne doit pas dépasser.

La chaudière est munie d'un ajutage terminé par une bride de $0^m,01$ de diamètre et $0^m,005$ d'épaisseur, disposée pour recevoir le manomètre vérificateur.

Art. 8. — Chaque chaudière est munie d'un appareil de retenue, soupape ou clapets, fonctionnant automatiquement et placé au point d'insertion du tuyau d'alimentation qui lui est propre (1).

(1) Il faut observer ici que le fonctionnement des soupapes de retenue n'est pas absolument sûr ; il arrive quelquefois qu'elles fuient ou restent levées, en sorte que la sécurité résultant de cette disposition n'est pas complète.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Art. 9. — Chaque chaudière est munie d'une soupape ou d'un robinet d'arrêt de vapeur, placé autant que possible, à l'origine du tuyau de conduite de vapeur, sur la chaudière même.

Art. 10. — Toute paroi en contact par une de ses faces avec la flamme doit être baignée par l'eau sur sa face opposée.

Le niveau de l'eau doit être maintenu, dans chaque chaudière, à une hauteur de marche telle quelle soit, en toute circonstance à $0^m,06$ au moins au-dessus du plan pour lequel la condition précédente cesserait d'être remplie. La position limite sera indiquée, d'une manière très apparente, au voisinage du tube de niveau mentionné à l'article suivant.

Les prescriptions énoncées au précédent article ne s'appliquent point :

1° Aux surchauffeurs de vapeur distincts de la chaudière ;

2° A des surfaces relativement peu étendues et placées de manière à ne jamais rougir, même lorsque le feu est poussé à son maximum d'activité, telles que les tubes ou parties de cheminées qui traversent le réservoir de vapeur, en envoyant directement à la cheminée principale les produits de la combustion.

Art 11. — Chaque chaudière est munie de deux appareils indicateurs du niveau de l'eau, indépendants l'un de l'autre, et placés en vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation.

L'un de ces deux indicateurs est un tube en verre, disposé de manière à pouvoir être facilement nettoyé et remplacé au besoin.

Pour les chaudières verticales de grande hauteur, le tube en verre est remplacé par un appareil disposé de manière à reporter, en vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation, l'indication du niveau de l'eau dans la chaudière.

TITRE II.

ÉTABLISSEMENT DES CHAUDIÈRES A VAPEUR PLACÉES A DEMEURE

Art. 12. — Toute chaudière à vapeur destinée à être employée à demeure ne peut être mise en service qu'après une déclaration adressée, par celui qui fait usage du générateur, au préfet du département (1). Cette déclaration est enregistrée à sa date. Il en est donné acte. Elle est communiquée sans délai à l'ingénieur en chef des mines (2).

Art. 13. — La déclaration fait connaître avec précision :

1. Le nom et le domicile du vendeur de la chaudière ou l'origine de celle-ci ;

---

(1) A Paris, au Préfet de police (art. 41).

(2 L'Administration exige que la déclaration soit remise en deux exemplaires, dont un sur papier timbré. Elle exige une déclaration distincte pour chaque chaudière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2. La commune et le lieu où elle est établie ;
3. La forme, la capacité et la surface de chauffe ;
4. Le numéro du timbre réglementaire ;
5. Un numéro distinctif de la chaudière, si l'établissement en possède plusieurs ;
6. Enfin, le genre d'industrie et l'usage auquel elle est destinée.

Art. 14. — Les chaudières sont divisées en trois catégories.

Cette classification est basée sur le produit de la multiplication du nombre exprimant en mètres cubes la capacité totale de la chaudière (avec ses bouilleurs et ses réchauffeurs alimentaires, mais sans y comprendre les surchauffeurs de vapeur) par le nombre exprimant, en degrés centigrades, l'excès de la température de l'eau correspondant à la pression indiquée par le timbre réglementaire, sur la température de 100 degrés, conformément à la table annexée au présent décret.

Si plusieurs chaudières doivent fonctionner ensemble dans un même emplacement, et si elles ont entre elles une communication quelconque, directe ou indirecte, on prend, pour former le produit, comme il vient d'être dit, la somme des capacités de ces chaudières.

Les chaudières sont de la première catégorie quand le produit est plus grand que 200; de la deuxième, quand le produit n'excède pas 200, mais surpasse 50 ; de la troisième, si le produit n'excède pas 50.

Art. 15. — Les chaudières comprises dans la première catégorie doivent être établies en dehors de toute maison d'habitation et de tout atelier surmonté d'étages. N'est pas considérée comme un étage, au-dessus de l'emplacement d'une chaudière, une construction dans laquelle ne se fait aucun travail nécessitant la présence d'un personnel à poste fixe.

Art. 16. — Il est interdit de placer une chaudière de première catégorie à moins de trois mètres d'une maison d'habitation.

Lorsqu'une chaudière de première catégorie est placée à moins de 10 mètres d'une maison d'habitation, elle en est séparée par un mur de défense.

Ce mur, en bonne et solide maçonnerie, est construit de manière à défiler la maison par rapport à tout point de la chaudière distant de moins de dix mètres, sans toutefois que sa hauteur dépasse de 1 mètre la partie la plus élevée de la chaudière. Son épaisseur est égale au tiers au moins de sa hauteur, sans que cette épaisseur puisse être inférieure à 1 mètre en couronne. Il est séparé du mur de la maison voisine par un intervalle libre de 30 centimètres de largeur au moins.

L'établissement d'une chaudière de première catégorie à la distance de dix mètres au plus d'une maison d'habitation n'est assujetti à aucune condition particulière.

Les distances de 3 mètres et de 10 mètres, fixées ci-dessus, sont réduites respectivement à 1m,50 et à 5 mètres, lorsque la chaudière est enterrée de façon que la partie supérieure de la-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dite chaudière se trouve à 1 mètre en contrebas du sol du côté de la maison voisine.

Art. 17. — Les chaudières comprises dans la deuxième catégorie peuvent être placées dans l'intérieur de tout atelier, pourvu que l'atelier ne fasse pas partie d'une maison d'habitation.

Les foyers sont séparés des murs des maisons voisines par un intervalle libre de 1 mètre au moins.

Art. 18. — Les chaudières de troisième catégorie peuvent être établies dans un atelier quelconque, même lorsqu'il fait partie d'une maison d'habitation.

Les foyers sont séparés des murs des maisons voisines par un intervalle libre de $0^{m},50$ au moins.

Art. 19. — Les conditions d'emplacement prescrites pour les chaudières à demeure, par les précédents articles, ne sont pas applicables aux chaudières pour l'établissement desquelles il aura été satisfait au décret du 25 janvier 1865, antérieurement à la promulgation du présent règlement.

Art. 20. — Si, postérieurement à l'établissement d'une chaudière, un terrain contigu vient à être affecté à la construction d'une maison d'habitation, celui qui fait usage de la chaudière devra se conformer aux mesures prescrites par les articles 16, 17 et 18 comme si la maison eût été construite avant l'établissement de la chaudière.

Art. 21. — Indépendamment des mesures générales de sûreté prescrites au titre I^er^, et de la déclaration prévue par les articles 12 et 13, les chaudières à vapeur fonctionnant dans l'intérieur des mines sont soumises aux conditions que pourra prescrire le préfet, suivant les cas et sur le rapport de l'ingénieur des mines.

TITRE III.

CHAUDIÈRES LOCOMOBILES.

Art. 22. — Sont considérées comme locomobiles les chaudières à vapeur qui peuvent être transportées facilement d'un lieu dans un autre, n'exigent aucune construction pour fonctionner sur un point donné, et ne sont employées que d'une manière temporaire à chaque station.

Art 23. — Les dispositions des articles 2 à 11 inclusivement du présent décret sont applicables aux chaudières locomobiles.

Art. 24. — Chaque chaudière porte une plaque sur laquelle sont gravés, en caractères très apparents, le nom et le domicile du propriétaire et un numéro d'ordre, si ce propriétaire possède plusieurs chaudières locomobiles.

Art. 25. — Elle est l'objet de la déclaration prescrite par les articles 12 et 13. Cette déclaration est adressée au préfet du département où est le domicile du propriétaire.

L'ouvrier chargé de la conduite devra représenter à toute réquisition le récépissé de cette déclaration.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TITRE IV.

CHAUDIÈRES DES MACHINES LOCOMOTIVES.

Art. 26. — Les machines à vapeur locomotives sont celles qui, sur terre, travaillent en même temps qu'elles se déplacent par leur propre force, telles que les machines des chemins de fer et des tramways, les machines routières, les rouleaux compresseurs, etc.

Art. 27. — Les dispositions des articles 2 à 8 inclusivement et celles des articles 11 et 24 sont applicables aux chaudières des machines locomotives.

Art 28. — Les dispositions de l'article 25, paragraphe 1er, s'appliquent également à ces chaudières.

Art. 29. — La circulation des machines locomotives a lieu dans les conditions déterminées par des règlements spéciaux.

TITRE V.

RÉCIPIENTS.

Art. 30. — Sont soumis aux dispositions suivantes les récipients de formes diverses, d'une capacité de plus de 100 litres. au moyen desquels les matières à élaborer sont chauffées, non directement à feu nu, mais par de la vapeur empruntée à un générateur distinct, lorsque leur communication avec l'atmosphère n'est point établie par des moyens excluant toute pression effective nettement appréciable.

Art. 31. — Ces récipients sont assujettis à la déclaration prescrite par les articles 12 et 13.

Ils sont soumis à l'épreuve, conformément aux articles 2, 3, 4 et 5. Toutefois, la surcharge d'épreuve sera, dans tous les cas, égale à la moitié de la pression maximum à laquelle l'appareil doit fonctionner, sans que cette surcharge puisse excéder 4 kilogrammes par centimètre quarré.

Art. 32. — Ces récipients sont munis d'une soupape de sûreté réglée pour la pression indiquée par le timbre, à moins que cette pression ne soit égale ou supérieure à celle fixée pour la chaudière alimentaire.

L'orifice de cette soupape, convenablement déchargée ou soulevée au besoin, doit suffire à maintenir, pour tous les cas. la vapeur dans le récipient à un degré de pression qui n'excède pas la limite du timbre.

Elle peut être placée, soit sur le récipient lui-même, soit sur le tuyau d'arrivée de la vapeur, entre le robinet et le récipient.

Art. 33. — Les dispositions des articles 30, 34 et 32 s'appliquent également aux réservoirs dans lesquels de l'eau à haute température est emmagasinée, pour fournir ensuite un dégagement de vapeur ou de chaleur. quel qu'en soit l'usage.

Art. 34.— Un délai de six mois, à partir de la promulgation du présent décret, est accordé pour l'exécution des quatre articles qui précèdent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

TITRE VI.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES.

Art. 35. — Le ministre peut, sur le rapport des ingénieurs des mines, l'avis du préfet et celui de la commission centrale des machines à vapeur, accorder dispense de tout ou partie des prescriptions du présent décret, dans tous les cas où, à raison de la forme, soit de la faible dimension des appareils, soit de la position spéciale des pièces contenant de la vapeur, il serait reconnu que la dispense ne peut pas avoir d'inconvénient.

Art. 36. — Ceux qui font usage de générateurs ou de récipients de vapeur veilleront à ce que ces appareils soient entretenus constamment en bon état de service.

A cet effet, ils tiendront la main à ce que des visites complètes, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, soient faites à des intervalles rapprochés pour constater l'état des appareils et assurer l'exécution, en temps utile, des réparations ou remplacements nécessaires.

Ils devront informer les ingénieurs des réparaiions notables faites aux chaudières et aux récipients, en vue de l'exécution des articles 3 (1°, 2° et 3°) et 31, § 2.

Art. 37. — Les contraventions au présent règlement sont constatées, poursuivies et réprimées conformément aux lois.

Art. 38. — En cas d'accident ayant occosionné la mort ou des blessures, le chef de l'établissement doit prévenir immédiatement l'autorité chargée de la police locale et l'ingénieur des mines chargé de la surveillance. L'ingénieur se rend sur les lieux, dans le plus bref délai, pour visiter les appareils, en constater l'état et rechercher les causes de l'accident. Il rédige sur le tout:

1° Un rapport qu'il adresse au procureur de la République et dont une expédition est transmise à l'ingénieur en chef qui fait parvenir son avis à ce magistrat;

2° Un rapport qui est adressé au préfet, par l'intermédiaire et avec l'avis de l'ingénieur en chef.

En cas d'accident n'ayant occasionné ni mort, ni blessures, l'ingénieur des mines seul est prévenu, il rédige un rapport qu'il envoie par l'intermédiaire et avec l'avis de l'ingénieur en chef, au préfet.

En cas d'explosion, les constructions ne doivent point être réparées et les fragments de l'appareil rompu ne doivent point être déplacés ou dénaturés avant la constatation des lieux par l'ingénieur.

Art. 39. — Par exception, le ministre pourra confier la surveillance des appareils à vapeur aux ingénieurs ordinaires et aux conducteurs des ponts et chaussées, sous les ordres de l'ingénieur en chef des mines de la circonscription.

Art. 40. — Les appareils à vapeur qui dépendent des service spéciaux de l'Etat sont surveillés par les fonctionnaires et agents de ces services.

Art. 41. — Les attributions conférées aux préfets des dépar-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tements par le présent décret sont exercées par le préfet de police dans toute l'étendue de son ressort.

Art. 42. — Est rapporté le décret du 25 janvier 1864.

Art. 43. — Le ministre des travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Journal officiel* et au *Bulletin des lois*.

Fait à Paris, le 30 avril 1880.

Table permettant d'effectuer les calculs relatifs à l'article 14 et donnant la température (en degrés centigrades) de l'eau correspondant à une pression donnée (en kilogrammes effectifs).

Valeurs correspondantes			
de la pression effective en kilogrammes	de la température en degrés centigrades	de la pression effective en kilogrammes	de la température en degrés centigrades
0.5	111	10.5	185
1.0	120	11.0	187
1.5	127	11.5	189
2.0	133	12.0	191
2.5	138	12.5	193
3.0	143	13.0	194
3.5	147	13.5	196
4.0	151	14.0	197
4.5	155	14.5	199
5.0	158	15.0	200
5.5	161	15.5	202
6.0	164	16.0	203
6.5	167	16.5	205
7.0	170	17.0	206
7.5	173	17.5	208
8.0	175	18.0	209
8.5	177	18.5	210
9.0	179	19.0	211
9.5	181	19.5	213
10.0	183	20.0	214

Décret du 29 juin 1886.

CLAPETS DE RETENUE DE VAPEUR.

Art 1er. — Lorsque plusieurs générateurs de vapeur, placés à demeure sont groupés sur une conduite générale de vapeur, en nombre tel que le produit, formé comme il est dit à l'article 14 du décret du 30 avril 1880, en prenant comme base du calcul le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

timbre réglementaire le plus élevé, dépasse le nombre 1800, lesdits générateurs sont répartis par séries correspondant chacune à un produit au plus égal à ce nombre : chaque série est munie d'un clapet automatique d'arrêt, disposé de façon à éviter, en cas d'explosion, le déversement de la vapeur des séries restées intactes.

Art. 2. — Lorsque le générateur de première catégorie est échauffé par les flammes perdues d'un ou plusieurs fours métallurgiques, tout le courant des gaz chauds doit, en arrivant au contact des tôles, être dirigé tangentiellement aux parois de la chaudière.

A cet effet, si les rampants destinés à amener les flammes ne sont pas construits de façon à assurer ce résultat, les tôles exposées aux coups de feu sont protégées, en face des débouchés des rampants dans les carneaux, par des murettes en matériaux réfractaires, distantes des tôles d'au moins 50 millimètres, et suffisamment étendues dans tous les sens pour que les courants de gaz chauds prennent des directions sensiblement tangentielles aux surfaces des tôles voisines, avant de les toucher.

Art. 3. — Les dispositions de l'article 35 du décret du 30 avril 1880 sont applicables aux prescriptions du présent règlement.

Art. 4. — Un délai de six mois est accordé aux propriétaires des chaudières, existant antérieurement à la promulgation du présent règlement, pour se conformer aux prescriptions ci-dessus.

(Par décret du 22 décembre 1886, le délai fixé par l'article 5 ci-dessus, a été prorogé jusqu'au 31 décembre 1887).

ÉPREUVE DES CHAUDIÈRES. Toutes les chaudières sans distinction, doivent être éprouvées, c'est-à-dire que l'on doit se rendre compte si elles peuvent marcher à la pression demandée ; delà elles sont soumises à des essais obligatoires imposés comme on l'a vu précédemment, par les réglements administratifs.

Ces expériences se font en présence du garde-mine qui est chargé de constater la bonne construction, les vices de cette dernière si elle en possède et le choix des matériaux employés.

La surcharge d'épreuve d'une chaudière, doit être égale à la pression effective (*sans jamais être*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

inférieure à un demi kilogramme, ni supérieure à six kilogrammes, Art. 4 du réglement). *Exemple :* Soit une chaudière qui doit marcher à une pression effective de 4 kg., l'épreuve devra se faire à 8 kg.; au-delà de 6 kg., on se contente d'ajouter 6 kg. à la pression effective, ainsi une chaudière qui doit marcher à 8 kg. aura une épreuve faite à 14 kg.

L'épreuve est faite et maintenue pendant quelque temps à l'aide d'une presse hydraulique ou pompe foulante, la pression donnée par cette dernière, se transmet à toutes les parties de la chaudière et l'eau en s'échappant au travers du métal, des jonctions ou des rivures mal faites indique les parties défectueuses.

Le règlement exige que l'épreuve se fasse avec l'eau et non avec un gaz, parceque ce dernier en se comprimant, détermine si une rupture vient à se produire, la projection aux alentours et avec force des fragments de métal, tandis qu'avec l'eau rien de semblable, un simple écoulement en est la conséquence.

Quand l'on procède à une épreuve avec de l'eau (à froid), il faut s'assurer qu'il ne reste pas un espace à remplir d'air. Pour cela, on dispose généralement un orifice pour recevoir le manomètre ou un robinet à la partie la plus haute de la chaudière et quand l'on est bien certain que cette dernière est pleine on place le manomètre ou on ferme le robinet pour commencer l'expérience.

La pression maximum qu'un générateur ne doit pas dépasser, est indiquée par un timbre en cuivre placé d'une façon très apparente. Ce timbre qui est fixé au moyen de petits goujons rivés, pour qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ne puisse pas le transporter d'une pièce à une autre, est poinçonné par le garde-mine.

Avant d'éprouver une chaudière, il faut avoir soin de disposer celle-ci, dans un sens tel, qu'en cas de rupture, d'une armature ou de toute autre pièce semblable, cette rupture ne puisse pas donner lieu à d'accidents. Il faut avoir soin également et autant que possible de ne pas se placer dans la direction des boulons, entretoises, tirants, etc.

A l'épreuve d'une chaudière après réparation, surtout une qui porte sa machine, il est bien rare qu'il ne se trouve pas des trous à remplir; et alors pour boucher ceux-ci on se contente généralement d'y introduire une cheville en bois. Ces fermetures ont pour inconvénient de ne rien valoir, car la pression peut projeter ces bouchons à de grandes distances et occasionner des accidents ; aussi, pour les soupapes de sûreté par exemple, faut-il que le tampon en bois soit amarré, ou bien qu'il soit introduit avant le remplissage de la chaudière de dedans en dehors, de cette dernière façon il n'y a rien à craindre, car plus la pression s'élève, plus le trou tend à être fermé hermétiquement.

Chauffage des chaudières. Le combustible le plus employé pour le chauffage des générateurs est le *charbon de terre,* à cause de la grande chaleur qu'il dégage.

L'allumage d'une chaudière se fait généralement à l'aide d'un chiffon imbibé d'huile enflammée. On promène le chiffon un peu partout afin que les copeaux soient allumés, en ayant soin de laisser la porte légèrement entr'ouverte pour empêcher la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fumée d'étouffer le feu. Une fois les copeaux allumés sur toute l'étendue de la grille on ferme la porte.

L'allumage doit être fait dans le temps le plus court possible, il faut ouvrir le registre presque en entier (excepté si l'on a affaire à un fourneau neuf pour éviter les cassures, ces dernières doivent toujours être indiquées par le chauffeur à son supérieur).

La porte du foyer doit être ouverte le moins possible et refermée très promptement, car chaque fois qu'on l'ouvre il s'introduit de l'air dans le foyer, qui refroidit ses parois et retarde la vaporisation.

Lorsque les copeaux sont à peu près consumés, le chauffeur doit en ajoutant de nouveau bois égaliser le plus possible son feu et commencer ensuite à mettre quelques morceaux de charbon çà et là jusqu'à ce que la pression atteigne 1/2 ou 3/4 de kilogramme, à ce chiffre on ouvre le registre en grand et le souffleur, s'il en existe un, et on ne charge plus le feu qu'avec le combustible employé.

Le feu se garnit de combustible par couches étendues sur toute la surface de la grille, sans y laisser de vides. L'épaisseur à donner au combustible est un peu selon l'intelligence du chauffeur. Pour le bois et la tourbe une moyenne de 20 centimètres sur la grille. Pour le coke en marche ordinaire 30 centimètres, avec tirage forcé de 40 à 60 centimètres et pour la sciure une épaisseur variable suivant sa nature et sa finesse.

Si la pression diminue à l'ouverture du registre et du souffleur cela prouve un feu mal allumé, ou un combustible de mauvaise qualité. Dans ce cas refermer le registre et le souffleur, regarnir le feu en évitant les rentrées d'air par la grille et, ensuite,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ouvrir de nouveau les appareils précités. en tâtonnant pour chercher le degré d'ouverture qui leur convient le mieux afin d'éviter une diminution de pression.

Dans un foyer, il est facile de s'apercevoir de l'état de la combustion; si il y a production d'*acide carbonique* la flamme est rouge-blanche, mais si au contraire il y a production d'*oxyde de carbone*, résultat défavorable, elle est jaune-bleuâtre.

Pour la houille ou charbon de terre, destiné au chauffage des chaudières, on en distingue deux sortes, les houilles grasses et les houilles maigres.

Les houilles grasses sont celles qui contiennent beaucoup de matières volatiles, les houilles maigres en contiennent beaucoup moins.

L'épaisseur sur la grille pour les premières doit être environ de 7 à 12 centimètres et les morceaux pas plus gros que le poing.

Pour les secondes l'épaisseur peut être un peu plus forte.

Les houilles maigres sont généralement préférées aux houilles grasses pour la raison principale que ces dernières donnent trop de fumée.

Il faut toujours observer ce qui se passe dans le foyer, avoir soin que la grille soit chauffée partout de la même épaisseur pour que la quantité d'air passe également par toutes les parties. En pratique il faut autant que possible repousser au fond de la grille, la houille au fur et à mesure qu'elle est carbonisée et charger la houille nouvelle près de la porte du foyer.

La différence de consommation dépend absolument du chauffeur, elle varie suivant les individus, jusqu'à 30 % avec la même production de vapeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il y a des charbons qui contiennent des cendres qui se combinant entre elles forment une espèce de verre que l'on nomme vulgairement *mâchefer* mais qui n'a aucune analogie avec le fer.

Si l'air ne passe pas également par les points de la grille, la chaudière est exposée de brûler. L'on doit ringarder souvent, ramener le mâchefer qui se forme, à l'extérieur du foyer. Pour la houille charger entre 5 et 10 minutes, pour le bois plus souvent. La charge doit être faite le plus vivement possible et pendant la marche le registre doit être réglé par le chauffeur suivant les besoins. Si les soupapes à un moment donné, quoique bien réglées viennent à cracher, c'est qu'il y a un instant de feu précipité, il suffit d'ouvrir la porte du foyer, de modérer le feu, de le jeter bas s'il y a danger, mais ne pas alimenter et encore moins de caler les soupapes par des moyens souvent cachés et que seul le praticien connaît, ce qui est une principale cause de tous les accidents souvent mis sur la faute des constructeurs.

L'alimentation doit se faire d'une façon régulière en ayant soin d'avoir toujours sous les yeux le niveau réglementaire un peu au-dessus duquel l'on peut se tenir sans jamais descendre au-dessous, sous peine dans certains cas d'alimenter sur des parties très chaudes quelquefois rouges même, et de produire ainsi et instantanément un surcroît considérable de vapeur pouvant amener la rupture d'un tube, l'explosion de la chaudière ou tout au moins un coup de feu ou une déformation sérieuse. Il ne faut pas non plus se tenir trop au-dessus du niveau réglementaire pour éviter l'entraînement d'eau dans les cylindres dont la conséquence est quelquefois la rupture d'un plateau. Une chaudière doit être

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lavée tous les huit jours si les eaux sont de mauvaise qualité mais en tous les cas et sous aucun prétexte on ne doit pas dépasser la quinzaine. A l'époque des gelées il faut avoir soin ou de vider l'eau du générateur s'il ne fonctionne pas ou d'entretenir un peu de feu dans le foyer ou près de là, afin d'éviter que l'eau ne se gêle à l'intérieur ce qui peut occasionner des dégâts matériels pour l'appareil.

Avant tout la conduite d'un générateur doit être confiée à un chauffeur intelligent, solide au poste, ferme de caractère, laborieux, sobre, ayant conscience de la responsabilité qui lui incombe et doué de tout le sang froid nécessaire pour le cas d'un dérangement imprévu.

Cheval-vapeur, voir *Force*.

Chèvre. On désigne sous le nom de chèvre (fig. 1 et 2) un appareil servant dans la construction en général, à l'élévation des matériaux et principalement des pièces de charpente en bois ou en fer; il est formé par la combinaison d'une poulie et d'un treuil.

La chèvre se compose de deux montants obliques que l'on nomme *hanches*, réunis par des traverses nommées *épars*, s'appuyant par leur partie inférieure sur le sol, ou sur un plancher disposé à une certaine hauteur pour la circonstance. A environ $1^m,25$ ou $1^m,35$ de la barre d'appui est placé un treuil qui se manœuvre au moyen de leviers qui viennent s'emmancher dans des trous pratiqués dans chacune des extrémités du tambour. Une poulie est disposée à la partie supérieure de l'appareil entre les deux montants.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour l'employer on la maintient en haut avec des cordages nommés *haubans* qui embrassent son sommet et qui sont fixés à des objets solides.

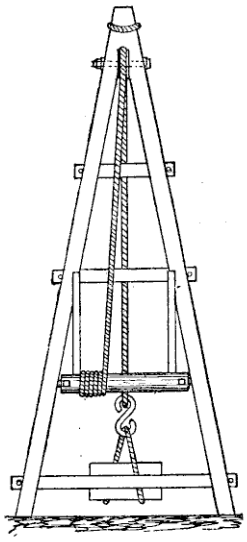


Fig. 1

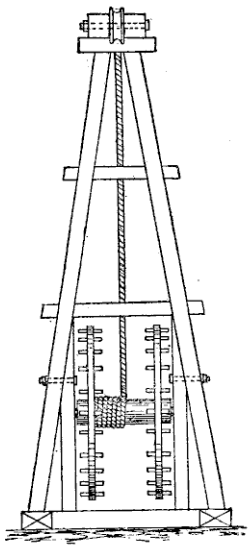


Fig. 2

Lorsque l'emplacement le permet, on remplace les haubans par une pièce de bois nommée *bicoq*, articulée à charnière au sommet, au moyen d'une cheville, et placée de manière à ce que la chèvre porte sur trois pieds et présente les trois arêtes d'une pyramide triangulaire.

Celle de la figure 2 est à roue et par cette raison préférable à la première, parce qu'elle offre la possibilité d'un mouvement continu.

Lorsque l'on se sert d'une chèvre pour la première fois, il ne faut pas oublier d'en vérifier les bois et les cordages et même à chaque manœuvre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chiffres. Les chiffres ou lettres à froid (fig. 1) doivent être en acier fondu, le métal est pris généralement dans une barre carrée. Les dimensions

Chiffre à froid.



Fig. 1

sont variables suivant la grosseur que l'on désire leur donner. Un repère doit être fait du côté de leur base, ordinairement un coup pointeau ou un trait. Ils doivent être parfaitement d'équerre dans tous les sens et essayés sur un métal tendre (cuivre ou laiton) avant de les tremper (en A seulement).

La trempe qui leur convient le mieux consiste à les faire revenir couleur jaune paille et avoir soin de nettoyer le caractère avant de s'en servir.

Les chiffres et les lettres à chaud (fig. 2) qui sont

Chiffre à chaud



Fig. 2

ordinairement beaucoup plus grands que les précédents, doivent avoir pour le moins 8 millimètres de profondeur, on les fait généralement avec du cuivre rouge, rarement avec du fer, car ce dernier revient plus cher et a le grave inconvénient de s'oxyder si on le laisse à l'humidité. Fixés à l'extrémité d'une tige filetée munie d'un manche, ils doivent être percés d'un trou A perpendiculaire à leur élévation pour permettre le passage de la fumée lorsque l'on s'en sert.

Chrome. Dans le plomb rouge de Sibérie, M. Vauquelin découvrit en 1798 un nouveau métal auquel il donna le nom de chrome dont les cristaux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sont très durs et résistent à l'action des acides les plus énergiques. Le métal réduit affecte des formes cristallines qui appartiennent au système cubique.

Le chrome et le carbone en bonnes proportions dans l'acier lui donne une supériorité incontestable.

Ciments pour coller les courroies:

Sulfure de carbone . .	100	grammes
Caoutchouc	15	—
Essence de térébenthine.	10	—
Gomme laque	10	—

1° Faire chauffer la colle au bain-marie ;

2° Faire chauffer les deux bouts de la jonction bien apponcés ;

3° Faire chauffer deux planches bien planes ;

4° Étendre vivement la colle sur les deux apponces légèrement chauffées, faire la jonction et la placer en appuyant fortement avec un outil désigné sous le nom de glace de bourrelier.

On doit glacer sur fleur et sur chair, c'est-à-dire sur les deux faces.

Ensuite on frappe à petits coups la jonction avec un marteau.

5° On met la jonction collée entre les deux planches indiquées plus haut, en les serrant fortement avec des serre-joints de menuisier.

On laisse généralement les planches dix minutes, c'est suffisant.

On procède de même pour toutes les colles.

Un autre ciment qui donne de bons résultats est celui composé de 65 grammes de colle de menuisier et 35 grammes de colle de poisson. On dissout ces deux substances dans l'eau et on les chauffe avec une addition d'un peu d'eau. Après le refroidisse-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment on chauffe à nouveau en y ajoutant de l'alcool et 18 grammes de gomme arabique en poudre.

Cisaille. La *cisaille* est un outil qu'on emploie pour diviser et couper des barres et des feuilles de métal. Sa forme varie suivant le travail à faire et suivant les constructeurs.

La plus simple (fig. 1) se compose de deux parties semblables articulées autour d'un axe. Les parties situées dans le prolongement de chaque lame font office de leviers. Les parties tranchantes des lames sont en acier et soudés avec le reste de la cisaille. Si l'acier n'est pas vif, il faut le faire revenir au jaune paille, s'il est dur au jaune d'or.



Fig. 1

Une cisaille qui remplace avec avantage la précédente est celle (fig. 2), dont l'une des lames est montée sur un bâti que l'on peut fixer facilement sur le bord d'un établi ou dans les mâchoires d'un étau, l'autre est vissée sur le levier dont la longueur est supérieure à celle des branches de la cisaille ordinaire, ce qui diminue l'effort à exercer pour couper les tôles.

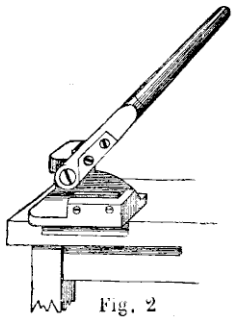


Fig. 2

Il y a encore la cisaille crocodile (fig. 3) qui est un type anglais.

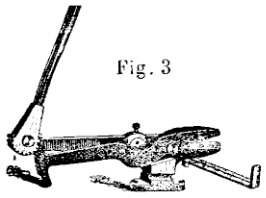


Fig. 3

Un autre genre qui est très employé et qui est spécialement affecté à couper à la main des fers ronds et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des boulons jusqu'a 15 millimètres de diamètre est celle représentée par la fig. 4. Ses lames comme celles de la précédente doivent être trempées dans les mêmes conditions que la première.



Fig. 4

Pour couper à la main des feuilles d'épaisseur assez fortes, on se sert de cisaille à demeure dont la lame inférieure est immobile et placée solidement sur une pièce de bois, elle se termine par une articulation à laquelle est fixé, par un goujon, ou un boulon l'extrémité d'un levier mobile; les couteaux ne sont plus soudés, mais ajustés et boulonnés sur les deux branches. On peut en avoir plusieurs paires, les affûter sans difficulté, et les remplacer facilement, s'ils viennent à se casser ou à s'ébrécher.

On emploie généralement dans les ateliers des cisailles mécaniques; l'arbre de commande de quelque manière qu'il soit mû, porte d'ordinaire un volant et un pignon qui engrène avec une roue plus grande fixée sur un autre arbre. Un excentrique ou une manivelle à bouton placé sur cet arbre soulève un levier auquel le couteau est fixé quelquefois directement. Le volant sert à régulariser la marche de la machine et à empêcher les secousses. (Voir *Machines-outils.*)

Les *cisailles circulaires* (fig. 5) sont composées de deux disques en fonte auxquels s'appliquent des tranchants circulaires en acier, tournant simultanément en sens inverse, et placés de manière à se toucher et se croiser légèrement. On les emploie surtout pour les métaux en feuilles ; elles ont l'avantage de couper en ligne courbe. Les deux disques en tournant attirent le métal quand il est mince,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

s'il est trop épais et que les diamètres soient faibles ils glissent sur la feuille et ne la coupent plus ; il faudrait employer des disques très grands.

Un moyen très simple pour couper des plaques épaisses avec de petits disques, consiste à faire à la lime avant la trempe, sur la partie arrondie, une denture peu profonde qui sans nuire à la solidité

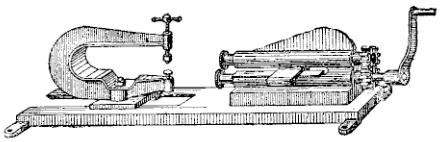
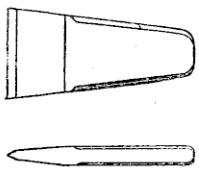


Fig. 5

du tranchant donne aux cisailles la propriété de s'emparer de la planche de tôle à découper sans qu'il soit nécessaire d'exercer sur elle la moindre pression.

Ciseau pour tailler les étaux. Pour tailler les étaux, l'on peut à la rigueur se servir d'un burin ordinaire, seulement il est préférable d'en employer un spécialement confectionné pour cet usage.

Il doit être en acier fondu de 70 à 100 millimètres de long et avoir à la lame coupante 50 à 55 millimètres de large. Il doit se forger et se tremper comme le burin ordinaire. Comme taillant il doit posséder deux biseaux dont le plus petit ou celui d'extrémité doit être passé à la pierre à l'huile et affilé sous un angle d'environ 30 degrés.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Clavettes. Les clavettes sont des organes destinés à fixer les moyeux des pièces qui doivent être établies sur les arbres de transmission.

Les dimensions des clavettes se déterminent d'une manière empirique qui présente cependant dans la pratique de grandes variations suivant la longueur et la forme des moyeux à fixer. On distingue trois sortes de clavettes: 1° les clavettes évidées suivant la courbure de l'arbre (fig. 1); 2° les clavettes à section rectangulaires posées à plat (fig. 2);

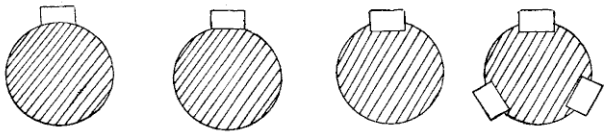


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

3° les clavettes noyées en partie dans une rainure ménagée dans le corps de l'arbre (fig. 3). Les clavettes évidées ne s'emploient que pour fixer les pièces travaillant sans choc et ne transmettant que de faibles efforts. Elles s'emploient également avec avantage dans le montage des roues, volants, excentriques, etc., dont la position n'étant pas déterminée nécessite un réglage. Celui-ci étant fait, on remplace la clavette évidée par une clavette noyée.

Les clavettes posées à plat et les clavettes noyées sont les plus employées, elles servent à transmettre de grands efforts. Quelquefois même si les pièces sont soumises à des efforts et à des chocs continuels on met deux ou plusieurs clavettes (fig. 4) auxquelles on donne les mêmes dimensions que si l'on employait une seule clavette.

On donne ordinairement aux clavettes en fer une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

largeur égale aux tiers du diamètre de l'arbre et une épaisseur égale au cinquième de ce diamètre.

Ainsi un arbre de 30 millimètres aura une clavette présentant une section de $\frac{30}{3} = 10$, sur $\frac{30}{5} = 6$. Soit 10 de large et 6 d'épaisseur. Dans le cas où malgré l'effort à transmettre la place est limitée, on emploie la clavette en acier à laquelle on donne comme largeur, le cinquième du diamètre de l'arbre plus 4 millimètres, et comme largeur le dixième de ce diamètre plus 4 millimètres. Ainsi un arbre de 60 millimètres aura une clavette acier de $\frac{60}{5} + 4 = 16$ de largeur sur $\frac{60}{10} + 4 = 10$ d'épaisseur.

On appelle également *clavettes* des pièces plates qui sont destinées à s'engager dans des mortaises en rapport. Ces pièces ont les champs d'équerre, ou arrondis en demi-circonférences. Elles sont employées pour maintenir les coussinets de bielles; pour réunir deux tiges sur un même manchon, etc. Les dimensions en largeur doivent être prévues pour permettre de faire serrage, c'est-à-dire qu'il faut les tenir plus larges vers la tête (voir bielle); elles doivent être parfaitement dressées et calibrées, en ayant soin de les faire une petite idée plus épaisses également vers la tête (un quart de dixième de millimètre environ). Il faut que les mortaises destinées à les recevoir soient également bien dressées et calibrées.

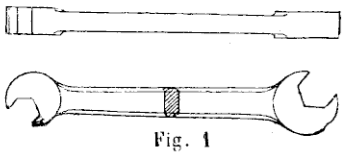
On ne doit jamais emmancher une clavette à sec; il faut toujours, au préalable, l'enduire d'un corps gras, huile ou graisse. Du côté opposé à la tête, il est nécessaire qu'elles possèdent un trou destiné à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

recevoir une goupille fendue, ou une partie filetée (avec trou de goupille) pour y adapter un écrou destiné à opérer un serrage progressif suivant le besoin. La tête, ainsi que l'extrémité, doivent être un peu arrondies pour refouler le moins possible sous les coups du marteau, et quelquefois même elles sont cémentées et trempées.

On désigne encore sous le nom de *clavette* des goupilles rectangulaires, fendues sur leur épaisseur, et qui sont très employées pour les gros boulons, dans lesquels, au lieu d'un trou ordinaire, on pratique une mortaise.

Clés. Les clés sont des outils qui servent à serrer et desserrer les écrous, et même les vis, lorsque ces dernières sont trop grosses pour être mues par un tournevis ordinaire.



Clé droite double

Fig. 1



Clé en S.

Fig. 2

Les figures 1 et 2 représentent chacune une clé qui sert à serrer ou desserrer les écrous hexagones. Elles se font en acier, en fer, ou en fonte. Elles peuvent être coudées sur plat ou sur champ, à la demande du travail à faire.

En acier, l'on trempe la tête, et on la fait revenir bleu-clair.

En fer, la tête est cémentée et trempée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En fonte, la clé est renforcée dans toutes ses parties par des nervures ; seulement, je n'en conseille pas l'usage pour un emploi journalier : c'est pourquoi je n'en donne pas de dessin.

Clé de robinet.

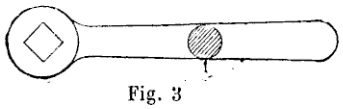


Fig. 3

La figure 3 représente une clé pour robinet; elle se fait en acier; alors on trempe la tête sec, sans faire revenir; ou en fer, la tête dans ce cas est cémentée et trempée.

Clé à molette.

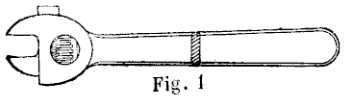


Fig. 4

La figure 4 représente la clé à molette, qui se fait toujours en acier, et dont la tête et la vis doivent être trempées dur.

Clé à griffes.

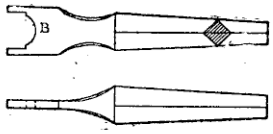


Fig. 5

La figure 5 représente une clé destinée aux écrous noyés dans la matière ; elle doit être en acier. A la trempe, on doit faire revenir bleue son extrémité B, et même bleu-clair si l'acier est vif. En fer, cette extrémité est cémentée et trempée.

Clé à douille.

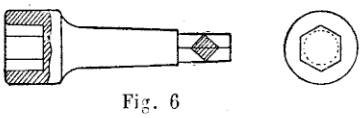


Fig. 6

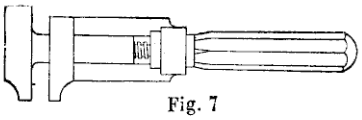
La clé à douille (fig. 6) est spécialement affectée aux écrous à six pans, placés dans une position que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on ne peut pas toujonrs desserrer pour une cause ou pour une autre.

Elle se fait en acier, et alors on trempe bleue la tête destinée à faire mouvoir l'écrou ; en fer, on se contente de la cémenter et de la tremper.

Toutes ces clés, plus ou moins connues, et plusieurs autres dont je m'abstiens de parler, n'avaient pas satisfait tous les besoins ; c'est pourquoi la clé anglaise est venue parer à toutes ces



Clé anglaise.

Fig. 7

exigences (fig. 7). Je ne m'étendrai pas sur sa sa description. Mise dans le commerce, par l'établissement des *Forges de Vulcain*, qui en possédait le brevet, elle a changé plusieurs fois dans ses menus détails, pour revenir à peu près à ce qu'elle était à l'état primitif.

Elle se fait en fer ou en acier, et comme trempé les mordaches doivent recevoir la même que les clés ordinaires.

Avec la clé à molette, la clé anglaise est un outil de première nécessité dans tous les ateliers.

Cliquet. Le cliquet simple (fig. 1) sert à percer les trous à la main, à aléser et quelquefois à tarau-



Fig. 1

der. Il affecte différentes formes, il peut être en acier ou bien en fer cémenté et trempé, le ressort seul

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est alors en acier. La figure 2 représente le cliquet

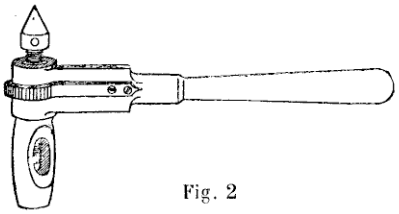


Fig. 2

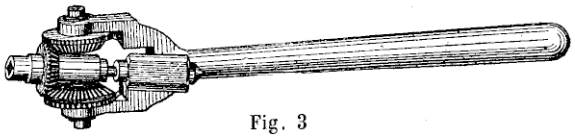


Fig. 3

à canon monté et la figure 3 le cliquet à engrenages à double effet.

Clitographe à rainures. Le clitographe est un appareil très utile qui permet d'indiquer les pentes des arbres, des tourillons, etc. L'examen seul de la figure en indique l'emploi.



Coke. Le coke est, par rapport à la houille, ce qu'est par rapport au bois le charbon ordinaire. Lorsqu'on chauffe de la houille en vase clos, on en retire, entre autres produits principaux, par la distillation :

1° Des gaz *hydrocarbonés* combustibles, utilisés pour l'éclairage ou pour le chauffage ;

2° Des *goudrons* de nature plus ou moins complexe, dont on tire un grand nombre de matières différentes: *benzine*, matières colorantes *bleues*, *roses*, *violettes*, etc.;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° Du *coke* qui reste, comme résidu solide, plus ou moins boursouflé dans les appareils distillatoires. Le coke ne brûle facilement qu'en grande masse et sous l'influence d'un courant d'air un peu actif.

Le coke laisse après sa combustion plus de cendres qu'un égal poids de la houille dont il provient, parce que les matières volatiles n'en fournissent pas. Cette plus grande quantité de cendres offre des inconvénients par les scories qu'elle produit, surtout dans le service des chemins de fer, ou plus généralement dans le chauffage des appareils à vapeur à haute pression, dans lesquels la température doit être activée par une grande quantité de combustible.

Combustible. On donne le nom de combustible à toute matière qui a la propriété de brûler, et dont on fait du feu pour obtenir une production de chaleur plus ou moins grande, comme le bois, la houille, etc.

Compas. L'un des outils le plus indispensable à l'ouvrier mécanicien est le *compas;* suivant sa forme, il sert à décrire des cercles ou à prendre des mesures intérieures ou extérieures.

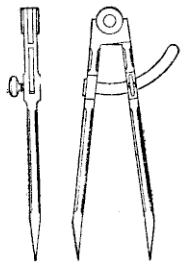


Fig. 1

Le compas *droit* (fig. 1) doit être en acier fondu ou en fer, avec branches en acier. L'axe de sa charnière doit être aussi gros que possible; son diamètre environ doit avoir la moitié de celui du nœud. Sous la vis, il est bon d'y adjoindre une petite plaque en acier afin que le serrage, si celle-ci a du jeu,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ne se fasse pas directement sur le secteur par son extrémité, sans quoi, en serrant, les branches peuvent glisser et ne pas rester à la position donnée.

Les pointes doivent être trempées comme un burin, et affutées en biseau.

Le compas *maître de danse*, indispensable au tourneur, à l'ajusteur et au monteur, pour prendre

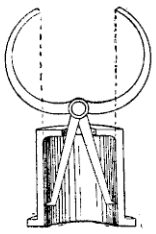


Fig. 2

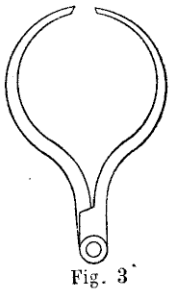


Fig. 3

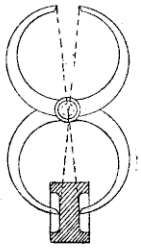


Fig. 4

des mesures d'alésage ou toute autre, peut être fait comme le compas droit, en ayant soin toutefois de ployer les branches à l'intérieur ou à l'extérieur (fig. 5).

Pour avoir un seul compas avec lequel on puisse prendre des mesures intérieures ou extérieures. il suffit de faire la charnière comme l'indique les figures 2 et 5 : composée simplement de deux branches plates en tôle ou en acier, et rivées.

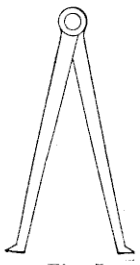


Fig. 5

Le compas à *ressort* tout en acier, plus facile à régler (fig. 6) que le compas droit, est préférable pour les petits travaux. A l'état de repos, on ne doit jamais le fermer complètement.

Le compas à *verge simple,* destiné à décrire de grandes circonférences, ou à relever et à reporter

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des distances plus grandes que celles relevées avec le compas ordinaire, est composé d'une règle ou *verge* sur laquelle se meuvent deux coulisseaux,

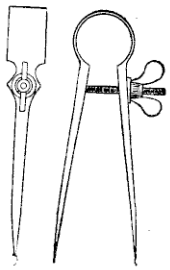


Fig. 6

après lesquels sont adaptées par taraudage deux pointes en acier trempé comme les burins. Les coulisseaux doivent avoir chacun une paillette en acier ou en laiton sous chaque vis de serrage. La règle et les coulisseaux doivent être en fer ou en acier non trempé, et ajustés à frottement doux.

Le compas à verge (fig. 7) de *précision* est construit comme le précédent, à l'exception toutefois

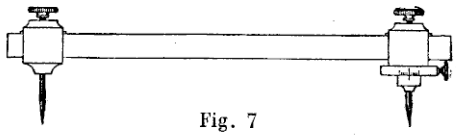


Fig. 7

que l'un des coulisseaux est gradué de dix divisions sur le collet de la vis de la pointe mobile qui a le pas de 1 millimètre, ce qui donne l'approximation à un dixième.

Le compas d'*épaisseur* (fig. 3) a les branches cintrées pour faciliter la prise de dimensions, et spécialement de diamètres ; à cela près, il est en tout point fait comme le compas ordinaire.

Les compas d'épaisseur se font également sur le même modèle que les compas à ressort. Si l'on désire avoir à la fois un compas maître de danse et un compas d'épaisseur, il n'y a qu'à suivre le modèle de la figure 2, qui consiste en deux branches simples en acier, de 3 à 4 millimètres d'épaisseur, réunies au moyen d'un rivet qui leur sert d'axe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 4 représente un compas d'épaisseur à *reproduction* dont l'axe doit être placé rigoureusement à moitié de sa longueur totale entre pointes.

Dans les figures 2, 4 et 5 les branches sont légèrement cintrées sur plat pour venir se rencontrer à leurs extrémités qui doivent être trempées. Malgré cette obliquité, il est aisé de les faire passer l'une sur l'autre.

Compression. Lorsque la lumière d'échappement vient à se fermer, la vapeur contenue dans le cylindre, à la pression de l'échappement, est comprimée par le retour du piston ; c'est cet effet qui a reçu le nom de compression, et qui est l'inverse de la détente.

Condensation. La condensation de la vapenr dans les machines se fait dans un récipient de diverses formes, appelé condenseur, après qu'elle a agi sur le piston.

Il y a les condenseurs à mélange et les condenseurs à surface.

Dans les condenseurs à mélange, l'injection d'eau se fait sous forme d'une gerbe ou nappe conique, lancée par un ajustage divergent, ou bien encore, et le plus généralement, sous forme de pluie, au moyen d'un tuyau en cuivre, placé dans l'axe du condenseur, et percé d'un très grand nombre de petits trous ou de fentes étroites. Le vide dans le condenseur ne doit pas être poussé au dela de $0^m,58$ de mercure ; il se fait au moyen d'une pompe à air commandée, soit directement par la tige du piston de la machine, soit par une tige spéciale, soit par une contre-tige, placée directement dans le prolongement de celle du piston, soit par un balancier, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour la conservation des chaudières, quand les eaux sont trop incrustantes on a recours aux condenseurs à surface. La vapeur d'échappement débouche alors sur un faisceau tubulaire assez considérable, composé de petits tubes en laiton ayant au plus 20 millimètres de diamètre extérieur. L'eau condensée sur les tubes est reprise par une pompe spéciale, ou par la pompe alimentaire et retourne directement à la chaudière. De cette façon, l'eau employée est distillée, il n'y a qu'à remplacer les petites pertes qui se produisent. La surface tubulaire d'un condenseur doit être environ vingt fois plus grande que la surface de grille de la chaudière.

Conduite des machines. (Voir *Machine à vapeur*, *Conduite*).

Cône. Le cône (fig. 1) est une figure terminée par un cercle (que l'on appelle sa base) et par une surface courbe qui serait exactement recouverte par une série de fils tendus joignant un point unique (qui est le sommet du cône) à tous les points de la circonférence de la base.

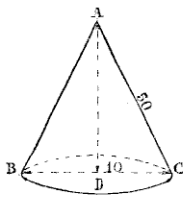


Fig. 1

La hauteur d'un cône est la perpendiculaire abaissée du sommet sur le plan de la base : soit AD.

On appelle *côté*, *arête du cône* ou *apothème* une des droites qui vont du sommet à un point du contour de la base : soit AB.

La surface latérale du cône s'obtient en multipliant la circonférence de la base par l'arête du cône, et prenant la moitié du produit.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Soit :

$$\frac{\pi \times 10 \times 50}{2} = \frac{3.14 \times 10 \times 50}{2} = 785.$$

Le volume d'un cône s'obtient en multipliant la surface du cercle de base par la hauteur, et prenant le tiers du produit (fig. 2).

Soit :

$$\frac{5 \times 5 \times \pi \times 40}{3} = \frac{5 \times 5 \times 3.14 \times 40}{3} = \frac{25 \times 125,6}{3} =$$

$$= \frac{3140}{3} 1046.66$$

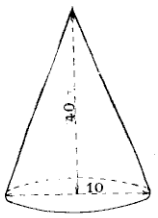


Fig. 2

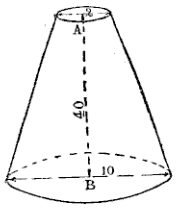


Fig. 3

Si on coupe un cône par un plan parallèle à sa base, on détache du côté de la base un volume appelé tronc de cône ou cône tronqué (fig. 3).

On appelle bases du tronc de cône ses deux faces parallèles, et hauteur la perpendiculaire AB, menée d'une base sur l'autre.

La surface latérale d'un tronc de cône s'obtient en multipliant la demi-somme des circonférences des bases par l'arête (fig. 4). Soit :

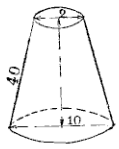


Fig. 4

$$\frac{(2 \times \pi) + (10 \times \pi)}{2} \times 40 = \frac{(2 \times 3.14) + (10 \times 3.14)}{2} \times 40 =$$

$$= \frac{6.28 + 31.4}{2} \times 40 = \frac{37.68}{2} \times 40 = 18.84 \times 40 = 753.6$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour trouver le volume d'un tronc de cône, on évalue les surfaces de ses deux bases, puis la racine carrée du produit de ces surfaces; on additionne le tout; on multiplie la somme par la hauteur, et on prend le tiers du produit (fig. 3). Soit :

$$\frac{\left((5\times5\times\pi)+(1\times1\times\pi)+\sqrt{(5\times5\times\pi)\times(1\times1\times\pi)}\right)\times40}{3}=$$

$$=\frac{\left((5\times5\times3.14)+(1\times1\times3.14)+\sqrt{(5\times5\times3.14)+(1\times1\times3.14)}\right)\times40}{3}$$

$$=\frac{\left((25\times3.14)+(1\times3.14)+\sqrt{(25\times3.14)\times(1\times3.14)}\right)\times40}{3}=$$

$$=\frac{\left((78.5+3.14+\sqrt{(78.5\times3.14)}\right)\times40}{3}=$$

$$=\frac{\left((81.64+\sqrt{246.49}\right)\times40}{3}=$$

$$=\frac{(81.64+15.7)\times40}{3}=$$

$$=\frac{97.34\times40}{3}=$$

$$=\frac{3893.60}{3}=1297.86.$$

Copeaux. Les copeaux sont des déchets des pièces métalliques travaillées à la main ou à la machine. S'ils n'ont pas été aimantés avant la mise en lopin et la mise au four, il est prouvé que, s'il reste une simple parcelle de cuivre, de bronze, de zinc, etc., dans la masse, elle empêche le fer de souder, ce qui entraîne alors des inconvénients graves, aussi bien pour l'ouvrier que pour les intérêts du patron; c'est pourquoi je ne saurais trop insister pour recommander d'en faire le triage avec beaucoup de soin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Corde à boyaux. La corde à boyaux est employée au lieu et place de la courroie ordinaire pour transmettre le mouvement dans les endroits où il serait impossible de l'obtenir avec cette dernière.

Plus raide que la corde ordinaire, elle ne s'allonge pas ou très peu; elle peut être sans fin, et alors on réunit ses deux extrémités au moyen d'une épissure. Le procédé le plus usité est l'*épissure longue*, qui a l'avantage de conserver à la corde son diamètre. Pour la faire, on commence par détendre 5 à 8 centimètres d'un toron de chacun des bouts que l'on veut joindre. Rapprochant les deux bouts l'un de l'autre, on fait entrer le toron détendu de l'un d'eux dans le vide qu'a laissé le toron détendu de l'autre, et on les enlace ensemble, de manière à les bien arrêter. Cela fait, on procède à l'entortillement des deux autres torons, de la même manière, en remplaçant le toron que l'on défait, au fur et à mesure, d'un des bouts de la corde, par le toron correspondant de l'autre, et les arrêtant tous trois à de certaines distances les unes des autres. Pour éviter que l'épissure ne se défasse, on passe avec un pinceau une légère couche de colle de menuisier sur chaque nœud des torons, après en avoir coupé les bouts excédants, et quelquefois même après avoir entouré d'une ficelle serrée, solide et fine, l'épissure sur toute son étendue.

Si la jonction des deux bouts ne se fait pas par épissure, on peut la faire au moyen d'une agrafe en acier taraudée, dont le crochet doit être trempé bleu, et enduite de graisse de temps à autre pour éviter un trop grand frottement, et par conséquent l'usure. L'extrémité de la corde doit entrer avec beaucoup de serrage dans le taraudage, et dépasser

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'environ 3 millimètres, dernière partie que l'on fait disparaître en appuyant fortement un fer rougi pour former ce que l'on appelle la soudure. De cette façon, on est certain d'avoir une position fixe pour l'agrafe. La jonction peut se faire encore autrement (voir *Nœud*).

La corde à boyau est encore employée à conduire la bobine de l'arçon ; pour cet usage, elle est alors entourée d'un fil métallique destiné à éviter une usure trop rapide.

Cordeau. Le cordeau ou fouet est une corde fine, ordinairement eu chanvre, dont on se sert pour effectuer le traçage des épures de différentes constructions ; des tôles de petite et de grosse chaudronnerie, etc. On le roule autour d'une bobine de bois traversée par une broche et quand l'on veut s'en servir on le passe au blanc en poudre.

Coulisse de Stephenson. Ce mécanisme (fig. 1) employé spécialement dans les locomotives et dans les machines de marine, permet de renverser le sens de la marche, et de faire varier le degré de détente. Quoique l'examen de la figure en indique suffisamment le fonctionnement, je vais en dire deux mots. Deux excentriques circulaires égaux sont calés sur un même arbre tournant. Les barres de ces deux excentriques sont articulées avec la *coulisse*, qui est en arc de cercle et dans laquelle est engagé le *coulisseau*. La coulisse est suspendue par deux bielles à un point fixe d'une manivelle de l'*arbre de relevage*. Le coulisseau est relié à la tige du tiroir par des dispositions variables. Quand l'on veut changer la marche, on ferme le régulateur de façon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à n'avoir plus d'admission dans les cylindres, on agit alors sur le levier de changement de marche afin qu'il vienne occuper la position contraire et on ouvre de nouveau le régulateur, de cette façon on marche en sens inverse.

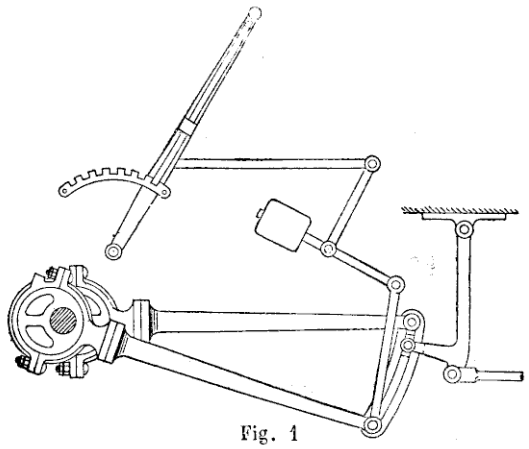
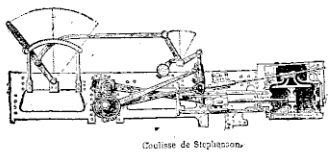


Fig. 1

La figure 2 représente le montage général d'une coulisse même type mais suspendue par son milieu.



Coulisse de Stephenson.

Fig. 2

Pratiquement on donne le nom de *point mort* au milieu de la coulisse, c'est une erreur ; quoiqu'une machine ne démarre généralement pas à ce point, le tiroir distribue encore, et le *vrai point mort* correspond à un autre point de la coulisse plus ou moins éloigné de son milieu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Coulisses diverses :

La coulisse de *Gooch* diffère de la précédente en ce sens que la concavité est tournée vers le cylindre, et c'est le coulisseau qui se déplace dans le sens vertical. Cette coulisse fournit une admission constante, mais a le désavantage de nécessiter l'emploi d'une bielle de tiroir très longue, ce qui est un inconvénient pour les locomotives où l'emplacement disponible est restreint.

La coulisse d'*Allan*, en Angleterre, et de *Trick*, en Allemagne, est une composition des deux précédentes; elle est rectiligne, et le relevage déplace à la fois la coulisse et le coulisseau; les avances à l'admission sont moins constantes que dans la précédente, la bielle de tiroir doit être également longue, et, pratiquement, elle ne vaut pas la dernière, le mécanisme étant plus compliqué.

Dans le système *Barbat*, au lieu d'être mobile, la coulisse est fixe, et ne fait qu'osciller autour d'un axe correspondant à la demi-course du coulisseau qui est mobile, et qui se déplace dans le sens vertical. De cette façon, la distribution n'est commandée que par un seul excentrique, commun à la marche en avant et à la marche en arrière, et dont le déplacement nécessaire et variable est donné par une disposition de bielles de rappel ou par un plateau commandé par l'arbre moteur.

Dans tous les systèmes énoncés, la manœuvre du changement de marche s'opère au moyen d'un levier qui vient s'engager dans les crans d'un secteur, comme l'indique les figures 1 et 2 ou à l'aide d'un changement de marche à vis comme dans les locomotives, ou d'un servo-moteur, comme dans la marine et sur certaines locomotives, de façon à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pouvoir faire varier à volonté la course du tiroir et par conséquent le degré de détente.

Je ne m'arrêterai pas sur les dispositions Walschaert, de Strong, de Brown, etc. Pour plus de détail, le lecteur pourra se reporter à l'ouvrage de M. E. Pichault *(Les Appareils de distribution)*.

Les coulisses (d'une seule pièce ou en plusieurs pièces) sont en fer cémenté et trempé, ou en acier trempé. Le ou les coulisseaux (pièces en fer cémenté et trempé, ou en acier trempé) qui glissent à l'intérieur des précédentes, et qui par l'intermédiaire des bielles (également en fer ou en acier, avec têtes cémentées et trempées, ou simplement trempées), transmettent le mouvement à la tête du tiroir, sont des pièces qui doivent être parfaitement calibrées et ajustées dans la coulisse, sans jeu et à frottement doux.

Après la trempe, tous les organes extérieurs formant l'ensemble de la distribution (coulisses, coulisseaux, bielles de tiroir, bielles de suspension de coulisse, etc.), doivent être nettoyés aux machines à polir, dégauchis avec soin au marteau ou à la griffe, de telle sorte que les articulations n'offrent aucune résistance au mouvement, résistance qui dépense de la force en pure perte.

Les coulisseaux, spécialement, demandent beaucoup d'attention, car ils sont toujours à vérifier et à réajuster après la trempe, travail que l'on fait à la meule, à l'émeri ou au lapidaire.

Tous les trous des organes précités doivent être rodés et munis de pattes d'araignée en correspondance avec un trou graisseur, fraisé extérieurement.

En somme, l'ajustage d'une distribution demande

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'intelligence, du soin et de la pratique pour arriver à un bon résultat.

Courroie. La courroie sert à transformer (fig. 1) un mouvement circulaire autour d'un axe A en un mouvement circulaire autour d'un axe A' parallèle au premier.

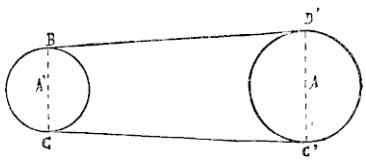
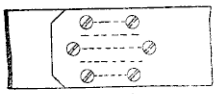


Fig. 1

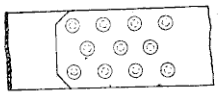
Les courroies ordinaires sont faites avec de longues bandes de cuir de bœuf, cousues ensemble et assemblées à leurs extrémités, soit par une couture avec lanière, avec vis, avec rivets (fig. 2 à 9) ou par un système quelconque (voir *agrafes*).

La largeur de la courroie doit varier environ, pour avoir un travail utile, entre les huit neuvièmes ou

Courroie vissée


Fig. 2

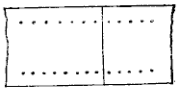
Courroie rivée


Fig. 3

Courroie collée


Fig. 4

Courroie collée, cousue


Fig. 5

les neuf dixièmes de la largeur de la poulie, et la tension avec laquelle on la fait travailler ne doit pas dépasser 0 kg,3 par millimètre carré de section.

Lorsque les courroies sont neuves et très sèches, elles patinent au début, dans ce cas on peut les enduire d'un mélange de colophane en poudre, avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un peu d'huile et même simplement de colophane, et les tendre un peu fortement, sans exagération, pour commencer.

Courroie cousue

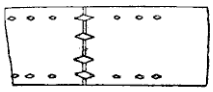


Fig. 6

Courroie double à vis

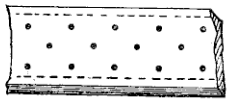


Fig. 7

Courroie à talons à vis



Fig. 8

Courroie double à trois talons, cousue

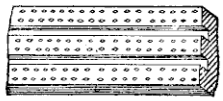


Fig. 9

Les poulies qui reçoivent les courroies doivent avoir leur surface en contact parfaitement unies et la courrroie doit être montée côté *cuir* et non côté *chair*. En somme la marche doit être régulière et sans frottement.

L'assemblage métallique aujourd'hui est de beaucoup préférable à tout autre, au point de vue de l'économie et de la sécurité, mais les courroies qui partent directement du moteur doivent autant que possible être assemblées avec des lanières, de même que pour l'éclairage électrique on doit donner la préférence aux courroies collées, pour éviter les ressauts. Lorsque la tension de la courroie devient trop faible pour développer

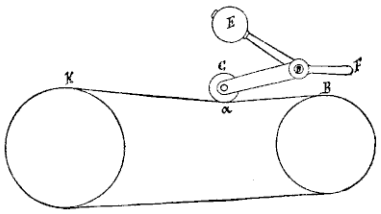


Fig. 10

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur les tambours l'adhérence nécessaire à la transmission, on peut accroître cette tension en faisant peser sur la courroie (fig. 10), en un point quelconque *a* de la portion libre KB, un rouleau C mobile autour de son axe, et attaché à un levier coudé qui peut tourner autour du point D, et qui porte à son extrémité un contrepoids E. Une poignée F sert à déplacer le système autour de son axe.

Il est important dans les cas ordinaires de ne tendre les courroies que le moins possible ; on dépense moins de force motrice pour un même résultat, et j'ai toujours remarqué un défaut dominant dans presque tous les ateliers, c'est l'emploi de trop forte courroie, relativement à l'effet à produire, et l'habitude de leur donner une trop grande tension.

On désigne sous le nom de brins d'une courroie les deux parties (fig. 1) BB' et CC' de cette même courroie.

Outre les courroies en cuir, il y a encore les courroies en caoutchouc vulcanisé, avec toile interposée qui donnent de meilleur résultat que les précédentes mais qui craignent l'humidité et qu'il faut avoir soin de ne pas croiser ; en coton, en gutta-percha, en fil de fer, en poils de chameau, etc.

Coussinets. Les coussinets, qui sont pour ainsi dire des boîtes à frottement employées dans les machines, sont ordinairement composés de deux pièces, quelquefois trois, quatre et même davantage. Ils doivent être disposés de manière à bien embrasser les tourillons qu'ils supportent, et à pouvoir se rapprocher pour rattraper le jeu qui peut se produire à la longue par le frottement ; ils doivent posséder des pattes d'araignée pour faciliter le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

graissage. Ils sont généralement en bronze ; on en fait en métal blanc et même en fonte : ces derniers conservent assez bien l'huile, et sont moins chers que les premiers.

Les coussinets en gaïac, en amandier reviennent à bon marché, conservent bien les corps lubréfiants, mais attaquent légèrement le fer; aussi ne doit-on les employer que pour les mouvements continus de rotation, et non pour les mouvements alternatifs, sous peine de voir les tourillons s'ovaliser. Le cormier est également bon. On peut aussi employer des coussinets en matières plus dures que les tourillons eux-mêmes, telles que le fer cémenté et trempé, l'acier, etc.

Les coussinets doivent être ajustés très exactement, et n'éprouver aucun ballottement.

Les coussinets de rechange (la paire se soude généralement à l'étain, et ne se désoude qu'après ajustage) doivent posséder des dimensions un peu plus grandes extérieurement (1 millimètre environ) pour permettre l'ajustage dans les cages qui, quelquefois, sont un peu usées; ils peuvent être tournés à l'avance et avoir un alésage d'un diamètre un peu plus faible pour parer à l'inconvénient d'un tourillon à rafraîchir. Pour ajuster un coussinet de rechange, il faut toujours prendre comme base l'alésage, se centrer et se dégauchir d'après ce dernier.

Un coussinet bien ajusté dans sa cage doit porter à bloc dans le fond de cette dernière, sans serrage et sans jeu, c'est-à-dire que la cage doit être parfaitement calibrée suivant les règles de la pratique, et le coussinet de même.

Les congés d'un coussinet doivent être bien dégagés, pour permettre la circulation de l'huile,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sinon en obtient certainement des chauffages qui sont souvent attribués à d'autres motifs.

Si un tourillon est légèrement grippé, il faut le repolir à l'émeri avec le rodoir à manivelle, et, avant de reposer le coussinet dessus, avoir bien soin de l'essuyer, plutôt deux fois qu'une, ainsi que le coussinet, et réajuster ce dernier à la lime, et au grattoir, s'il le faut. Lorsque l'on est certain que le tout est bien fait, et la portée du coussinet complète et sans gauche, on fait les pattes d'araignées droites ou en croix, on enlève avec soin les bavures de ces derniers, on essuie à nouveau, et alors, avec le doigt ou un chiffon propre, on imprègne d'huile le tourillon et l'intérieur du coussinet, et on met en place. De cette façon, on peut être certain de marcher dans de bonnes conditions.

Mais, si le tourillon est rayé ou fortement grippé, il ne faut pas hésiter à le remettre sur le tour pour le rafaîchir, et ne pas vouloir le réparer à la lime, à moins de force majeure, sinon on obtient toujours un mauvais résultat. Le graissage d'un coussinet doit être assez abondant, sans pour cela être abusif, mais il faut avoir soin d'employer des huiles excellentes, et alors on obtient le graissage à un grand degré de perfection.

Certains individus se figurent qu'un coussinet neuf doit pour ainsi dire n'avoir besoin d'aucune surveillance ; c'est là une grossière erreur, et tout celui, tant soit peu au courant de la mécanique, comprend facilement que c'est à une mise en marche, qu'il s'agit de le soigner, pour que le rodage se fasse.

Dans une *filière* les *coussinets* (fig. 1) sont la partie ouvrière ; aussi doit-on y apporter tout le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soin voulu dans leur confection, puisque c'est de leur bonne exécution que dépend la perfection du filetage.

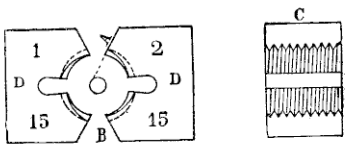


Fig. 1

On les prend dans une barre d'acier d'un calibre un peu plus gros que la groseur du coussinet, et qu'on refoule à la forge. Les coussinets forgés sont moins sujets à se criquer à la trempe, à s'égrener dans les filets que les coussinets non forgés. L'acier fondu qu'on emploie à la confection, ayant un fil prononcé, il importe tout d'abord de savoir si on fera le taraudage sur le bout ou sur le côté du fil, de façon à ce que ce fil soit parallèle ou perpendiculaire à la longueur de la filière. Quand le coussinet est fileté des deux côtés, on met le fil perpendiculaire; si on le faisait parallèle à la longueur de la filière, les criques se manifestant le plus souvent dans le sens du fil qui dans ce cas serait celui de la plus petite dimension, le coussinet se fendrait en deux pièces à la première pression qu'il subirait. Mais quand le coussinet est long, il est bien préférable de faire le filetage en bout qui est plus dur que le filetage en travers.

Une fois les coussinets forgés, on les ajuste dans le cadre de la filière et à la demande, ou bien dans une autre reproduction fidèle de ce dernier, et on s'occupe du soin de fileter; on emploie à cet effet, des tarauds spéciaux, appelés mères, ayant au moins cinq rainures. Les gros diamètres sont généralement filetés, après quoi on les finit avec le taraud mère pour avoir une coupe régulière

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque l'on a de prime abord l'apparence du plein filet, on donne un léger coup de lime douce sur le sommet des filets pour enlever les bavures et retarauder ensuite encore à plein filet.

L'inclinaison de la coupe doit être faite entre le cinquième et le septième environ du diamètre à tarauder suivant la ligne A. L'espace libre entre eux B pour la coupe doit être environ un tiers du diamètre jusqu'à 35 millimètres et un quart au-dessus de ce chiffre. Ils doivent être légèrement fraisés des deux côtés du trou taraudé pour éviter les éclats. Le filetage se fait d'ordinaire après qu'on a pratiqué le dégagement du fond; d'autres fois cependant on fait le filetage avant les dégagements.

Leur épaisseur C pour un petit diamètre peut dépasser celui à tarauder, mais il n'y a pas utilité, je conseille même de ne pas le faire, et pour les gros diamètres un tiers environ en moins donne une épaisseur suffisante. Ils doivent être repérés suivant la lettre de leur filière et la place qu'ils doivent occuper, et avoir l'indication de leur diamètre.

Pour tremper un coussinet, il doit être chauffé lentement, uniformément et couleur rouge cerise, après quoi on le plonge dans l'eau par le côté D à 5 ou 6 millimètres de profondeur, ou plus, suivant sa grosseur, en ayant soin de ne pas atteindre le dégagement pour empêcher la casse; ceci fait, on le retire pendant cinq ou six secondes, et on le replonge à nouveau et en entier toujours par le même côté D. Ensuite, il faut le nettoyer, et poser la partie D, les filets en haut, sur du grès pilé, chauffé, ou, à son défaut, sur une tôle légèrement rouge, pour le laisser revenir jaune-paille si l'acier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est bon, ce qu'il est facile de constater en l'essayant avec un tiers-point doux, ou gorge de pigeon dans le cas, d'un acier de moindre qualité, après quoi il n'y a plus qu'à le tremper complètement dans de l'eau bien propre, et à 20° environ, recouverte d'une légère couche d'huile, le retirer ensuite et le laisser refroidir de lui-même.

Une chose importante, qu'il ne faut pas oublier, c'est de toujours recuire les coussinets avant l'ajustage, et une seconde fois avant le taraudage. Ils ne doivent être séparés de leur calibre ou de la filière pour les tremper qu'après la terminaison complète, et en B il faut y mettre une cale d'épaisseur, bien juste, d'après les indications prévues plus haut, pour permettre le taraudage.

Les coussinets à plusieurs filets doivent avoir comme épaisseur au moins la hauteur du pas à faire; ainsi, si le pas d'un coussinet est de 30 millimètres, il faut lui donner 30 millimètres d'épaisseur, le diamètre de la tige n'aurait-il que 12 millimètres. Il faut, le plus possible, ne fileter que des boulons qui aient le même diamètre que la mère qui a formé les coussinets ; quand ils sont beaucoup plus gros, le pas se double souvent, parce que les filets de la filière, étant plus inclinés que ne doivent l'être ceux du boulon, la partie coupante d'un filet atteint la partie coupée par le filet inférieur avant que la filière ait fait un tour entier; si elle l'atteint au bout d'un demi-tour, le pas est doublé. Pour le comprendre, il s'agit de faire attention que la filière trace sur le boulon des traits qui ont à peu près la même inclinaison que ses filets. Quand la différence entre la mère et le boulon n'est pas grande, les parties coupantes ne rentrent dans les filets infé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rieurs qu'un peu avant le tour entier, et le pas ne peut par conséquent pas se doubler.

Dans ce cas, il arrive que les écuelles, ou vides du boulon obtenu, sont plus grands que les pleins, parce que le filet de la filière, étant plus incliné que celui du boulon, ne coïncide pas avec lui, et a pour résultat d'agrandir l'écuelle pour pouvoir s'y loger. Cette différence de dimension entre le filet de la filière et le vide du boulon est d'autant plus faible que les pas de la filière embrassent une moins grande partie de sa circonférence.

Si le diamètre du boulon est plus petit que celui de la mère, il n'y a que le fond de la partie filetée qui travaille ; ce fond, étant occupé par le dégagement, il ne se fait que très peu de contact, et alors il est presque impossible de maintenir la filière dans une position parfaitement horizontale : la matière au lieu d'être coupée est refoulée, et le résultat donne souvent un pas double par une raison analogue à celle que j'ai donnée pour le cas du boulon plus grand que la mère ; seulement, les parties coupantes ne rentrent dans les parties coupées inférieures qu'au bout de deux ou trois tours de la filière ; on produit, en tout cas, un pas mâché et irrégulier ; souvent on tourne sans rien faire et on ne produit plus l'hélice. Il est donc préférable que le boulon à fileter soit plus gros que plus petit que la mère ; mais, je le répète, plus la différence sera faible, plus le résultat sera bon.

Voilà la raison pour laquelle je conseille, pour un travail de précision, d'employer un *coussinet lunette* pour rectifier un taraudage un peu plus fort fait par les coussinets ordinaires.

Lorsque l'on exécute une paire de coussinets,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on doit s'occuper s'ils sont destinés au fer, à l'acier, au cuivre jaune ou rouge, ou au bronze, etc., afin de leur donner plus ou moins de coupe; plus la matière à travailler est tendre, moins ils doivent couper ; il faut également se renseigner s'ils doivent travailler dans les deux sens en filetant et en revenant, et s'ils doivent tarauder à fond d'une manière cylindrique, ou si le taraudage doit être un peu plus faible à l'avant qu'à la fin : c'est autant de points qu'il ne faut pas négliger.

Avec les tarauds ordinaires et de petit diamètre, on fait très bien le taraudage des filets ronds ou triangulaires à pas rapide; mais, si le filet est carré, il n'en est plus de même, car alors le taraud fait presque office d'alésoir ; il agrandit le trou, même en appuyant fortement dessus; il est de toute nécessité pour un pareil cas, de tarauder par avancement au même pas, soit en employant le tour, soit par une vis dans un écrou adaptée au taraud.

Les *coussinets* à la *machine* (fig. 2) doivent être en acier fondu de très bonne qualité, confectionnés par paire ou par série de trois, ajustés sur place, et dans de bonnes conditions. Ajuster une paire de coussinets sur une machine pour les mettre à un autre ne doit jamais se faire. L'ajustage terminé, il faut les aléser avec un alésoir cône possédant un dégagement suffisant pour le taraudage des boulons, et ensuite les tarauder avec un taraud semblable à ceux employés par la machine, et de même longueur,

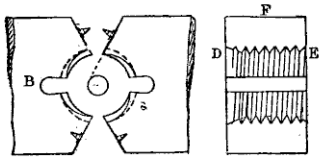


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

possédant un nombre de rainures variable suivant sa grosseur, mais pour le moins quatre, après quoi on passe le taraud mère pour régulariser les filets.

Cela fait, on ajuste la coupe intérieure du filet de manière à ce qu'il ne puisse talonner, mais il ne faut pas l'exagérer, sans quoi l'on s'exposerait à ne pas avoir un taraudage parfaitement rond. Quant à l'inclinaison à donner à la coupe extérieure A, on peut choisir entre le cinquième ou le sixième du diamètre à tarauder; avec ces chiffres, j'ai toujours obtenu de bons résultats.

Il faut avoir soin d'alléger la coupe intérieure B de façon que ce soit celle extérieure qui fatigue le plus, le dégagement des copeaux se faisant beaucoup plus facilement par cette dernière, à laquelle il est toujours possible de donner de la coupe sur la meule lorsqu'il lui en manque.

On doit donner une forte entrée D sur le devant des coussinets pour faciliter la marche, et l'arrière E doit être fraisé à la profondeur d'un filet.

L'espace à donner à la coupe doit être des $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{3}$ du diamètre à tarauder; les $\frac{2}{5}$ sont préférables, car, avec l'affûtage, on arrive par la suite à avoir $\frac{1}{3}$.

L'épaisseur des coussinets dans les petits diamètres doit être égale au diamètre à tarauder; dans les gros, les $\frac{2}{3}$ de ce dernier suffisent.

Pour les tremper, on procède exactement comme pour les coussinets ordinaires, en ayant soin toutefois de les nettoyer du côté de la coupe, qui doit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

revenir couleur jaune paille, si l'acier est de bonne qualité et gorge de pigeon pour un acier inférieur.

Une chose, que l'on ne doit jamais oublier, c'est de les recuire après l'ajustage et avant le taraudage.

Il peut se faire que si l'acier employé est de qualité inférieure, non seulement on obtiendra une coupe qui ne résistera pas, malgré tout le soin apporté dans l'exécution du travail, mais encore l'épaisseur F pourra varier en plus ou en moins après la trempe, ce qui forcément donnera un pas qui sera trop long ou trop court, par rapport à la mère. Dans ce cas, on repasse le taraud mère sans détremper les coussinets et en les serrant insensiblement; de cette façon, on parvient à retrouver le pas primitif.

Les coussinets qui travaillent par série doivent être confectionnés dans les mêmes conditions que les précédents; leur épaisseur A et leur largeur B (fig. 3) varient de 8 à 18 millimètres pour la première, et de 12 à 35 pour la seconde, considérant un taraudage de 8 à 50 millimètres.

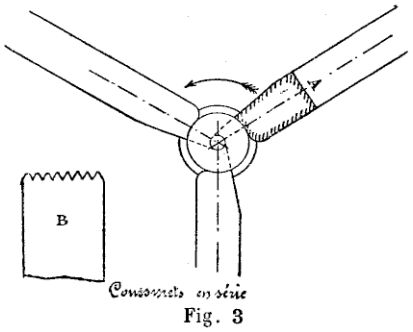


Fig. 3

Quant à l'inclinaison à donner à la coupe, on peut choisir également comme dans les précédents, entre le cinquième ou le sixième du diamètre à tarauder.

Une chose, que je recommande particulièrement,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour l'avoir vu faire à des praticiens distingués, et l'avoir faite moi-même par la suite, c'est de toujours vérifier les filets à la loupe; combien de défauts découverts que l'on peut corriger par un simple examen, et qui ne sont pas visibles à l'œil nu, car plusieurs coussinets de même matière, de mêmes dimensions et taraudés avec la même mère, ne donnent pas toujours le même résultat. (Pour les écrous taraudeurs, voir *écrous*).

Crapaudine (fig. 1 et 2). On donne généralement le nom de crapaudine à une pièce dans laquelle tourne un *pivot* vertical. Le coussinet est ou en deux pièces ce qui permet de déplacer l'arbre latéralement, ou d'une seule pièce et alors il faut

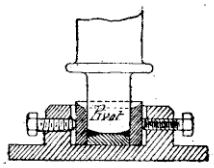


Fig. 1

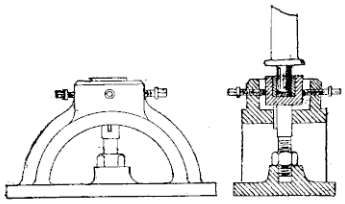


Fig. 2

ménager un déplacement vertical à l'arbre pour permettre de dégager le pivot.

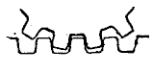
Au fond de la crapaudine se trouve le plus souvent une pièce en acier appelée *grain* ou *culot* et qui présente une surface légèrement convexe. Ce grain se trempe très dur ainsi que la tête du pivot qui doit être également en acier. Ces deux pièces autant que possible se rapportent par ajustage ou filetage goupillé, de façon à pouvoir les remplacer facilement en cas de besoin.

Le graissage d'une crapaudine à l'endroit des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

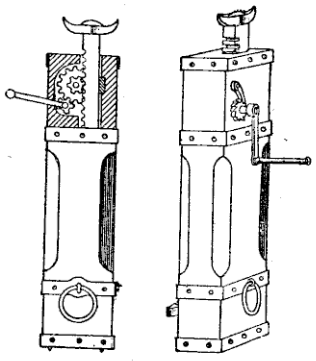
surfaces frottantes, sans être exagéré doit être abondant surtout s'il y a fatigue.

Crémaillère. La crémaillère est un engrenage qni sert à transformer un mouvement circulaire continu en un mouvement rectiligne continu et réciproquement ; il n'est qu'un cas particulier des autres engrenages et par suite tous leurs tracés lui sont applicables. (Voir *Roues d'engrenages.*)


Crémaillère

La crémaillère doit être guidée de manière à ne pouvoir prendre qu'un mouvement de translation suivant sa direction propre.

Cric. Le cric est employé pour soulever les voitures ou les pièces très lourdes, il peut être assimilé au treuil ; seulement au lieu d'une corde qui s'enroule à la surface d'un cylindre, le cric emploie une crémaillère qui engrène avec un pignon. Le pignon pourrait être mis en mouvement par une manivelle ; mais ordinairement, il fait corps avec une roue dentée de plus grand diamètre, qui engrène avec un second pignon, auquel on applique l'effort moteur. Une *roue à rochet* placée en dehors de l'appareil, a pour objet d'arrêter le mouvement ascensionnel de la crémaillère à telle dent qu'on voudra, sans empêcher la continuation de ce mouvement si on veut élever le fardeau davantage. Pour faire descendre le fardeau, on soulève le *doigt* de



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'encliquetage, et les roues dentées deviennent libres de tourner dans les deux sens; mais il faut alors faire équilibre au fardeau par un effort exercé sur la manivelle.

Un cric construit dans de bonnes conditions, doit être léger et les pièces du mouvement doivent être en métal d'excellente qualité sans aucun défaut, soit en fer cémenté et trempé, soit en acier doux que l'on peut tremper également.

Il y a des crics de la force de 100 à 20.000 kilos.

Avant leur mise en service, les crics doivent être essayés au moins au double de la force marquée. Cette force s'indique sur une plaque vissée sur le bois du cric, ou est poinçonnée sur l'une des frettes dans un endroit très apparent.

Si la tête, ou la patte de la crémaillère du cric portent sur une partie métallique, il faut toujours avoir soin d'interposer une cale en bois.

Tout ouvrier avant de se servir d'un cric doit en vérifier les organes visibles et la crémaillère jusqu'à son maximum de course extérieur, sinon la responsabilité d'un accident provenant d'un défaut de ces organes et reconnu ancien, n'incombe pas au patron. Donc il est de toute nécessité d'entretenir un cric en parfait état de propreté afin que rien ne soit caché à la vue.

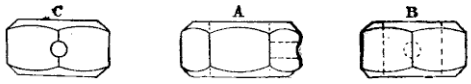
Croquis. Parmi les arts qui prêtent à la construction en général leur puissant concours, le dessin linéaire est sans contredit, celui dont les applications sont le plus fréquemment et le plus utilement invoquées. Les combinaisons les plus compliquées de la mécanique moderne, avant de prendre une forme, reçoivent une première réalisation dans un croquis,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

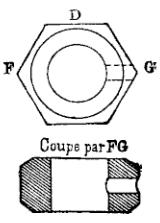
dans un plan, traduction claire et fidèle de l'idée de leur inventeur. Plus éloquent que la parole, un croquis donne la facilité d'embrasser d'un seul regard un vaste système d'opération que la description verbale la plus claire ne parvient pas toujours à bien faire comprendre. D'un autre côté pour apprécier à leur juste valeur les éléments d'une étude, pour en calculer les proportions, corriger les défauts, juger l'ensemble et vérifier les conditions de succès, le moyen le plus rapide et le plus certain, c'est de lui donner la forme linéaire : c'est la marche dictée par le bon sens et confirmée par l'expérience de nos anciens et de nous mêmes.

Cet exposé sommaire suffira je pense pour démontrer à tous l'utilité pour celui qui n'en a pas l'habitude, de faire continuellement des croquis de pièces détachées, lesquelles peuvent être représentées de différentes manières ; prenons un écrou par exemple, et nous voyons que :

La vue de face ou élévation A est la vue principale la plus importante.



La vue de côté B, est généralement le côté gauche rabattu à droite de l'élévation, si le côté gauche et droit sont semblables; dans le cas contraire on peut faire également une vue C du côté droit rabattu à gauche de l'élévation.



La vue en plan D indique la pièce vue par le dessus.

La vue en coupe représente la pièce A, comme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

si elle avait été coupée dans la vue en plan par une ligne FG. Dans ce dernier cas la matière supposée coupée se représente par des hachures ou par une teinte qui correspond à la couleur conventionnelle adoptée pour la matière précitée ; les vides ne doivent pas recevoir de hachures ni de trait.

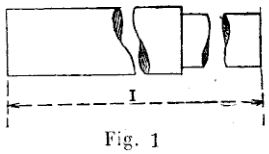


Fig. 1

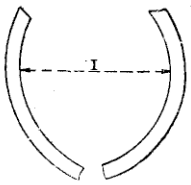


Fig. 2

Si une pièce a de trop grandes dimensions pour la faire figurer en entier sur le papier, on lui fait une ou plusieurs coupes (fig. 1 et 2) suivant sa longueur ou son diamètre en ayant soin toutefois d'indiquer en I la mesure réelle de cette longueur ou de ce diamètre.

Cube. Voir *Racines.*

Cuir. La peau qui a été *tannée* c'est-à-dire pénétrée de tannin devient imputrescible et prend le nom de *cuir.* Avant le tannage les peaux doivent être épilées et macérées, leur contact avec le *tan* (écorce de chêne en poudre) dure de 5 mois à 2 ans, suivant la nature de la peau. Bien des tentatives ont été faites pour abréger la durée du tannage, en général elles ont été peu satisfaisantes, cependant depuis plusieurs années MM. Lalouette et Toce emploient un procédé rapide par l'électricité qui permet d'obtenir l'opération complète pour du cuir de vache par exemple, en moins de cent heures.

En mécanique le cuir est utilisé à faire des cour-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

roies, des lanières, des garnitures pour pistons de pompe, pour clapets, etc.

Cuivre. Le cuivre paraît avoir été connu dans les temps les plus anciens, ce qui se comprend facilement, ce métal se rencontrant dans un grand nombre de localités, soit à l'état libre, soit sous forme de minerais facilement réductibles.

Le cuivre pur possède une couleur brun rougeâtre clair, caractéristique, légèrement teinté de jaune. Il acquiert un très bel éclat par le polissage, il est très malléable et très ductible; on peut le réduire en feuilles minces et l'étirer en fil très fin. Il est en outre très tenace. Un fil de cuivre de 2 millimètres de diamètre peut en effet supporter un poids de 130 kilogrammes sans se rompre.

Quand on laisse refroidir lentement du cuivre amené à l'état de fusion, il se cristallise sous la forme de cubes. Su conductibilité pour la chaleur et l'électricité est très considérable; de là son emploi pour la confection des vases évaporatoires et distillatoires, de fils conducteurs, etc. De très petites quantités de matières étrangères suffisent pour diminuer notablement cette conductibilité.

Les objets de cuivre communiquent aux doigts surtout lorsqu'ils sont humides, une odeur désagréable. Le cuivre est corps simple, il fond à la chaleur rouge; à une température encore plus élevée, il répand des vapeurs qui brûlent à l'air avec une flamme verte. Sa densité varie entre 8,5 et 8,8, il retrait de 11 millimètres par mètre et est fusible à environ 1200°. L'air humide attaque le cuivre et forme ce que l'on appelle le vert-de-gris; heureusement que ce dernier joue le rôle de vernis rela-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tivement à la masse, sans cela nous n'aurions pas une seule statue en cuivre. Cette espèce de vernis naturel est ce que l'on appelle *patine*. Les acides attaquent le cuivre aux dépens de l'oxygène qui leur est propre. L'acide sulfurique ne l'attaque que lorsqu'il est concentré et bouillant. L'acide azotique même étendu l'attaque. L'acide chlorhydrique concentré attaque le cuivre, mais seulement, lorsqu'il est très divisé. Très peu de phosphore rend le cuivre très dur et propre à faire des instruments tranchants.

On a prétendu pendant longtemps que les ouvriers tourneurs en cuivre étaient exposés à une maladie désignée sous le nom de colique de cuivre, et dont on attribuait l'origine à l'inhalation de ce métal. D'après les observations de M. Pietra-Santa, cette maladie n'existe pas, et les légers accidents auxquels sont exposés les ouvriers qui respirent de la poussière de cuivre ne constituent pas une maladie professionnelle. Les moindres soins, la propreté surtout, suffisent pour les combattre.

Le cuivre est spécialement tiré de la Suède, de l'Angleterre, de la Turquie, de la Russie, du Chili, etc., il fait partie des alliages les plus importants.

On extrait le cuivre des pyrites cuivreuses en exposant celles-ci, à plusieurs reprises, au grillage et à la fusion.

Avec le zinc il constitue le cuivre jaune ou laiton (voir *Laiton*); avec l'étain, le bronze.

Parmi les alliages où le cuivre domine, se distingue encore le *maillechort*.

L'*alliage de Aich* qui à l'état de fusion homogène doit contenir 60 % de cuivre, 38,2 % de zinc et 1,8 % de fer, peut-être travaillé à froid comme à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaud ; il se forge sans perdre de cohésion ; il entre en fusion avec tant de facilité qu'il peut être soumis ensuite aux diverses opérations de martelage, de laminage et de repoussage. Son prix de revient est moindre que celui du laiton et de beaucoup inférieur à celui du cuivre rouge, métaux qu'il remplace avec avantage dans ce sens qu'il présente plus de ténacité et qu'il s'oxyde moins qu'eux.

Pour le poids des feuilles de cuivre (voir *Métal*).

Les tuyaux en cuivre rouge sont de deux sortes : tuyaux brasés et tuyaux sans soudure. Pour ces derniers, leur diamètre intérieur atteint quelquefois 300 millimètres.

Le cintrage se fait à froid, après avoir préalablement recuit le tuyau et l'avoir rempli de résine liquide qu'on laisse refroidir pour éviter l'aplatissement en cours d'exécution.

On plane au petit marteau les bosses qui se produisent.

Souvent lorsque les coudes sont petits on vide le tuyau au milieu de l'opération, on le recuit à nouveau et on recommence le travail comme précédemment.

Lorsque le travail est difficile, en place de résine on peut employer du plomb.

Si l'on a affaire à un tuyau brasé, la ligne de soudure doit se trouver sur le côté et la pince extérieure, la pointe en dedans.

Dans les tuyaux sans soudure de petits diamètres, on en trouve souvent en métal d'excellente qualité qui peuvent se cintrer à froid.

(Voir les tableaux page 178 et 179).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Poids du mètre courant des tubes sans soudure, en cuivre rouge.

Diamètre intérieur	Épaisseur en mm											
	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2	4	5
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
10	0 305	0 390	0 479	0 571	0 667	0 766	0 868	0 974	1 084	1 313	1 556	2 085
11	0 333	0 425	0 521	0 620	0 722	0 828	0 938	1 051	1 167	1 411	1 668	2 224
12	0 361	0 460	0 563	0 669	0 778	0 891	1 007	1 127	1 251	1 508	1 779	2 363
13	0 389	0 495	0 604	0 717	0 834	0 953	1 077	1 204	1 334	1 605	1 890	2 502
14	0 417	0 529	0 646	0 766	0 889	1 016	1 146	1 280	1 417	1 702	2 001	2 641
15	0 444	0 564	0 688	0 814	0 945	1 079	1 216	1 357	1 501	1 800	2 113	2 780
16	0 472	0 599	0 729	0 863	1 000	1 141	1 285	1 433	1 584	1 897	2 224	2 919
17	0 500	0 634	0 771	0 912	1 056	1 204	1 355	1 509	1 668	1 994	2 335	3 058
18	0 528	0 669	0 813	0 960	1 112	1 266	1 424	1 586	1 751	2 092	2 446	3 197
19	0 556	0 703	0 854	1 009	1 167	1 329	1 494	1 662	1 835	2 189	2 557	3 336
20	0 583	0 738	0 896	1 058	1 223	1 391	1 563	1 739	1 918	2 286	2 669	3 475
25	0 722	0 912	1 105	1 301	1 501	1 704	1 911	2 121	2 335	2 713	3 225	4 170
30	0 861	1 086	1 313	1 544	1 779	2 017	2 259	2 503	2 752	3 199	3 781	4 865
35	1 000	1 259	1 522	1 788	2 057	2 330	2 606	2 886	3 169	3 686	4 337	5 560
40	1 139	1 433	1 730	2 031	2 335	2 643	2 954	3 268	3 586	4 173	4 893	6 255
45	1 278	1 607	1 939	2 274	2 613	2 955	3 301	3 650	4 003	4 659	5 449	6 950
50	1 417	1 781	2 147	2 517	2 891	3 268	3 649	4 033	4 420	5 146	6 005	7 645
55	1 556	1 954	2 356	2 761	3 169	3 581	3 996	4 415	4 837	5 632	6 561	8 340
60	1 695	2 128	2 564	3 004	3 447	3 894	4 344	4 797	5 254	6 119	7 117	9 035
65	1 835	2 302	2 773	3 247	3 735	4 206	4 691	5 179	5 671	6 605	7 673	9 731
70	1 974	2 476	2 981	3 491	4 003	4 519	5 039	5 562	6 088	7 092	8 229	10 426
75	2 113	2 649	3 190	3 734	4 281	4 832	5 386	5 944	6 505	7 578	8 785	11 121

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Poids du mètre courant des tuyaux brasés, en cuivre rouge; en longueurs de 3m,30 ou 4 mètres.

Diam. intér. en millimètres	Épaisseur, en millimètres								
	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	4	5
10	0k304	0k393	0k483	0k572	0k663	0k870	1k078	1k548	2k073
15	0.442	0.568	0.691	0.815	0.939	1.216	1.492	2.101	2.464
20	0.580	0.739	0.898	1.057	1.216	1.562	1.907	2.654	3.455
25	0.719	0.912	1.105	1.299	1.492	1.908	2.322	3.207	4.146
30	0.857	1.085	1.313	1.541	1.769	2.254	2.737	3.760	4.837
35	0.895	1.258	1.520	1.783	2.045	2.599	3.150	4.313	5.528
40	1.134	1.431	1.728	2.025	2.322	2.944	3.566	4.866	6.219
45	1.272	1.604	1.935	2.267	2.598	3.289	3.981	5.419	6.910
50	1.410	1.776	2.143	2.509	2.875	3.634	4.396	5.972	7.601
55	1.590	1.949	2.350	2.751	3.151	3.979	4.810	6.525	8.292
60	1.714	2.122	2.557	2.993	3.428	4.324	5.225	7.078	8.993
65	1.895	2.295	2.765	3.253	3.704	4.669	5.640	7.631	8.674
70	2.150	2.468	2.972	3.477	3.981	5.015	6.055	8.184	10.365
75	2.222	2.641	3.180	3.719	4.257	5.361	6.469	8.732	11.058
80	2.407	2.814	3.387	3.961	4.534	5.707	6.884	9.289	11.749
85	2.548	2.987	3.595	4.203	4.810	6.053	7.299	9.842	12.440
90	2.995	3.160	3.802	4.445	5.087	6.399	7.714	10.385	13.13
95	3.085	3.333	4.010	4.887	5.363	6.745	8.128	10.948	13.822
100	3.148	3.406	4.217	5.229	5.640	7.091	8.543	11.501	14.513
105	3.321	3.771	4.424	5.640	6.916	7.437	8.958	12.054	15.204
110	3.520	4.052	4.995	5.772	6.193	7.883	9.373	12.607	15.896
115	4.015	4.418	5.320	6.049	6.469	8.129	9.787	13.160	16.587
120	4.442	4.957	5.832	6.350	6.746	8.478	10.201	13.713	17.278

Cuivre doré par immersion. Passer le cuivre, très bien nettoyé, dans un bain composé de :

6 kil. d'acide sulfurique :
4 » » azotique ;
0k,025 de sel de cuisine ;
0 ,025 de suie de bois.

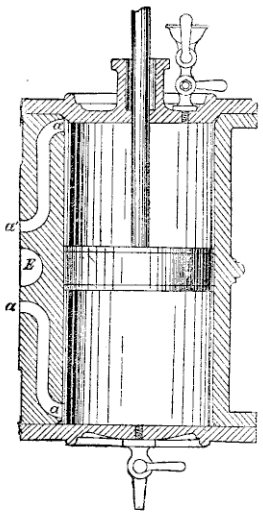
Le retirer, le laver à l'eau, et le sécher dans la sciure de bois.

Cylindre. Le premier organe d'une machine à vapeur est le cylindre. Il est toujours en fonte, et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

alésé avec plus grand soin; ses extrémités portent des parties élargies que l'on appelle *brides*, et auxquelles se fixe un plateau également en fonte, par l'intermédiaire de boulons disposés symétriquement sur une même circonférence. L'un de ces plateaux est le *fond*, l'autre le *couvercle;* ce dernier porte la boîte à étoupe dans laquelle se meut la tige du piston. Pour éviter les fuites, on fait toujours un joint avec du minium, ou d'autres matières, entre le plateau et sa bride.

On voit en *aa'*, près de chacun des fonds, l'ouverture d'un double conduit *aa*, *a'a'*, pratiqué dans l'épaisseur de la face latérale : ce sont les ouvertures qui partent de la *boîte à vapeur*, ou *boîte à tiroir* (espace près du cylindre qui reçoit la vapeur arrivant de la chaudière) et viennent déboucher dans le cylindre; par ces ouvertures, la vapeur arrive alternativement, et agit sur l'une puis sur l'autre face du piston: on les désigne sous le nom de *lumières d'admission*. La partie sur laquelle prennent naissance ces deux lumières est une face bien dressée au rouge, à la lime et au grattoir et que l'on appelle *glace*.



Entre les deux précédentes, on voit une troisième ouverture, E, qui sert à faire échapper la vapeur qui a produit son effet. C'est pour cette raison qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

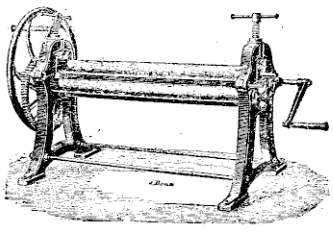
lui donne le nom de *lumière d'échappement* à laquelle fait suite le tuyau par où la vapeur se répand à l'air libre, ou bien va perdre sa force élastique dans le condenseur.

Le procédé employé pour tourner les cylindres est celui indiqué à l'article *Alésoir* et dont le montage est représenté à l'article *Machine à aléser*.

Souvent le cylindre porte une chemise ou enveloppe de vapeur imaginée par le célèbre ingénieur Watt, abandonnée et reprise plusieurs fois. M. Hirn a parfaitement démontré, d'une manière positive et concluante, la nécessité de son emploi. L'économie, réalisée ainsi, peut s'élever à 25 %.

Afin de pouvoir expulser l'eau provenant de la condensation à l'intérieur du cylindre, celui-ci porte un ou plusieurs robinets, désignés sous le nom de *purgeurs*, qui se manœuvrent à la main ou à l'aide de tringles.

Le cylindre est également muni d'un ou plusieurs robinets que l'on nomme robinets *graisseurs*, qui sont tantôt sphériques et à double clé, ou encore à simple clé comme dans le système *Barbat*, ou automatique, comme dans le système *Hochgesand, Drewdal*, etc., et qui servent à lubrifier d'huile de temps à autre les parois du cylindre pour faciliter le mouvement du piston.



Cylindre à cintrer. Le cylindre à cintrer est un appareil destiné à donner aux tôles une forme cylindrique. Il se compose de trois rouleaux dont la distance des centres

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut varier à volonté. L'ensemble de cette machine peut fonctionner à la main, au moyen d'une manivelle comme l'indique la figure, ou mécaniquement, au moyen d'une poulie mise en mouvement par une courroie.

Quand on cintre des tôles, il faut avoir soin de faire travailler le métal dans le *bon sens*, c'est-à-dire que la tôle doit passer à la machine à cintrer, dans le même sens qu'elle a passé au laminoir, sinon l'on s'expose à avoir des *criques*, des *ruptures*, etc., et si pour une cause quelconque l'on est obligé d'opérer le cintrage en *travers*, il ne faut pas hésiter à employer des tôles de bonne qualité.

Le cintrage se fait généralement au *rouge*, mais dans certains ateliers il se fait à *froid*, comme épreuve de la ductilité du métal.

Si la machine à cintrer est assez puissante, il est bon de la faire desservir par une grue ou un pont roulant, lesquels facilitent la manœuvre des tôles chaudes et pesantes.

Cylindrique. On dit qu'une pièce est cylindrique, lorsqu'ayant la forme d'un rouleau, elle possède le même diamètre dans toute sa longueur, soit extérieurement; ou intérieurement, si elle est creuse; mais en *pratique* cette expression est adoptée pour dire qu'une pièce est bien calibrée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D

Débrayage. La transmission par courroie étant l'une des plus employées dans les usines pour communiquer aux divers outils des ateliers le mouvement emprunté à un arbre tournant qui reçoit l'action du moteur, il faut qu'à volonté on puisse interrompre le mouvement de l'outil, et le faire renaître à nouveau ; pour cela (fig. 1), on monte à côté du tambour P, sur lequel passe la poulie, et qui communique le mouvement à l'outil, un tambour P' de diamètre égal, mais qui n'est pas calé sur l'arbre, de telle sorte qu'il puisse tourner autour de cet arbre sans l'entraîner dans son mouvement; le second tambour est ce qu'on appelle une *poulie folle*, qui doit toujours posséder un trou graisseur lequel peut être muni d'un bouchon système *Barbat*, pour empêcher la poussière de pénétrer dans l'intérieur et d'être entraînée. Quand l'ouvrier veut faire cesser le mouvement de l'outil, il n'a qu'à faire mouvoir un levier, lequel est terminé par une fourche embrassant la courroie; entraînée par cette fourche, la courroie se déplace latéralement d'une certaine quantité, et quitte le tambour P, qui agit sur l'outil, pour passer sur la poulie folle. L'outil est alors débrayé. Pour le remettre en mouvement, il suffit de déplacer le levier en sens contraire,

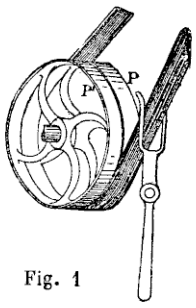


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ce qui ramène la courroie sur le tambour P, et l'outil est alors embrayé.

On se sert aussi du déplacement latéral de la courroie pour changer le sens du mouvement de certaines machines-outils. Pour (fig. 2) cela, on monte sur le même axe trois tambours égaux ABC; l'un de ces tambours est monté sur l'axe matériel O; le second B, est monté sur autre axe matériel O'; le tambour intermédiaire est une poulie-folle. L'axe O communique à l'outil un mouvement dans un certain sens, et l'axe O' le mouvement en sens contraire. Supposons qu'il s'agisse du mouvement rectiligne alternatif de la machine à raboter : on reliera le levier de la courroie à la machine, de manière que, quand le rabot arrive à l'extrémité de sa course, la courroie se déplace latéralement dans le sens convenable de la quantité AB. A ce déplacement correspondra le changement de sens dans le mouvement de la machine. La poulie-folle C, interposée entre les deux tambours A et B, a pour objet d'éviter les chocs brusques dans le passage de la courroie d'un tambour à l'autre, et de donner lieu à un petit temps perdu pendant lequel l'outil, cessant d'être sollicité par le tambour A, que la courroie vient de quitter, perd graduellement sa vitesse pour en prendre une contraire au moment où la courroie atteint l'autre tambour B.

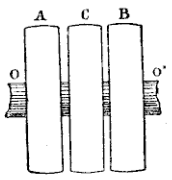


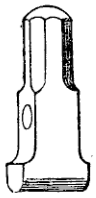
Fig. 2

Il y a aussi des débrayages automatiques qui se règlent, soit par des tringles, des ressorts, des leviers, etc., et qui arrêtent la machine instantanément, à un moment donné, sans l'intervention de personne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une chose à bien remarquer, c'est que toute poignée ou tout levier de débrayage doit être tout à fait à proximité de la main de l'ouvrier pour obtenir un arrêt aussi instantané que possible. (Voir *Embrayages*.)

Dégorgeoir. Le dégorgeoir est un outil en fer aciéré ou en acier fondu, qui a la forme d'une tranche dont l'extrémité opposée à la tête doit être demi-cylindrique, avec un rayon en rapport avec le travail que l'on veut produire.



Il sert à faire les cannelures, à allonger le métal et à enlever les parties de ce dernier que l'on ne pourrait pas faire disparaître au marteau, etc. Pour sa confection et sa trempe, on peut suivre les mêmes principes que pour la chasse.

Degrés. Le degré est l'unité servant à exprimer la valeur des inclinaisons que l'on veut avoir à relever ou à établir; c'est une des 360 parties de la circonférence; un ou plusieurs degrés se mesurent à l'aide du rapporteur (voir dessin). Cette unité est d'un usage très courant et très employé par l'ouvrier mécanicien, surtout par le monteur.

Le degré *thermométrique* est simplement une notation conventionnelle; ce n'est pas une quantité, c'est l'indication d'une manière d'être qu'il faut avoir soin de ne pas confondre avec la *calorie*.

Densité. La densité, pesanteur ou poids spécifique d'un corps, est la quantité de matière qu'il renferme sous un volume donné; on rapporte les densités des gaz et des vapeurs à celle de l'air

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prise pour unité, et celle des liquides et des solides à celles de l'eau.

Table des poids spécifiques

(Poids spécifique de l'eau à +4° = 1).

CORPS SOLIDES

Acier de cémentation	7,50	Fonte de fer. . .	7,00 à 7,50
» fondu. . .	7,85	Glace à 0°. . . .	0,92
» puddlé. . .	7,80	Houille.	1,00 à 1,50
Antimoine. . . .	6,70	Laiton	8,55
Argent	10,00 à 10,60	Pierre de taille .	2,50
Brique	1,40 à 2,20	Platine.	21 à 21,70
Bronze	8,30 à 8,61	Or.	18,60 à 19,26
Caoutchouc pur .	0,93	Plomb	11,44
» vulcanisé	1,25 à 1,75	Sable ordinaire sec	1,64
Coke.	0,55 à 1,40	Zinc fondu . . .	6,80
Cuivre fondu . .	8,55	» laminé. . .	7,20
» rouge . .	8,79	Maçonneries de : Briques. .	1,45 à 1,75
» martelé .	8,80 à 9,00	Maçonneries de : Grès ou meulière	2,00 à 2,15
Étain	7,29	Maçonneries de : Moellons .	2,45
Fer	7,60 à 7,80		

CORPS LIQUIDES

Alcool absolu à 20° .	0,792	Huile d'olive	0,9153
Acide sulfurique. . .	1,841	» de térébenthine.	0,8697
» nitrique . . .	1,2176	Mercure à 0°	13,596
Eau de mer.	1,027		

CORPS GAZEUX

(Température 0°, air atmosphérique = 1)

Gaz d'éclairage .	0,480 à 0,570	Vapeur d'eau à 100° .	0,470
Vapeur d'eau. .	0,620		

Densité de l'air par rapport à l'eau = 0,001293 = 1 : 773. Le poids en kilogramme de 1 mètre cube d'un corps solide ou liquide est égal à 1000 fois son poids spécifique; pour les gaz, le poids en kilogrammes de 1 mètre cube s'obtient en multipliant sa densité par 1,293.

D'après le tableau ci-dessus : si 1 décimètre cube d'eau pèse 1.000 grammes, 1 décimètre d'acier de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cémentation pèsera 7.500 grammes; si 1 décimètre cube d'air pèse 1 gr.,3, 1 décimètre cube de vapeur d'eau pèsera 0 gr., 8.

Dessin. Le dessin industriel consiste à exprimer, par des tracés graphiques, la forme exacte et les dimensions des corps; soit qu'on veuille étudier ou exprimer les projets que l'on a conçus, ou guider l'ouvrier qui doit les reproduire en nature, hors de la vue de l'objet, partout où l'on voudra.

L'homme, en s'instruisant, augmente ses facultés, et malgré quelquefois qu'il soit d'une nature timide ou susceptible, il peut alors plus aisément transmettre sa pensée par la parole, l'écriture ou le dessin.

Le dessin linéaire est utile à toutes les professions; du développement de son enseignement, dépendent la beauté et le fini des produits artistiques et industriels.

L'étude du dessin est une récréation pour ainsi dire : il forme le goût et le jugement. Cette étude, pour laquelle un crayon suffit à la rigueur, doit être un des passe-temps favori de l'ouvrier mécanicien, désireux de se distinguer parmi ses collègues pour acquérir par la suite une position plus importante dans la vie. C'est justice à rendre à nos voisins d'Outre-Manche, avec lesquels j'ai été maintes fois en relation de travail : c'est qu'ils ne craignent pas de mener de front dans leurs études la pratique et la théorie, et obtiennent par là un résultat remarquable, tandis que chez nous, routiniers ; combien j'ai remarqué de fois des ouvriers de premier ordre en pratique, qui ne savaient pas lire sur un dessin, et, par conséquent, étaient incapables de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tracer eux-mêmes leur travail, et combien de fois aussi j'ai remarqué des traceurs incapables de forger et tremper leur pointe à tracer.

Il est donc de toute nécessité que l'ouvrier mécanicien soit, non seulement pratique dans toute l'acception du mot, mais aussi qu'il sache le dessin, et, pour cela, qu'il s'adonne à faire des croquis et à dessiner, c'est l'unique et seul moyen pour arriver à des résultats, sinon complets, du moins satisfaisants. Je ne m'appesantirai pas davantage sur l'utilité du dessin, qui sera pour moi plus tard l'objet d'un livre spécial, mais je tiens cependant à donner sur celui-ci un aperçu des principaux instruments employés par le dessinateur, ainsi que les teintes conventionnelles données aux matières sur les dessins, dans les ateliers, en général, pour permettre de les distinguer plus facilement et à première vue les unes des autres.

On appelle instruments de dessin les objets dont ont se sert peur dessiner; ce sont: la règle, l'équerre, la planchette, le té, les punaises, le décimètre, le pistolet, le compas et ses pièces de rechange, le tire-ligne et le rapporteur.

La *règle* (fig. 1) est une pièce droite et mince en bois dur et très poli; elle sert à tracer les lignes droites. Pour vérifier si une règle est droite, il faut, par deux points, tracer une ligne droite, retourner la règle bout à bout de droite à gauche, et, par les mêmes points, tracer une seconde ligne. La règle est droite si les deux lignes se confondent.



Fig. 1



Fig. 2

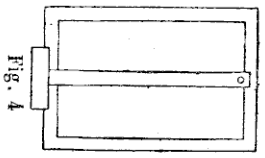
L'*équerre* (fig. 2) est une pièce de bois mince ayant la forme d'un triangle rectangle;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

elle sert à tracer les parallèles et les perpendiculaires, en la faisant glisser contre une règle.

Pour vérifier si une équerre est juste, il faut l'appuyer contre une règle bien droite; par un point quelconque, tracer une perpendiculaire à la règle, puis, sans changer la position de la règle, retourner l'équerre, et, par le même point, tracer une autre perpendiculaire. L'équerre est juste si ces deux lignes se confondent.

La *planchette* est un assemblage de bois blanc (fig. 3) ou de bois dur, ayant la forme d'un rectangle ou d'un carré; sur la planchette, on colle les bords du papier sur lequel on veut dessiner.


Fig. 3

Pour le tendre et le fixer sur la planchette, il faut le mouiller légèrement et bien également à l'envers avec les barbes d'une plume ou une petite éponge; l'étendre sur la planchette, puis humecter avec les lèvres l'extrémité d'un bâton de colle à bouche avec lequel on frotte, en commençant par les coins, le dessous du bord du papier et la planchette; on appuie avec le doigt, ou l'on frotte dessus avec un corps dur, tel que l'ongle ou le manche d'un canif, en ayant soin d'interposer un morceau de papier épais.

Le *té* (fig. 4) est formé de deux règles assemblées perpendiculairement en forme de T; la petite règle qui a la triple épaisseur de la grande, offre une saillie; en faisant glisser cette saillie le long d'un des côtés de la planchette, en trace avec la grande règle des parallèles et des perpendiculaires.

On vérifie la justesse de la planchette en s'assu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rant, au moyen du té, que tous les côtés forment des angles droits.

Pour vérifier la justesse du té, tracez par un point de la planchette une ligne de chaque côté de la grande règle, puis portez le té sur le côté opposé de la planchette, et tracez par le même point deux nouvelles lignes: elles doivent se confondre avec les premières si le té est juste.


Fig. 5

Les *punaises* (fig. 5) sont des épingles à large tête plate, ayant une pointe d'acier; elles servent à fixer le papier sur la planchette sans le coller.

Le *décimètre* (fig. 6) est une règle plate ou à biseaux divisée en centimètres lesquels sont subdivisés en millimètres et en demi-millimètres, il sert à construire les figures d'après les dimensions données.


Fig. 6


Fig. 7

Le *pistolet* (fig. 7) est un instrument en bois, découpé de manière à présenter, dans tous ses contours, un grand nombre de courbes; il sert à raccorder les lignes et à tracer des courbles qui doivent passer par des points déterminés.

Le compas à *pointes sèches* (fig. 8) destiné spécialement à prendre des mesures est un instrument composé de deux branches de cuivre garnies d'une pointe d'acier. Ces deux branches sont mobiles au moyen d'une charnière, et peuvent s'écarter à volonté. Le compas (fig. 9) avec *branche à charniere* et pointes de rechange sert à tracer les circonférences et à prendre les mesures; il faut toujours

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tenir le compas par la tête, et éviter de le prendre par les branches, de crainte de les rapprocher.

Un bon compas doit être à double charnière; les deux parties doivent se rapprocher exactement, ainsi que toutes les pièces de rechange : la *pointe sèche* sertà prendre les mesures; le *porte-crayon* (fig. 10) sert à tracer les circonférences et les arcs.

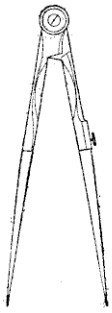


Fig. 8

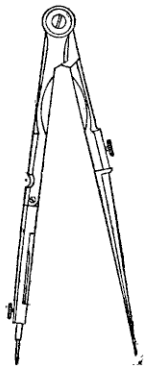


Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11

Le *tire-ligne* (fig. 11) sert à passer à l'encre les circonférences et les arcs.

La *rallonge* (fig. 12) s'ajoute au compas lorsqu'il est trop court.



Fig. 12

Le *compas à balustre* (fig. 13) sert à tracer les petites circonférences; sa tête est surmontée d'un balustre qui sert à le faire tourner facilement entre les doigts : il est à pointe de rechange.

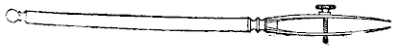


Fig. 14



Fig. 13

Le *tire-ligne à main* (fig. 14) est formé de deux lames d'acier parallèles, façonnées en pointe mousse,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

très minces; une vis sert à rapprocher les lames, et permet de faire les traits aussi fins qu'on veut.

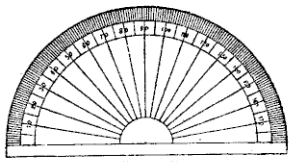


Fig. 15

Le rapporteur (fig. 15) est un demi-cercle en corne ou en cuivre, dont la demi-circonférence est divisée en 180 degrés. Il sert à mesurer les angles et à les construire.

Les teintes conventionnelles employées dans l'industrie sont les suivantes :

Acier	Violet foncé.
Bois	Jaune sienne avec ronds et traits de bois.
Bronze. . . .	Jaune sienne foncé.
Briques . . .	Rouge carmin clair avec trace de briques.
Caoutchouc .	Gris clair.
Cuir	Jaune sienne très foncé.
Cuivre jaune ou Laiton .	Jaune gomme gutte-clair.
Cuivre rouge	Rouge carmin foncé.
Eau	Bleu de prusse très clair.
Fer	Bleu de prusse foncé.
Fonte	Gris foncé (neutre).
Maçonnerie .	Jaune sienne très clair avec forme de la pierre.
Pierre. . . .	Carmin très clair avec tracé de la pierre ou jaune de Naples.
Terre	Jaune sienne clair avec taches de la même couleur mais foncées.
Béton	Rouge carmin clair avec taches de la même couleur mais foncées.

Dessinateur. L'ouvrier mécanicien est appelé, non seulement à travailler à l'atelier, mais souvent au bureau du chef d'usine, lorsque ce dernier lui reconnaît des aptitudes, soit par ses études antérieures, soit qu'il fasse preuve d'une intelligence

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

assez développée ; c'est pourquoi je résumerai en peu de mots le rôle du dessinateur.

La première chose à laquelle un dessinateur doit s'attacher, c'est d'être bien fixé sur l'étude qu'il a à faire : machine, pont, grue, installation de bâtiment, etc., etc. Prenons comme exemple une machine; il doit savoir les principales données, type de la machine et sa force, prix alloué pour sa construction, etc., après quoi, il établit un dessin d'ensemble, comprenant l'élévation, le plan, les vues de côté et les coupes nécessaires pour bien faire comprendre le mécanisme, et ne rien laisser passer qui puisse donner lieu à des oublis. Ceci fait, le projet, après vérification, il doit le soumettre à l'assentiment de son chef, recevoir toutes les observations de ce dernier, en prendre note, etc.; corriger son ensemble en conséquence, et procéder ensuite à l'exécution des dessins de détail.

Dans ses dessins, le jeune dessinateur doit procéder avec beaucoup d'attention, et, contrairement au dessin d'ensemble, qui ne contient généralement que les cotes d'axe en axe, ou les cotes de longueur totale, les dessins de détail doivent posséder toutes les cotes nécessaires à l'exécution d'atelier, sans pourtant les surcharger de chiffres inutiles, de façon à éviter à l'ouvrier, souvent très peu lettré, des recherches ou des embrouillements. L'écriture doit être très lisible, et les chiffres bien faits pour ne donner lieu à aucune erreur.

Dans l'étude, le dessinateur doit bien se rendre compte des résistances à vaincre, des matières à employer et de leur résistance, du dégagement à donner à certaines pièces, du serrage à donner aux autres, des parties qui doivent être graissées, etc.,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sans oublier toutefois que le montage et le démontage des organes doivent pouvoir se faire le plus rapidement et le plus commodément possible.

L'étude terminée, les dessins bien arrêtés, il faut établir une nomenclature de toutes les pièces de détail, avec subdivisions pour les forges, la chaudronnerie fer et cuivre, la fonderie fer et cuivre (donner un numéro à chaque modèle) l'ajustage, les tours, le montage, etc., sans oublier la quantité de matières, le nombre de boulons, de rivets, de graisseurs, etc., etc., qu'il faut employer.

Le but réel du dessinateur est de développer son intelligence, non pour faire une image sur du papier, mais pour rendre l'exécution manuelle facile, et ne pas retarder la production par des combinaisons inutiles.

Les dessins pour les modèles doivent être nets, ne représenter absolument que les pièces à faire, en ayant bien soin de mettre les cotes en rapport avec le retrait que le métal employé subit, de façon que la pièce finie ne soit pas à mettre au rebut.

Les parties à mortaiser, à raboter, à tourner, etc., doivent être indiquées, soit par de gros traits en couleur ou par une teinte, suivant l'habitude de la maison. Les cotes d'alésage, de tournage, des rayons des congés doivent être bien indiquées, et surtout ne pas oublier que la somme des cotes de détail doit toujours correspondre avec une cote totale.

Les pièces de forge se font également séparées, en indiquant par une teinte toutes les parties à travailler, et ne porter sur le dessin que les cotes absolument nécessaires au forgeron.

Pour la chaudronnerie, les pièces s'établissent également séparées, en indiquant les épaisseurs,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les rayons, les diamètres, les coupes, en un mot tous les petits détails, pour éviter toute erreur.

Les grosses pièces, destinées à passer au tour, au raboteur, au mortaiseur, etc., et même les petites, doivent, autant que possible, être faites séparément, de façon à ce que chaque ouvrier ait son travail, sans être obligé, pour les renseignements, d'avoir recours à ses voisins.

Pour l'ajustage, il faut avoir soin de ne pas négliger les cotes, sans pourtant en abuser.

Pour le montage, c'est là où le dessin d'ensemble sert; les cotes principales de construction, d'axe en axe, de longueur et de hauteur totales, suffisent, ainsi que le sens de la marche.

Les cotes, en général, doivent être rondes; on doit, autant que possible, ne pas employer des dixièmes de millimètres.

Dans les vis, qu'il faut étudier sérieusement, il faut mettre les diamètres intérieurs et extérieurs, le pas, la valeur des angles, etc., etc.

Pour les boulons, écrous, mortaises, rivets, clavettes, goupilles, etc., il faut se rapporter et suivre les types de la maison.

Les originaux doivent être passés à l'encre, classés dans des liasses, comme les dessins d'atelier, après avoir fait une nomenclature de toutes les pièces à commander ou à prendre en magasin.

Détente. Lorsque la vapeur est introduite seulement pendant un certain temps de la course du piston d'une machine, et qu'elle continue d'agir sur celui-ci, l'espace qu'elle occupe, allant en augmentant jusqu'à la fin, elle agit en se dilatant comme un ressort qui se détend, de sorte que sa

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

force diminue jusqu'à la fin de la course du piston. On dit alors dans ce cas que la vapeur travaille avec détente.

Le cadre de cet ouvrage ne me permet pas de m'étendre, comme je le voudrais sur cet article; je donnerai seulement comme mémoire les principaux systèmes de détente employés par les ateliers de construction, qui sont : la détente *Clapeyron*, qui consiste dans une simple modification du tiroir, ou plutôt de la largeur des bandes qui recouvrent les lumières. Cette largeur, au lieu d'être égale à la largeur des lumières, se fait plus grande (fig. 1).

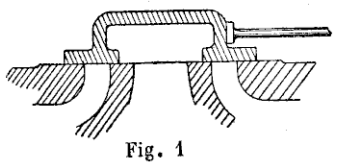


Fig. 1

La détente *Meyer* (fig. 2), qui consiste dans deux blocs ayant un mouvement indépendant de celui du tiroir, et qui viennent fermer deux orifices percés dans ce dernier, qui communiquent alternativement avec les lumières d'admission, faisant ainsi cesser l'admission et commencer la détente.

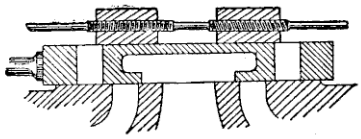


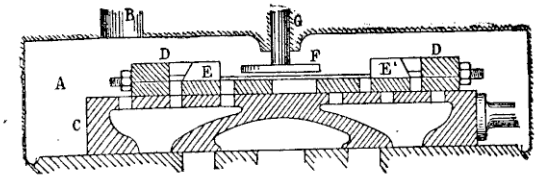
Fig. 2

La détente système *Farcot* (fig. 3), du nom du premier constructeur qui, dès 1834, ait appliqué à ses machines un système de détente variable, a pour but d'opérer plus rapidement la fermeture des orifices du tiroir, afin d'éviter la perte de pression qui se produit par suite de la diminution de section des orifices au moment de leur fermeture.

A, *boîte de distribution* ou *boîte à tiroir;*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B, tuyau d'arrivée de vapeur; C, tiroir principal; D, second tiroir appuyé par des ressorts sur le tiroir C



qui l'entraîne à frottement; F, came butant contre les saillies EE' du second tiroir, et l'arrêtant dans son mouvement; G, arbre qui commande la came et qui permet de faire varier la détente.

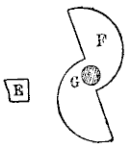


Fig. 3

La détente système *Galifant*, qui consiste dans l'emploi d'un tiroir analogue à celui de M. Meyer, mais dans lequel les deux cheminées pratiquées dans le tiroir, et destinées à admettre la vapeur dans le cylindre, sont courbes, et viennent se réunir à une même ouverture, placée au milieu du dos du tiroir pour communiquer avec la boîte à vapeur.

La détente système *Trésel*, qui consiste en un premier tiroir, tout à fait semblable à celui de M. Meyer, mené par un excentrique circulaire sur le dos duquel se meut un tiroir de détente, construit comme un tiroir de distribution ordinaire, et mené par un excentrique à bosses.

Des mécanismes employés principalement dans les locomotives et dans les machines de marine, et qui permettent de renverser le sens de la marche, et de faire varier le degré de détente sont les systèmes de distribution par coulisse (voir *Coulisses*), parmi lesquels je citerai à titre de mémoire, celui de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ribeiro, comme étant d'une grande simplicité surtout pour les petites machines.

Dans le système de *Woolf*, qui date de 1804, et qui n'est qu'un perfectionnement des machines à deux cylindres de Hornblower, construction de 1776, la détente n'a pas lieu dans le cylindre lui-même, mais dans un cylindre de plus grand diamètre juxtaposé au premier; c'est pour cela qu'on donne aux machines à vapeur, qui emploient ce mode de détente, le nom de *machines à deux cylindres*.

Dans les machines *compound* (composée), qui ne sont qu'une variété des machines de Wolff; elles possèdent aussi deux et quelquefois trois cylindres, mais la différence consiste en ce qu'un réservoir intermédiaire les réunit. La vapeur qui sort du petit cylindre, avant de se rendre au grand, passe par le réservoir précité et se réchauffe. Ce réchauffement est produit à l'aide d'une enveloppe dans laquelle circule de la vapeur qui vient directement de la chaudière. De plus dans le système *Woolf* les deux pistons sont en même temps à fond de course, tandis que dans les *compound* les manivelles sont à angle droit ou à 120° suivant le nombre de cylindres ce qui permet facilement le passage aux points morts.

Toutes les dispositions que nous venons de voir possèdent des défauts importants principalement le laminage de la vapeur et les espaces nuisibles qui sont la cause d'une perte de pression considérable et comme résultat une perte de travail. C'est pour cela, quand on recherche le maximum d'économie au point de vue du combustible, on doit employer les distributions perfectionnées, dont les principales sont :

Le système *Corliss*, (prix de Mécanique de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fondation Montyon décerné à son auteur par l'Académie des Sciences, en 1879), formé de quatre tiroirs cylindriques, commandés par un même excentrique; l'admission est généralement limitée de 0 à 0,4, mais elle peut également avoir lieu à pleine pression.

La distribution *Sulzer*, composée de quatre soupapes équilibrées, placées de la même manière que les tiroirs cylindriques du système Corliss.

La distribution *Spencer* et *Inglis* est une disposition Corliss, modifiée, de même que la distribution Cail est une variante de ce dernier type.

Un système encore remarquable, par la position des distributeurs, est le système *Wheelock*, lesquels sont situés sous le cylindre, et un orifice commun, à chaque extrémité de ce dernier, sert alternativement à l'admission et à l'échappement de la vapeur.

Un autre genre de distribution est celui du système *Farcot* dont les distributeurs d'admission et d'échappement sont placés directement dans le fond et dans le couvercle du cylindre, de façon à supprimer le plus possible les espaces nuisibles.

Comme mémoire, je citerai les distributions *Riedinger*, *Collmann*, etc.

Un système de disribution qui se présente sous beaucoup de dispositions et qui est très peu employé est la distribution par quatre tiroirs plans; c'est pourquoi je n'en parle qu'à titre de mémoire.

L'exposé sommaire que je viens de tracer des principaux systèmes de détente suffira au lecteur pour pouvoir les distinguer à première vue. (Voir *Machines*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Développement. Il est souvent nécessaire, pour l'ouvrier, de connaître le développement d'une pièce, soit pour en savoir le poids ou pour la cintrer.

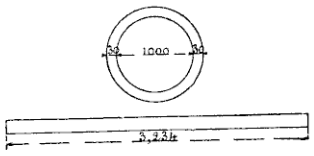


Fig. 1

Pour un cercle (fig. 1), par exemple, dont on veut connaître la longueur développée pour obtenir le poids de la pièce, il s'agit de prendre son diamètre moyen, et de le multiplier par π, ce qui, dans le cas de la figure, nous donne :

$$(1{,}000 + 0{,}030) \times \pi = 1{,}030 \times 3{,}14 = 3{,}234.$$

Si le cercle est à souder, il faut alors procéder autrement, faire la longueur développée moyenne, et ajouter à cette longueur, une longueur de métal en plus, qui varie suivant la section du métal et les procédés de soudure employés. De plus il faut que les extrémités soient coupées en biais pour se raccorder et non d'équerre comme l'indique la figure.


Fig. 2

Si on a plusieurs courbes régulières (fig. 2), mais de diamètres différents, on peut décomposer la courbe totale chercher la valeur de chaque courbe partielle, et faire la somme ; autrement, on peut prendre si le tout est irrégulier, un fil de fer ou de plomb bien dressé, l'appliquer sur la pièce à la demande, lui en faire prendre toutes les formes, et ensuite le redresser convenablement à la main : on aura la longueur totale.

Il ne faut jamais employer une corde, comme il

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

m'a été donné plusieurs fois de le voir faire; rien de plus mauvais, si l'on veut avoir quelque chose d'à peu près juste; d'abord, si on veut retracer la courbe telle quelle, on ne le peut, et ensuite la longueur trouvée n'est qu'approximative, la ficelle étant quelque peu flexible.

Ce qui précède s'applique aux pièces non soudées, sinon il faut encore avoir soin de laisser de la matière en plus pour la soudure, quantité de matière qui ne peut se déterminer d'une façon juste, car elle varie suivant les capacités de l'ouvrier : c'est à lui-même d'apprécier sur place.

Diagonale. La diagonale AB (fig. 1, 2 et 3) est une ligne droite menée du sommet d'un angle d'une figure au sommet de l'angle opposé.

Pour obtenir la valeur de la diagonale d'un carré, figure 1 (voir *Carré*).

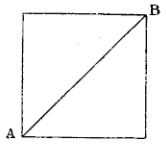


Fig. 1

La diagonale AB d'un rectangle (fig. 2) est égale à la racine carrée de la somme des carrés d'un grand et d'un petit côté.

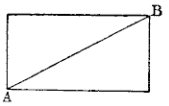


Fig. 2

Exemple : Grand côté $= 4$
Petit côté $= 3$
On aura : $(4 \times 4) + (3 \times 3) = 25$
Diagonale $= \sqrt{25} = 5$
Donc la diagonale AB $= 5$.

La diagonale AB d'un hexagone (fig. 3)est égale au diamètre du cercle circonscrit.

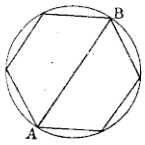


Fig 3

Dilater. La chaleur, en agissant sur les corps, augmente l'écartement de leurs molécules, et les dilate. Si l'on considère une seule dimension de ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

corps, par rapport à celle primitive, le rapport de l'accroissement forme ce qu'on appelle la dilatation linéaire. Une très curieuse application de la force de contraction des solides a été faite par l'architecte Molard, au Conservatoire des Arts et Métiers à Paris. Dans une galerie voûtée du rez-de-chaussée, les murs avaient été écartés par la poussée de la voûte : un écroulement était à craindre. Molard disposa des barres de fer parallèles, traversant les murs, et portant aux deux bouts des écrous à vis. Il fit chauffer les barres sur toute leur longueur, et serra fortement les écrous; puis il laissa refroidir. Les barres de fer, en se raccourcissant lentement, rapprochèrent sans secousse les murs l'un de l'autre. Après plusieurs opérations semblables, les murs furent rétablis dans la verticalité, et les barres furent laissées en place, comme on peut le voir en visitant le Conservatoire.

Dans les corps non cristallisés, cette dilatation est la même dans toutes les directions; c'est la dilatation cubique, c'est-à-dire en volume; ainsi, par exemple, une boule de métal chauffée au rouge, ne passera plus dans un anneau métallique où auparavant elle passait librement à la température ordinaire.

Tous les corps se dilatent par l'effet de la chaleur; les plus dilatables sont les gaz, puis les liquides, et ensuite les solides. Dans les liquides et dans les gaz, il n'y a lieu de considérer que des dilatations en volume. C'est sur le principe de la dilatation des gaz qu'est basée la machine à air chaud de M. Laubereau, dont j'ai eu l'avantage de faire les essais, mais qu'il serait trop long d'énumérer ici, aussi bien comme théorie que comme pratique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dilatations linéaires de quelques solides de 0° à 100° C.

SUBSTANCES	AUGMENTATION de longueur par mètre	
Acier recuit	0.001160	1/869
Acier trempé	0.001225	1/816
Argent	0 002083	1/480
Bronze (cuivre 8, étain 1)	0.001817	1/551
Cuivre	0.001717	1/583
Etain	0.002283	1/438
Fer	0.001182	1/846
Fer passé à la filière	0.001235	1/812
Fonte	0.001110	1/901
Laiton	0.001878	1/533
Or	0.001466	1/682
Platine	0.000884	1/1131
Plomb	0.002867	1/349
Soudure (cuivre 2, zinc 1)	0.002058	1/486
» (étain 1, plomb 2)	0.002505	1/399
Zinc	0.002942	1/340
Zinc écroui	0.003108	1/322

Dilatation en volume. La dilatation en volume est triple de la dilation linéaire.

Dilatation *absolue* de l'eau, variable avec la température; de + 4° à 100°, elle est de 0,04315, soit en moyenne 0,00045 par degré. De + 4° à — 99°, la contraction est de 0,00163, soit en moyenne de 0,000126 par degré.

Pour le mercure la dilatation absolue est à peu près constante ; depuis 0 a 100 degrés, elle est de 0,018018. Pour l'alcool, 0,1126, et pour l'huile d'olive et de lin, 0,0826.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dudgeon. On désigne sous ce nom un outil qui sert à renfler ou mandriner les tubes de chaudières.

La figure 1 le représente sous sa forme la plus simple. Les trois galets *a* (fig. 2) laminent le métal et le force à s'étendre et à s'appliquer contre les parois du trou alésé, où il adhère par le frottement. L'effort qu'exerce cet outil, en tournant le cône central, et en l'enfonçant peu à peu à petits coups, est extrêmement considérable; c'est pourquoi il ne faut le manier qu'avec précaution.

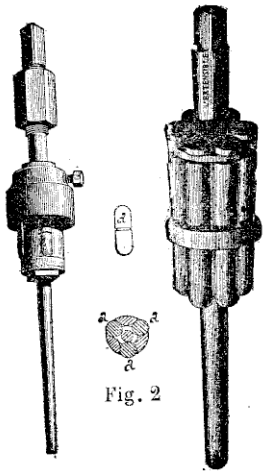


Fig. 2

Fig. 1 Fig. 3

La figure 3 représente un outil destiné au même usage que le précédent, et que l'on désigne sous le nom de l'*Extensible.* Il se compose de six galets en acier fondu, maintenus par une rondelle à six entailles concentriques sur une broche conique en acier fondu.

L'emploi de cet appareil procure une grande économie de temps, et le mandrinage, je peux dire, s'exécute d'une façon irréprochable, par les six galets qui laminent le tube sur six points à la fois, ce qui l'empêche de se fendre ou de criquer, comme cela arrive quelquefois avec le précédent.

Il fonctionne à droite ou à gauche, aussi près qu'on le désire de la plaque tubulaire; l'ouvrier peut voir le mandrinage en cours d'opération.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La rondelle à entailles maintient les galets, tout en leur permettant de s'incliner à doite ou à gauche sur la broche; et la petite rondelle, placée à l'extrémité de la broche, les empêche de tomber quand on mandrine les tubes verticaux.

A l'occasion même, cet outil peut être manœuvré d'une seule main.

La façon de s'en servir se résume ainsi :

1° Régler l'outil au diamètre du tube à mandriner. On obtient instantanément le diamètre désiré, en poussant plus ou moins les galets sur le petit ou sur le gros diamètre de la broche;

2° Graisser, avec de l'huile ou du suif, la broche et les galets;

3° Placer le tourne-à-gauche sur le carré de la broche, enfoncer l'appareil dans le tube en inclinant les galets et en forçant un peu, afin qu'ils soient tous en contact avec le tube; tourner à droite jusqu'à ce que la résistance indique que le tube adhère à la plaque tubulaire : quelques tours suffisent;

4° Pour sortir l'outil, tourner à gauche en tirant à soi.

On peut également mandriner en tournant à gauche, et extraire l'appareil en tournant à droite.

Dynamomètre. Le dynamomètre est un instrument qui sert à mesurer l'intensité des forces.

Les dynamomètres les plus en usage sont les suivants :

Le peson à ressort (fig. 1) représente le dynamomètre le plus simple. Il se compose essentiellement d'un ressort en acier trempé, recourbé en deux branches égales; à l'extrémité de la branche inférieure,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est fixé un arc de cercle ordinairement en fer, qui passe librement dans une ouverture pratiquée à la branche supérieure, et qui est terminée par un anneau servant à maintenir l'instrument, soit à la main, soit à un point fixe. Un autre arc concentrique au premier, lié invariablement à la branche supérieure, et passant librement dans une ouverture pratiquée dans la branche inférieure, est muni à son extrémité d'un crochet auquel on applique les forces dont on veut mesurer la valeur.

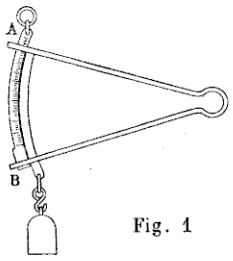


Fig. 1

L'appareil se gradue en suspendant successivement au crochet divers poids indiquant leur valeur sur l'arc AB, lequel porte un talon saillant qui, en venant buter contre la branche supérieure, empêche un trop grand rapprochement des deux lames, qui aurait pour effet d'altérer la sensibilité de l'instrument.

On peut peser des marchandises ou tout autre corps qui n'a pas un poids considérable, en tenant cette balance à la main.

On peut aussi si l'appareil est assez fort, attacher l'anneau A à un point fixe très solide et atteler un cheval au crochet de l'autre extrémité ou y appliquer une force quelconque, et l'on aura la mesure de la force de traction par le rapprochement des deux branches; c'est ce qui a fait donner à cet instrument le nom de *dynamomètre* qui signifie *mesure des forces.*

On emploie aussi assez le peson formé d'un ressort en hélice en acier trempé ou en laiton raidi,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

enfermé dans une boîte cylindrique en cuivre ou en tôle terminée, à sa partie inférieure, par un crochet auquel on applique la force à évaluer. A la partie supérieure et intérieure de la boîte, est fixé le ressort, lequel, à son autre extrémité, est muni d'une tige avec piston dont l'axe correspond à celui du ressort. Cette tige, en dehors de la boîte, est terminée par un anneau ou un crochet destiné à maintenir l'appareil.

Ce type de dynamomètre se fait aussi suivant la figure 2.

Le dynamomètre (fig. 3) est celui de *Porcelet* il est plus juste que les précédents. Il se compose de deux lames d'acier articulées par quatre petites bielles. Les indications se lisent comme l'indique la figure ou par d'autres dispositifs pour avoir des appréciations rigoureuses.

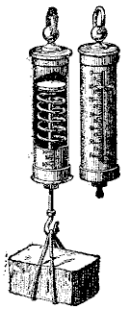


Fig. 2

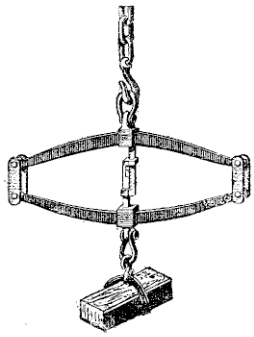


Fig. 3

Les dynamomètres qui précèdent ne servent qu'à évaluer des petites forces, et doivent être vérifiés souvent pour obtenir des indications justes, l'élasticité des ressorts pouvant varier par suite d'efforts répétés.

Pour évaluer des forces plus grandes; on se sert du dynamomètre de *Régnier*, qui est remplacé avec avantage par les dynamomètres de *Morin*.

Comme mémoire, je citerai le dynamomètre de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bentall pour évaluer la résistance des charrues; le dynamomètre de *Taurines*, employé assez souvent par les chefs des travaux de la marine française; le dynamomètre de *White*, le dynamomètre de *Watt*, perfectionné par *Macnaught*, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

E

Eau. L'eau ordinaire est un liquide transparent, insipide et inodore qui possède un degré de dureté suivant la quantité de chaux qu'elle contient et lorsque cette quantité est assez notable elle doit être rejetée et ne pas être employée aux usages industriels.

Composition des diverses eaux employées en mécanique.

Eau de Savon. . .	94 kilog.	d'eau.
	5 »	de savon noir.
	1 »	d'huile ordinaire.
TOTAL . . .	100 kilog.	

Faire cuire pendant un certain temps et agiter l'eau.

Eau de sel gris . .	14 kilog.	de sel.
	86 »	d'eau.
TOTAL . . .	100 kilog.	

Eau de sel ammoniaque	12 kilog.	de sel ammoniaque.
	2 »	de sel gris.
	86 »	d'eau.
TOTAL . . .	100 kilog.	

Eau simulant l'eau de mer	2k,500	de sel ammoniaque.
	6 »	de sel gris.
	1 »	d'alun.
	0,500	de chaux vive.

Pulvériser le tout et le mélanger à 100 litres d'eau.

Cette eau est spécialement affectée à la trempe des pièces chauffées au four.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Essai rapide des eaux, au point de vue de l'alimentation et de la teneur en chaux :

Dans un flacon bouché, on mesure 40 centimètres cubes d'eau, on ajoute à l'aide d'une burette graduée spéciale (dont les divisions sont dites *degrés hydrotimétriques*), une liqueur *A* en ayant soin de s'arrêter quand par suite de l'agitation de l'eau du flacon, il se produit une mousse persistante.

(*A*) Solution de 50 grammes de savon blanc de Marseille, dans 800 grammes alcool à 90°. On filtre et on ajoute 500 grammes d'eau distillée.

La burette est graduée de telle sorte que 23 divisions fassent 2,4 centimètres cubes.

1 division de la burette, ou 1 degré de savon, correspond à $0^{gr},00045$ de chlorure de calcium par 40 centimètres cubes d'eau, ou $0^{gr},0114$ par litre.

Les eaux de puits marquent jusqu'à 100 degrés, réduisent le savon en grumeaux ou le coagulent. Au-dessous de 30° les eaux sont réputées excellentes pour la boisson, le blanchissage, la cuisson des légumes, des chaudières à vapeur. De 30 à 60°, elles sont impropres aux usages domestiques et peuvent à peine servir dans les appareils à vapeur. Au-dessus de 60°, elles sont impropres à tous usages.

1 degré français = 0°,56 allemand = 0°70 anglais

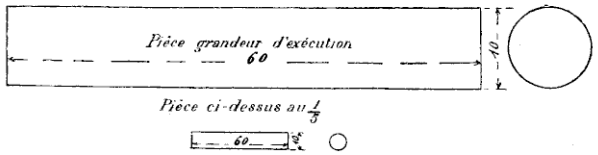
Eau de neige	2°,5
» de pluie	3,5
» de l'Allier, à Moulins	3,5
» de la Dordogne, à Libourne . .	4,5
» de la Garonne	5,0
» de la Loire, à Tours et Nantes .	5,5
» du puits de Grenelle	9 à 11
» du Rhône, de la Saône et de l'Yonne	15°

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Eau de la Seine, à Ivry.		17
» » à Chaillot. . . .		23
» de la Dhuis		20,5
» d'Arcueil.		28
» de l'Ourcq		30

La présence des sels de magnésie dans l'eau est très dangereuse pour les chaudières à vapeur.

Echelle. L'échelle est une façon de rapporter en petit sur le papier et dans une juste proportion la forme des pièces trop volumineuses pour être figurées dans leur grandeur réelle.



Pièce ci-dessus au $\frac{1}{3}$

Les échelles les plus employées en mécanique sont les échelles de : demi-grandeur, un cinquième, un dixième, un vingtième, un cinquantième, etc., cela veut dire que les pièces dessinées sont la moitié, le cinquième, le dixième, etc., dans toutes leurs dimensions plus petites que les pièces réelles.

Seulement il faut avoir soin que les cotes du dessin réduit soient les mêmes que sur le dessin grandeur d'exécution avec indication de l'échelle employée.

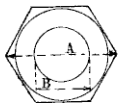
Il arrive souvent que, pour des pièces très petites l'on est obligé de les représenter à une échelle deux ou trois fois plus grandes. Dans ce cas c'est que la pièce demande beaucoup de soin d'exécution et alors il faut coter le dessin avec une grande attention.

Ecouenne ou **Ecouane**. Voir *Limes*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ecrou. L'écrou est engendré par la même figure plane qui sert à la formation du filet de la vis, seulement au lieu de former une saillie, elle détermine dans un cylindre creux de même diamètre intérieur que le diamètre du noyau de la vis, une rainure héliçoïdale qui offre en creux une forme exactement pareille à la saillie de la vis et dans laquelle vient s'engager cette saillie. Si l'écrou est fixe et qu'on tourne la vis, celle-ci se déplace le long des spires de l'écrou, et reçoit par conséquent un mouvement héliçoïdal qui la fait avancer d'un pas pour chaque tour.

Si au contraire la vis est fixe et qu'on fasse tourner l'écrou, ce dernier se déplace parallèlement à l'axe à raison d'un pas pour un tour. On peut donc ainsi transformer un mouvement circulaire en un mouvement rectiligne continu.



L'écrou le plus ordinaire est une pièce de forme hexagonale (six pans) percée d'un trou dans lequel peut passer une vis.



Les écrous, qu'ils soient à filet rectangulaire, rond ou carré, se font de trois manières :

1° Avec des tarauds, ce sont les écrous taraudés;

2° Avec le peigne, ce sont des écrous filetés :

3° Au moyen du rapport d'un filet en hélice, ce sont les écrous brasés.

Les dimensions adoptées pour l'écrou ordinaire sont les suivantes: sa diagonale A doit être égale à deux fois le diamètre du trou taraudé B, et sa hauteur C doit être égale à B. Soit un écrou de 18 millimètres de taraudage, il doit avoir 18 millimètres de hauteur et 36 millimètres comme diagonale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

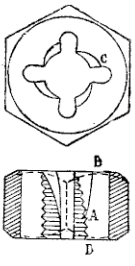
L'écrou à six pans se fait encore en écrou bas et en écrou haut suivant l'usage auquel on le destine.

L'écrou bas doit avoir les deux tiers de la hauteur de l'écrou ordinaire il s'emploie en qualité d'écrou de sûreté.

L'écrou haut doit avoir un tiers en plus de la hauteur de l'écrou ordinaire, il est employé spécialement pour les boulons de scellement. (Voir *Boulons*.)

Il existe encore un grand nombre de types d'écrou dont l'emploi varie suivant les besoins et les idées des constructeurs.

Ecrou taraudeur. L'écrou taraudeur est destiné à tarauder ou à rafraîchir des tiges avec une clé ordinaire ou à douille, lorsque ces tiges font corps avec une pièce et sont logées dans un endroit inaccessible à une filière, il est employé avec avantage dans les déplacements et évite ainsi le transport plus encombrant d'une filière.



Chaque série d'écrou taraudeurs se compose de deux écrous le numéro 1 et le numéro 2, mais le plus souvent le numéro 2 suffit. Le numéro 1 se fait à plein filet, ensuite on allège ces derniers sur toute la hauteur de l'écrou avec un alésoir, cela fait on dégage complètement à la lime demi-ronde la moitié de la hauteur, depuis A jusqu'à la surface B en appuyant fortement en C.

Le numéro 2 se fait à plein filet, et on allège ensuite de A en B comme précédemment. La seule différence consiste en ce que dans le numéro 2, la partie AD n'est pas alésée. Pour les soins à pren-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dre, les repères et la trempe il faut suivre les mêmes principes que pour les coussinets ordinaires. Pour le simple repassage on se sert toujours du numéro 2.

Écrouir. L'écrouissement consiste à battre un métal à froid, à le laminer, ou à l'étirer dans une filière, pour le rendre plus dense, plus élastique ; ainsi, une petite lame de laiton écroui, peut faire fonction de ressort.

Élasticité. Lorsque les forces extérieures qui agissent sur un corps cessent, les forces moléculaires ramènent le corps à sa forme primitive : cette propriété constitue ce que l'on appelle son élasticité. Mais il faut, pour que ce retour se produise, que la déformation n'ait pas été trop considérable, qu'elle n'ait pas atteint certaines limites, variables avec la nature et la forme des corps. Lorsque ces limites sont dépassées, les molécules s'agrègent d'une autre manière, et se constituent en un nouvel état d'équilibre, ou bien le corps se rompt sous l'action des forces extérieures; la limite d'élasticité, en général, est de 1/3 à 1/4 de celle qui peut déterminer la rupture, et qui mesure la tenacité. (Voir *Résistance*).

Elingues. On donne le nom d'*élingues* ou prolonge à de grosses cordes disposées pour élever des fardeaux. Il y a plusiours sortes d'élingues :

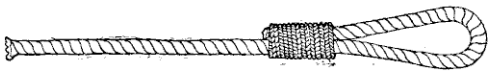


Fig. 1

1° L'élingue *ordinaire* (fig. 1) qui se compose tout simplement d'une grosse corde en chanvre que l'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

double généralement à l'une de ses extrémités. A cette élingue, il faut faire des nœuds pour attacher la charge, ce qui est un inconvénient, car ceux-ci peuvent glisser, et méritent une attention toute particulière.

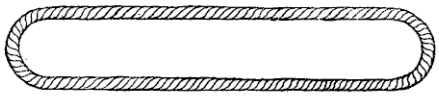


Fig. 2

2° L'élingue *sans fin* (fig. 2), de même composition que la précédente, et que l'on munit d'un crochet mobile à chaque extrémité, si l'on ne veut pas faire de nœuds. Cette élingue est en tout point préférable à la précédente, quand l'on peut s'en servir, en ce sens qu'au lieu de faire des nœuds ordinaires, l'on fait un nœud coulant à chacune de ses extrémités (fig. 3).

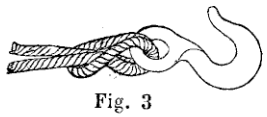


Fig. 3

3° L'élingue *à pattes* (fig. 4), composée le plus souvent de trois, quatre, quelquefois cinq et même six cordes ou chaînes, passées dans un anneau, suivant les charges journalières à enlever, est la plus commode comme manœuvre, parce que si l'une des cordes ou chaînes casse, l'équilibre est le plus souvent main-

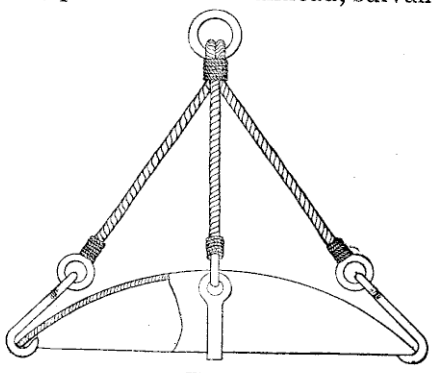


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tenu, et il ne m'a jamais été donné de voir des accidents produits par des élingues à six pattes.

L'extrémité de chaque élingue partielle est munie d'un crochet gueule de loup. L'élingue à pattes, quoique la meilleure de toutes, ne trouve pas son emploi dans tous les genres de manœuvre; où elle sert davantage, c'est dans les ateliers de chaudronnerie.

Une chose qu'il ne faut jamais oublier, pour n'importe quel motif, et qui est de la plus grande importance, c'est de ne pas se servir d'une corde ou d'une chaîne, destinée à élever des charges, sans l'avoir vérifiée.

Emboutissage. L'emboutissage des tôles se fait au rouge, soit à la main, soit à la presse, sur une *matrice* ou *salière* en fonte, et un ou plusieurs hommes (suivant l'importance du travail), armés de gros maillets en bois, frappent en suivant les indications du forgeron. Ce travail exige plusieurs chaudes pour mener à bien l'opération, sinon le métal se *plisse* et se *fendille*, ce qu'il faut éviter. Une fois la forme voulue à peu près obtenue, le forgeron régularise la courbure en frappant à l'intérieur ou à l'extérieur de la pièce.

Souvent, à la presse par exemple, on emploie deux ou plusieurs matrices pour faire venir le métal à chaque *chaude* et peu à peu à sa forme définitive; mais le plus souvent, malgré tout le soin apporté, les pièces ont toujours besoin d'être retouchées à la main, et je conseillerai, pour ce genre de travail, d'employer des hommes capables et bien au courant, et n'amener l'apprenti que progressivement à faire des pièces difficiles, afin qu'il se rende

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bien compte de tous les menus détails pratiques qui font un bon *tombeur de bords*.

Embrayages. Les embrayages sont des organes employés pour transmettre le mouvement d'un arbre à un autre arbre placé dans le prolongement du premier. On distingue deux sortes d'embrayages : les embrayages fixes et les embrayages mobiles.

Comme embrayage fixe, on se sert le plus souvent (fig. 1) d'un manchon en une ou deux pièces, qui doit posséder exactement le même diamètre intérieur que les arbres.

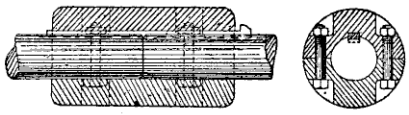


Fig. 1

Le manchon est rendu fixe au moyen d'une clavette en fer ou en acier, ajustée moitié dans ce dernier et moitié dans les arbres; elle possède quelquefois deux têtons qui ont leur logement préparé à l'avance dans chaque arbre, si le manchon est en deux pièces; s'il est d'une seule pièce, les têtons sont remplacés avec avantage par des vis (fig. 2) placées a l'opposé de la clavette.

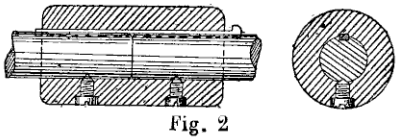


Fig. 2

Les extrémités des arbres doivent être des surfaces planes perpendiculaires aux axes, et à l'intérieur, il faut avoir soin de buter les extrémités l'une contre l'autre, malgré les effets à prévoir de la dilation, ou les assembler à mi-épaisseur à l'opposé de certains constructeurs qui laissent toujours

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un espace de quelques millimètres, ce qui est très défectueux; l'embrayage par manchon claveté a pour inconvénient de rendre très difficile le démontage des arbres; aussi est-il remplacé avec avantage par l'accouplement de *Sellers* (f. 3); dont la surface intérieure du manchon est biconique; par l'accouplement de *Cresson* (fig. 4); par l'accouplement à plateaux, etc. (fig. 5). Ce type de manchons peut à la rigueur servir de poulie, aussi est-il très employé.

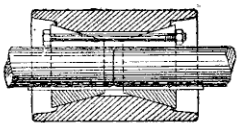


Fig. 3

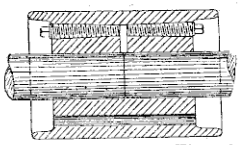


Fig. 4

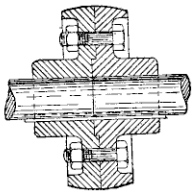


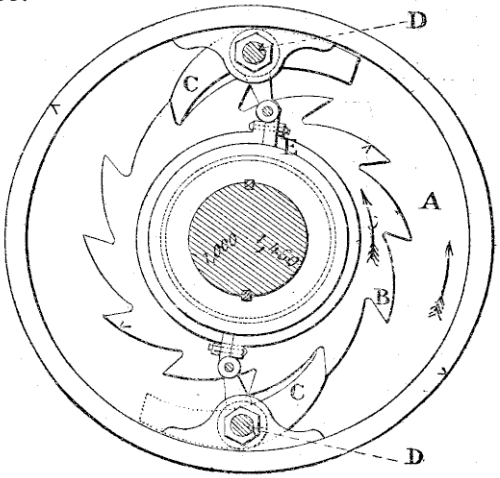
Fig. 5

Un manchon d'accouplement qui est employé dans les filatures et dans bon nombre d'installations mécaniques est le manchon *Pouyer-Quertier* représenté sous sa forme la plus générale par les figures 6 et 7, il sert à relier deux parties d'un arbre de couche actionnées par des moteurs d'intensité différente.

La transmission se fait au moyen d'un manchon B claveté sur l'arbre de commande. Sur ce manchon se trouve une roue à rochet qui est folle sur l'arbre. D'autre part, une partie cylindrique creuse A,A porte deux doigts d'encliquetage C,C, articulés en D,D et diamétralement opposés. Ces doigts en glissant sur les dents de la roue à rochet permettent à la partie cylindrique A,A de tourner indépendamment de la

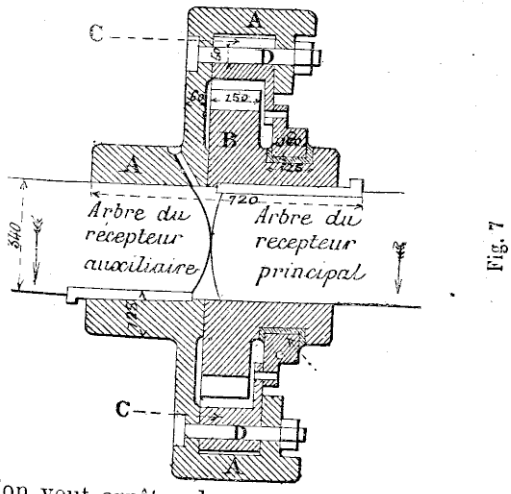
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partie intérieure B, c'est cette indépendance qui est utilisée.



Vue de face

Fig. 6



Coupe verticale

Fig. 7

Si l'on veut arrêter brusquement ou rétablir la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

communication entre deux arbres, on emploie avec avantage l'embrayage mobile (fig. 8) composés de deux manchons d'embrayage, l'un fixe A, calé toujours sur l'arbre moteur, l'autre B, mobile, pouvant glisser longitudinalement sur son arbre, le mouvement de rotation étant empêché par une clavette C. Les deux faces des manchons présentent un certain nombre de dents et de creux pouvant s'engager exactement les uns dans les autres, et par conséquent rendre les deux arbres solidaires l'un de l'autre, en tournant dans le même sens. Si l'on retire le manchon B, de façon que ses dents échappent le manchon A, la communication est immédiatement interrompue. La manœuvre s'opère au moyen d'une fourchette mobile autour du point O dont les branches viennent s'engager dans une rainure D du manchon mobile. Avec ce système, on peut faire l'embrayage et le débrayage.

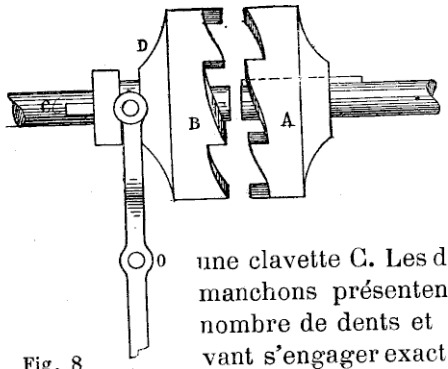


Fig. 8

Pour la marche dans un seul sens, la meilleure forme à donner aux dents doit être que les parties en contact seront formées de surfaces héliçoïdes et de plans passant par l'axe de rotation comme dans la figure précédente, forme qui a l'avantage d'une mise en marche sans choc. Si la marche est utile dans les deux sens, les dents des manchons seront droites, et alors la mise en action ou l'arrêt sera toujours déterminé par un choc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le frottement peut être employé pour transmettre le mouvement de rotation (fig. 9) d'un arbre O à un arbre A, situé en prolongement du premier. Sur le premier, on monte un coin B de forme conique, qui est susceptible de recevoir des déplacements parallèles à l'axe O, et qu'on manœuvre, comme précédemment, à l'aide d'une fourchette. Une clavette C assure l'entraînement du cône quand l'arbre reçoit un mouvement de rotation. L'arbre O présente un renflement dans lequel on ménage un vide représentant exactement la forme du cône B, de sorte qu'à l'aide de la fourchette on puisse faire pénétrer le cône dans le creux de l'arbre.

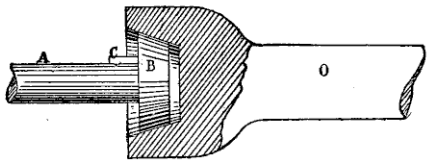


Fig. 9

Un autre embrayage consiste à employer la transmission du mouvement au moyen des roues de friction (fig. 10). Lorsqu'avec ces roues on veut obtenir des vitesses variables, on dispose le galet A de façon à ce qu'il puisse se déplacer suivant. Le rayon du disque B, contre lequel il vient frotter, le galet doit toujours être recouvert d'une bande de cuir ou de caoutchouc avec une forme légèrement bombée.

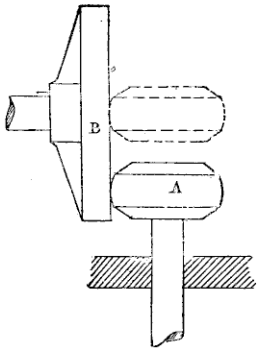


Fig. 10

Un autre système d'embrayage est encore celui à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cône (fig. 11), très employé pour les grandes vitesses, dans les turbines, par exemple.

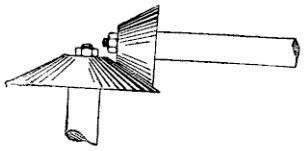


Fig. 11

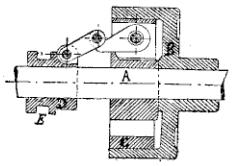


Fig. 12

L'embrayage *Burton* (fig. 12) à friction permet l'embrayage des poulies à courroies et à câbles, sans être obligé de toucher à ces derniers.

La poulie peut tourner, lorsque l'arbre est au repos ; et réciproquement ce dernier peut tourner la poulie étant au repos. Sous n'importe quelle vitesse, et sans choc, les engrenages peuvent être débrayés.

L'embrayage a lieu par le frottement de deux cylindres, dont l'un entre dans l'autre.

La disposition est la suivante :

A arbre ; B boîte cylindrique extérieure et folle sur l'arbre A, sur le moyeu de laquelle se clavette une poulie ou une roue quelconque ; C couronne fondue d'une seule pièce avec son moyeu et fendue sur son pourtour, ce qui permet de faire varier son diamètre et d'exercer si besoin est, une forte pression sur la paroi intérieure de la boîte B. Cette pression s'exécute à l'aide d'une vis filetée à droite et à gauche et qui se trouve prise dans deux écrous logés dans les deux pattes qui forment les extrémités libres de la couronne fendue C ; D manchon à gorge E, qui en glissant sur l'arbre fait produire un mouvement aux leviers, lesquels forcent la couronne à s'ouvrir et à donner la pression nécessaire à la transmission du mouvement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La poulie folle également est un organe qui sert encore à communiquer ou à interrompre le mouvement.

Emeri. L'émeri, proprement dit, est un minéral dont la composition principale est l'alumine. Sa densité est de 4 environ; il se trouve en Perse, en Saxe, en Suède, etc. Il sert à user, à dresser et à polir les corps durs, tels que : les cristaux, les glaces, le fer, l'acier, etc. Cet émeri est remplacé dans la pratique ordinaire par différentes pierres très dures que l'on réduit en poudre de plusieurs grosseurs, suivant l'usage auquel on la destine.

L'émeri se mélange à l'huile, se colle sur du bois, sur du buffle, sur du papier ou sur toile : cette dernière donne de très bons résultats à tous les points de vue.

Les différentes sortes d'émeri sont au nombre de dix, qui sont : la potée d'émeri, les n^{os} 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, ou bien encore la potée d'émeri, les n^{os} quadruple 0, triple 0, double 0, 0, 1, 2, 3, 4, 5; la dénomination varie suivant les fournisseurs.

On emploie aussi les meules en émeri pour dégrossir les pièces de forges, affûter les scies et autres travaux divers. Elles doivent subir les mêmes essais que les meules ordinaires; elles se taillent avec un marteau à piquer et à traits croisés, comme les limes, et s'égalisent avec un diamant.

Encliquetage. L'encliquetage est un organe destiné à transformer le mouvement circulaire continu en un mouvement circulaire intermittent; il sert à empêcher le mouvement rétrograde d'une roue quand le moteur cesse d'agir. Il se compose généralement d'un ressort et d'une languette en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

acier, appelée *cliquet*, *chien*, ou *doigt d'encliquetage* (fig. 1), qui vient contre-bouter contre les dents obliques d'une roue à *rochet* en acier trempé pour prévenir tout mouvement rétrograde. Lors de la marche, l'autre côté de ces dents soulève le cliquet, et la roue à rochet tourne facilement dans le sens direct. La roue à rochet est d'un grand usage dans les raboteuses, les tours, les scieries; mais, avec le cliquet, il faut toujours agir avec calme et prévoyance, car si, dans certains cas, il vient à casser, il peut donner suite à de graves accidents.

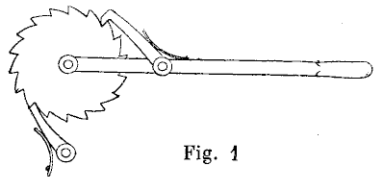


Fig. 1

Je citerai comme mémoire parmi les encliquetages à arc-boutement, imaginés dans le but de remédier à la perte de temps qui accompagne l'action du cliquet dans les encliquetages à dents; l'encliquetage *Dobo* (fig. 2) qui transmet le mouvement avec intermittence et sans choc; il permet de produire une transmission de mouvement dans un sens, sans le produire en sens contraire.

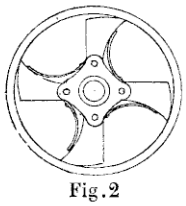


Fig. 2

Enclume. L'enclume (fig. 1) est une masse de fer aciérée sur sa surface pour résister aux chocs qu'elle reçoit; son poids, sa forme et ses dimensions doivent être appropriés aux travaux journaliers. La surface sur laquelle on bat les métaux doit être dure et lisse; le plus ordinairement, le milieu ou la *table* a la forme d'un parallélogramme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et les bouts sont appelés bigornes. Une de ces bigornes est conique et l'autre triangulaire. Un carré, percé sur la partie plane, est destiné à recevoir des étampes, des tranches, etc. L'enclume se fixe sur une *chabotte* ou billot en chêne, au moyen de crampons qui l'empêchent de se mouvoir pendant le forgeage. L'enclume, au lieu d'être en fer aciéré, est quelquefois en acier de bout, trempé à toute sa force. Elle doit être placée le plus près possible de la forge pour que l'ouvrier n'ait pas trop de distance à parcourir avec la pièce chauffée.

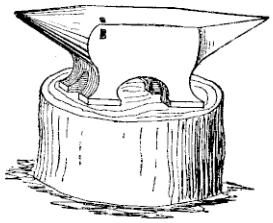


Fig. 1

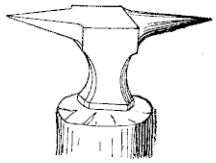


Fig. 2

Lorsque l'enclume est de petite dimension (fig. 2), on lui donne le nom de *bigorne*, et celui de *bigorneau* lorsqu'il est de dimensions pouvant être placé sur l'établi ou entre les mâchoires d'un étau à pied.

Engrenages. (Voir *roues d'engrenages*).

Entretien des chaudières à vapeur. Les chaudières conduites avec soin peuvent durer très longtemps ; si l'on néglige, comme c'est trop souvent le cas, les précautions essentielles, leur destruction peut être très rapide. On doit tenir en parfait état tous les appareils de sûreté. Il faut éviter les fuites, même peu importantes : elles pro-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

duisent souvent des corrosions qui peuvent avoir les plus graves conséquences. Il est essentiel, autant au point de vue de l'économie qu'à celui de la sécurité, de tenir les chaudières très propres à l'intérieur.

Pour diminuer l'importance des dépôts pierreux, on doit faire fréquemment des extractions d'eau, en la puisant aux points où les vases ont le plus de tendance à s'accumuler, et au besoin employer les désincrustants, en s'aidant des conseils d'un chimiste. Mais il ne faut pas perdre de vue que toutes les matières introduites dans la chaudière, sauf l'eau y restent en dissolution ou en dépôt. Il est donc nécessaire de donner aux extractions d'autant plus d'importance, qu'on aura employé une grande quantité de désincrustant, et l'on peut admettre que le volume et la fréquence des extractions doivent être en raison inverse du rapport du volume d'eau à la surface de chauffe. On comprend donc que là où l'on pourrait, avec d'anciennes chaudières contenant un énorme volume d'eau, marcher sans autre extraction que la vidange à de très longs intervalles, il devient indispensable, avec la même eau d'alimentation, de conduire le service tout autrement, lorsqu'on remplace ces générateurs par d'autres plus perfectionnés, contenant un volume d'eau beaucoup moindre.

Dans certaines chaudières à vaporisation violente, les dépôts solides sont souvent enlevés dans le courant de vapeur au détriment des glaces et des cylindres, qui s'usent alors très rapidement.

Lorsqu'on dispose de toitures étendues, il y a tout intérêt à recueillir les eaux de pluie et à s'en servir pour l'alimentation, en ayant soin de laisser

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au fond du réservoir un espace suffisant, au-dessous de la prise d'eau, pour le dépôt de boue qui provient des poussières déposées par le vent sur les couvertures des édifices.

Mais le moyen radical de se débarrasser de tous les inconvénients provenant des incrustations, est de marcher *à retour d'eau*, c'est-à-dire en se servant constamment de la même eau, sauf à ajouter de temps en temps le peu qui est nécessaire pour compenser les pertes, par fuites ou purgeurs, etc. Ce mode de fonctionnement, pour les machines, repose sur l'emploi de condenseurs à surface. Lorsqu'on manque d'eau, on peut se servir soit de l'aéro-condenseur (voir *Notes et Formules de l'Ingénieur et du Constructeur-mécanicien*, par De Laharpe), soit d'un condenseur ordinaire à surface, en envoyant alors l'eau de circulation se refroidir, par évaporation naturelle, sur des *appareils à fascines*, constructions d'ailleurs encombrantes.

La seule précaution à prendre, pour éviter complètement la corrosion des chaudières dans la marche à retour d'eau, est de n'employer, pour tous les graissages qui communiquent dans l'intérieur des machines, que des huiles minérales, exemptes de tout mélange animal ou végétal.

Pour les chauffages, on peut également les installer à retour d'eau (sauf la chaudière employée en barbotages), et lorsque la chaudière est placée en contre-bas, la circulation et le retour à la chaudière se font naturellement par l'effet de la pesanteur et sans aucun appareil d'alimentation, pourvu que la pression de la chaudière règne dans tout le parcours, et que le tuyautage de retour soit installé sans contre-pente.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La marche à retour d'eau est le meilleur moyen d'éviter les *coups de feu*, lesquels se produisent généralement, soit par manque d'eau, soit par l'accumulation des sédiments sur les tôles directement soumises à l'ardeur du foyer.

Système Dulac. On dispose, dans l'eau du générateur, des récipients en tôle de formes variables et mobiles destinés à former des espaces tranquilles où les sédiments, en suspension dans l'eau, s'accumulent à mesure de leur formation, par l'effet du remou. On provoque la formation de ces sédiments, en ajoutant à l'eau d'alimentation, dans la bâche même de la pompe, les réactifs voulus (généralement du carbonate de soude) en dosage convenable d'après l'analyse chimique de l'eau. La précipitation se produit dans la chaudière, et de temps à autre on retire les collecteurs de dépôt, pour les vider.

Epreuve des chaudières (voir *Chaudieres).*

Equerre. L'équerre est sans contredit l'instrument le plus utile à l'ouvrier mécanicien; l'on pourrait au besoin se passer d'un compas, mais non d'une équerre. Pour faciliter le travail, l'équerre affecte différentes formes, qui varient suivant l'usage auquel on la destine; les principales sont les suivantes :

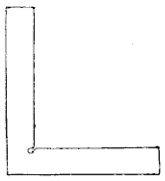


Fig. 1

L'équerre simple, celle qui est le plus souvent employée (fig. 1), doit être en acier fondu, et forgée avec beaucoup de soin; elle doit être limée bien d'équerre sur champ, et bien dressée sur les faces. Elle se compose de deux branches perpendi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

culaires dont la largeur moyenne doit être de 15 à 20 millimètres, et l'épaisseur de 4 à 6 millimètres. La longueur de ses branches est variable, seulement l'une doit être d'un quart environ plus longue que l'autre. Une fois l'équerre terminée, on perce un petit trou de 2 millimètres un peu en arrière de l'angle intérieur, et on donne un coup de scie pour éviter les bavures aux pièces que l'on ajuste, et on vérifie ensuite.

Lorsque l'on a plusieurs équerres de mêmes dimensions à faire, on les soude à l'étain, après les avoir réunies l'une contre l'autre, et on procède comme pour une seule équerre.

Une équerre ne doit pas être mise en service sans être vérifiée; pour cela, on fixe une règle bien droite sur le bord d'un marbre bien dressé, et on procède absolument comme pour l'équerre de dessinateur (voir page 189).

Si deux équerres ont été ajustées ensemble, il n'y a qu'à poser l'un des deux côtés de chacune d'elles sur une règle bien droite et les approcher l'un de l'autre; les deux autres côtés doivent se toucher dans toute leur longueur.

L'équerre à *chapeau* (fig. 2), très utile pour le traçage, doit se faire exactement dans la même condition que la précédente, et ensuite ajuster ou fixer, au moyen de vis à tête plate (en fer ou en acier), sur la plus petite branche, le chapeau qui doit avoir à peu près les mêmes dimensions que cette dernière.

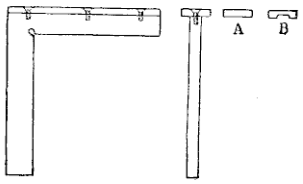


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le chapeau n'est quelquefois ajusté que tout simplement, comme en A, et généralement on le brase, où alors il possède une rainure comme en B, ce qui empêche le mouvement des vis de s'accentuer outre mesure.

L'équerre *à T* fixe (fig. 3), qui sert à ajuster les rainures, les mortaises, les têtes de bielles, à dégauchir les surfaces d'après un trou, et réciproquequement, etc., doit être en acier, et forgée avec beaucoup de soin. Ses branches doivent être un peu moins épaisses que celles de l'équerre ordinaire. Pour l'ajuster, on commence par dresser la partie A, on met ensuite bien de largeur les deux branches du bas, et on procède pour la branche perpendiculaire et le reste exactement comme pour l'équerre ordinaire. Elle peut également s'ajuster par quantité en les soudant préalablement à l'étain.

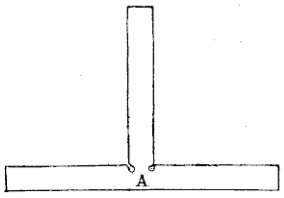
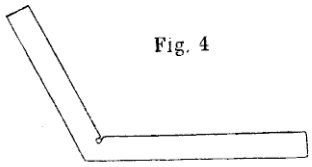


Fig. 3


Fig. 4

L'équerre dite à *six pans* (fig. 4), spécialement destinée à ajuster ou à vérifier les pièces hexagonales, doit avoir, comme dimensions de branches, les mêmes que l'équerre simple.

Pour l'ajuster, il faut se servir d'un modèle type, ou à son défaut on procède comme suit : on trace sur une feuille de zinc, par exemple, un hexagone de la plus grande dimension possible, et à traits

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fins ; après quoi on règle et on vérifie d'après ce tracé. Une fois la pièce bien finie, pour la vérifier à nouveau, on découpe dans de la tôle de 2 millimètres d'épaisseur au plus un hexagone quelconque, et on l'ajuste avec l'équerre précitée; si celle-ci est bien juste, il se fera, qu'en la retournant, toutes les parties ajustées se toucheront dans toute leur longueur.

Quant au reste, on suit la même marche que pour l'équerre simple.

L'équerre à T à *branche mobile* (fig. 5) remplace l'équerre ordinaire, l'équerre à chapeau, l'équerre à T, dans les endroits où ces dernières ne peuvent aller. Elle doit être en acier, ainsi que sa vis de réglage.

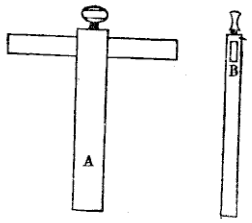
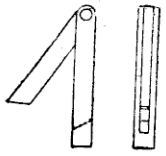


Fig. 5

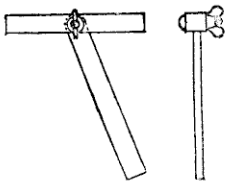
Le corps A peut avoir dans la pratique ordinaire 100 à 150 millimètres de long, 15 de large et 8 à 12 millimètres d'épaisseur, La branche mobile doit avoir en longueur les 2/3 de celle du corps, 4 à 5 millimètres d'épaisseur et 10 à 12 millimètres de largeur. La partie intérieure B de la mortaise doit être spécialement bien dressée, car c'est là où se fait le le portage direct de la branche mobile. Pour les instruments de précision, à cet endroit, on est dans l'habitude d'ajouter une petite paillette d'acier pour éviter que la vis agisse directement sur la branche mobile et ne la détériore.


Fig. 6

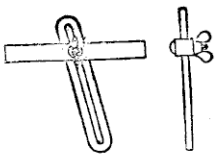
La *fausse équerre simple* ou *sauterelle* (fig. 6), sert à reporter, à vérifier, etc., des angles donnés,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

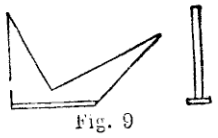
et à ajuster, s'il le faut, des pièces nouvelles avec l'inclinaison précitée. Elle doit être en acier, et peut se faire en prenant les mêmes dimensions que pour l'équerre simple. Son axe doit être d'un diamètre assez grand, et ne pas fonctionner trop librement ; il est quelquefois muni d'un écrou papillon pour faire le serrage, et maintenir la branche mobile qui doit être ajustée à frottement doux,


Fig. 7

La *fausse équerre à T* (fig. 7) sert à vérifier, à dresser, à ajuster, d'après un angle donné ou parallèlement les parties intérieures d'une pièce, par rapport à l'extérieur, en se servant de la même base, et réciproquement. Cette équerre doit se faire en acier, être exécutée avec beaucoup de soin, et prendre comme dimensions à lui donner celles de la fausse équerre simple.


Fig. 8

La fausse équerre à T *mobile* (fig. 8) est faite pour remplacer la précédente dans les endroits où cette dernière ne peut aller. Également en acier, elle doit être exécutée dans les mêmes proportions et suivant les mêmes principes.


Fig. 9

On se sert encore d'équerre à onglet (fig. 9), laquelle doit être exécutée dans les mêmes conditions que les précédentes, et dont la simple inspection de la figure fera comprendre l'emploi.

Equerre à centrer. On construit sur le même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

principe que les V des équerres spéciales (fig. 1, 2, 3) qui servent à déterminer les axes de tournage des pièces qui affectent la forme de solide de révo-

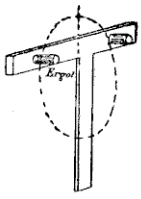


Fig. 1

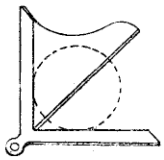


Fig. 2

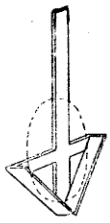


Fig. 3

lution, et principalement des pièces cylindriques. Le simple examen des figures indique suffisamment la manière de s'en servir et leur construction.

Equerre à talon. Dans bien des cas, le traçage peut être simplifié au moyen de l'équerre à talon (fig. 1), qui possède un talon mobile A que l'on fixe au moyen d'une vis de pression, Ce talon doit être ajusté à frottement doux et sans jeu, et parfaitement parallèle avec l'autre branche de l'équerre.

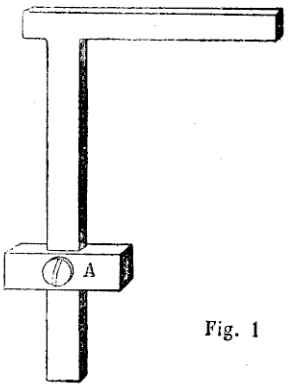


Fig. 1

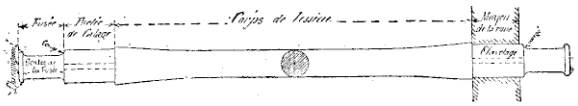
Escarbille. On donne le nom d'escarbilles à des fragments de houille incomplètement brûlés, qui tombent avec les cendres.

Essence. L'essence de térébenthine s'obtient en faisant bouillir avec de l'eau la résine exsudée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du *pinus maritima* Sa densité est 0,87, et elle bout à 155°. Elle est employée mélangée à la peinture. On s'en sert également pour le nettoyage des pièces polies et pour le graissage, de temps à autre, des machines, lorsque les orifices graisseurs sont sales et malpropres.

Essieux. Les essieux sont en fer ou en acier, et affectent le plus généralement la forme de la figure ci-dessous.



Un essieu peut être moteur, et posséder alors des formes spéciales qui lui permettent de recevoir directement les grosses têtes des bielles motrices, tel est le cas des essieux de locomotives.

Les dimensions à donner aux essieux, doivent être calculées de façon à pouvoir résister au plus fortes charges ou au plus grands efforts à vaincre.

Ensuite il est bon de leur donner des dimensions un peu plus fortes que celles trouvées par le calcul, afin de rentrer dans le domaine de la pratique en tenant compte des vibrations accompagnées des changements de température, des chocs, etc., qui tendent à modifier la texture du métal au préjudice de sa résistance.

Pour la fusée, il faut tenir compte de l'usure, qui forcément se produit en cours de travail afin de ne pas arriver trop tôt au diamètre minimum. La longueur de sa portée est généralement égale au double de son diamètre.

Les essieux doivent être forgés par de bons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ouvriers et avec tout le soin désirable, car la rupture d'une pièce semblable en cours de route, peut donner lieu à de graves accidents.

Les parties d'un essieux en raccordement ne doivent présenter aucune arête vive et doivent être réunies au moyen d'un *congé*.

Les centres de tournage comme pour les arbres doivent être conservés.

La portée de calage doit être tournée parfaitement cylindrique avec une légère entrée sur 12 à 15 millimètres.

Le calage doit se faire au moyen de la presse hydraulique en tenant compte de la résistance du moyeu pour ne pas compromettre ce dernier, tout en agissant avec une pression suffisante pour assurer un calage assez solide.

Comme mesure de sûreté, on est dans l'habitude de claveter le moyeu de la roue sur son essieu, clavette qui quelquefois peut s'ébranler si elle n'a pas été ajustée comme il faut, sans que pour cela l'essieu soit décalé, c'est là un cas auquel il faut porter toute son attention, et qui ne peut être jugé que par de vrais pratriciens, qui rarement ne se trompent, rien qu'au son produit par un coup de marteau sur l'essieu ou sur le moyeu.

Etabli. L'établi peut se faire en chêne, mais le plus ordinairement il est en bois de hêtre, pris dans un plateau de 60 à 80 millimètres d'épaisseur; il doit reposer sur des pieds carrés de 80 à 100 millimètres de côté, et sa hauteur maximum au-dessus du sol doit être d'environ 80 centimètres.

Si l'établi est placé le long d'un mur, la largeur d'un plateau de 50 centimètres peut suffire au mini-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mum; si l'établi est double, c'est-à-dire qu'il y ait des ouvriers face à face, on choisira des plateaux le plus large possible, de façon à atteindre au moins $1^{m},20$ pour sa largeur, sinon on remplit le vide entre les deux plateaux avec des planches de 40 millimètres d'épaisseur. Chaque établi doit être fermé sur les côtés, les extrémités de la table doivent être arrondies; à droite de chaque étau doit exister un tiroir de 12 à 15 centimètres de hauteur pour y ramasser les outils, limes, marteaux, etc.; immédiatement en dessous doit se trouver une armoire destinée à renfermer les effets de l'ouvrier et le tout fermant à clef. A gauche de l'étau et à l'opposé de l'armoire, il faut disposer sous l'établi un ou plusieurs rayons destinés à recevoir les outils communs et d'un usage courant. Le sol, à proximité d'environ 1 mètre à $1^{m},50$, doit être recouvert d'un plancher de 30 à 40 millimètres d'épaisseur, afin que l'ouvrier ait le pied solide en travaillant, et que les pièces, souvent de petites dimensions, ne puissent se perdre.

Etain. L'étain est un des métaux les plus anciennement connus; on le rencontre dans la nature, associé à l'arsenic, au cuivre, au zinc. etc. L'étain du commerce contient toujours de petites quantités de métaux étrangers; il est en *feuilles*, en *baguettes*, en *pains*, en *saumons* et en *larmes*. Sous cette dernière dénomination, son nom est *grain-tin*. On le prépare en laissant tomber par terre, d'une certaine hauteur, des lingots chauffés au-dessus de 100°; comme à cette température, ils deviennent friables, le choc sur le sol les divise par petits fragments. L'étain pur est blanc argentin, nuancé d'un peu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de jaune. Il est très malléable, ce qui permet de le réduire en feuilles très minces par le battage. Frotté, il dégage une odeur peu agréable ; il a une saveur difficile à définir ; sa densité est 7,29. Ce métal est doué d'une grande mollesse ; aussi ne possède-t-il aucune sonorité. Il fait entendre, lorsqu'on le ploie, un cri particulier, qui est désigné sous le nom de cri de l'étain. Une tige d'étain, courbée plusieurs fois à la même place, finit par s'échauffer d'une manière assez sensible à la main ; il fond à 228° ; l'air froid ne l'altère pas, mais il s'oxyde facilement au contact de l'air chaud, ce que l'on constate toutes les fois que l'on maintient l'étain en fusion : il se recouvre alors d'une pellicule grisâtre qui permet d'apprécier son degré de pureté. Un fil de 2 millimètres de diamètre n'est rompu que par un poids d'environ 16 kilogrammes.

L'étain se combine avec un grand nombre de métaux pour faire les alliages, tels que le bronze, la soudure des plombiers, l'amalgame des glaces, etc. L'alliage d'étain et de fer, découvert il y a plus d'un siècle par *Biberel*, est composé de six parties d'étain et une partie de fer ; on lui donne le nom de *polycrome*, et est employé avec quelque succès à l'étamage du cuivre.

L'alliage *Budi*, composé de quatre-vingt-neuf parties d'étain, six de métal et cinq de fer, a pour qualité principale d'adhérer à la fonte, même quand elle n'est pas tournée.

L'étain sert à souder et à étamer les métaux, c'est-à-dire que la surface de ces derniers est alliée avec l'étain. L'étamage le plus vulgaire est celui des ustensiles de cuivre que tout le monde peut voir journellement sur la voie publique. Je me bornerai

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

seulement à indiquer le motif pour lequel il est nécessaire de frotter à chaud avec du sel ammoniac les surfaces à étamer; c'est que l'emploi de ce sel a pour résultat de décaper la surface du métal.

Tant que l'étamage est opéré avec de l'étain, et que la couche étamante n'est pas usée, il n'y a rien à craindre. Mais si, au lieu d'étain, on se sert d'alliages où le plomb se trouve dans une proportion plus forte que $\frac{1}{10}$, et où souvent le zinc figure pour plusieurs centièmes, il en est autrement; dans ce cas, les ustensiles culinaires peuvent occasionner des empoisonnements, car en général les substances organiques, sous l'influence de la chaleur ou de l'eau, exercent une action dissolvante sur les métaux précités, dont l'action délètère est depuis longtemps reconnue.

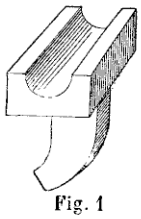
Un moyen très simple pour reconnaître la présence du plomb dans l'étain consiste à laisser tomber sur ce dernier quelques gouttes d'*acide acétique* pur (le vinaigre ne suffit pas), alors l'on voit apparaître une tache blanche à laquelle on ajoute un peu de *chromate de potasse* dissous auparavant dans l'eau. Cette tache prendra alors une couleur jaune, d'autant plus intense que l'étain contient plus de plomb. Cette réaction peut révéler même la présence d'un cent millième de ce dernier.

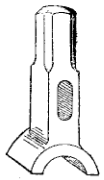
Je recommande beaucoup de précaution pour cette expérience car le chromate est un sel très vénéneux.

Etampes. Les étampes sont des outils qui possèdent, à l'opposé de leur tête, une cannelure demi-cylindrique qui permet de refouler le métal sous forme de bourrelet.

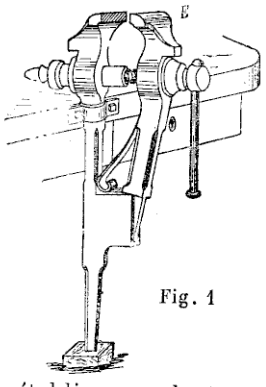
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On distingue deux sortes d'étampes, qui sont généralement par paire; l'étampe de *dessous* (fig. 1) qui est en fer, en fer aciéré ou en acier, possède un appendice légèrement recourbé et à la demande de l'enclume sur laquelle elle doit servir; l'étampe de *dessus*, qui doit être munie d'un manche (fig. 2), comporte une forme symétrique à la première, et doit être en tout point confectionnée comme la chasse.


Fig. 1


Fig. 2

Etau. L'étau, l'outil l'un des plus importants dans un atelier de mécanicien, est ordinairement en fer (fig. 1); il sert à maintenir dans une position fixe les pièces qu'il s'agit de travailler; s'il y en a plusieurs sur le même côté d'un établi, ils doivent toujours être placés dans le prolongement les uns des autres. de telle sorte que si l'on a une pièce très longue à serrer, elle puisse être facilement prise par plusieurs à la fois; il est maintenu à l'établi au moyen d'une bride à ouverture carrée s'il est fixe; s'il est tournant, on se sert de deux brides demi-rondes. Le dessus des mords doit être réglé comme hauteur à la demande de l'ouvrier qui doit l'occuper; c'est pourquoi lorsque l'on monte un établi avec plusieurs


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étaux, il faut avoir soin de ne pas les régler tous à la même hauteur. L'étau doit être de niveau dans les deux sens; pour s'en assurer, on ouvre les mords d'environ 5 millimètres, et dessus on place un niveau d'eau; ce dernier doit indiquer l'horizontale, quelle que soit la place qu'on lui fasse occuper. On peut encore le vérifier avec le fil à plomp.

Le pied de l'étau doit entrer au moins de 30 à 40 millimètres dans le plancher, et, à défaut de ce dernier, on bute en terre un morceau de bois de chêne de 150 millimètres carrés et de 150 à 200 millimètres de hauteur, qui lui sert de point d'appui. Pour garantir la vis de la limaille, on fixe au-dessus de l'écrou de celle-ci, et après la partie inférieure du mords mobile, une plaque en laiton, plus ou moins cintrée, à la demande.

Toutes les pièces d'un étau doivent être entretenues dans un parfait état de propreté, les mords, la vis et sa boîte bien brillants; les pieds doivent être peints au moins une fois l'année, ou tout au moins essuyés très souvent; ces petits détails sont toujours l'indice d'un ouvrier soigneux.

Les étaux de serruriers, de limeurs, etc., sont ordinairement du poids de 20 à 50 kilogrammes; ceux de l'ajusteur-mécanicien varient de 50 à 80 kilogrammes, et les étaux de forgerons, dits *étaux à chaud*, atteignent quelquefois 200 kilogrammes, pour ne pas s'échauffer trop vite, et être suffisamment forts pour résister aux chocs produits par les coups de marteaux; ces derniers étaux sont en fer forgé, leurs mâchoires sont cémentées et trempées. Quelquefois, on rapporte une lame d'acier pour en former les faces. C'est l'opération qu'il est nécessaire de faire quand les mâchoires sont usées; c'est ce que l'on appelle *recharger les mâchoires*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les mords des étaux ordinaires sont aciérés à l'intérieur, taillés en lime et trempés; un ressort placé entre les deux branches, mais que l'on comprime aisément, en faisant marcher la vis, les fait ouvrir quand on desserre l'étau.

Quand les mords sont usés, il est de toute nécessité, à tous les points de vue, de les retailler; pour cela, on les donne au forgeron qui les détrempe, les rebat s'il est nécessaire, et les dégauchit dans tous les sens. Après cette opération, l'ajusteur doit terminer à la lime le dressage intérieur des mords suivant l'axe d'oscillation. Ces derniers doivent être légèrement creux longitudinalement, 1/2 millimètre au plus, et verticalement ils doivent être parfaitement d'aplomb.

Une fois que le dressage est fait, on remonte et on met l'écrou ; on dresse la partie supérieure des mords ; on affleure les extrémités en les mettant d'équerre avec la partie précitée, on régularise à la grosse lime toutes les parties brutes, de façon à satisfaire l'œil, et ensuite on procède à la taille.

La première chose à faire pour tailler, est de graisser à l'huile la partie à travailler que l'on serre préalablement dans l'étau ; après quoi, inclinant le burin à 45° (fig. 2), et en arrière, on commence par l'angle gauche des mords du côté de l'établi en venant insensiblement en avant. Une fois la surface taillée à 45°, et du même côté, on procède à l'opposé, après avoir donné un coup de lime pour enlever les bavures, et avoir remis de l'huile, en donnant toujours la même inclinaison de 45° ; les tailles alors sont perpendiculaires l'une à l'autre et forment un angle

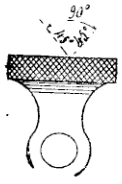


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de 90°. Cette question d'inclinaison varie suivant les idées; quant à moi, j'a toujours employé la précédente, et je m'en suis bien trouvé. Le deuxième mords doit être taillé absolument comme le premier, et s'arranger de façon que les deux mords assemblés, la taille se croise.

Pour les tremper, on les chauffe au rouge cerise fort, au charbon de bois, si possible, et on les trempe dans l'eau en commençant par le dos E (fig. 1); peu à peu, on enfonce le mords plus avant, et, lorsque l'on juge qu'il est assez refroidi, on plonge le tout dans l'eau, en gardant toujours la taille dessus. Après, il n'y a plus qu'à le nettoyer et à le mettre en état.

Il arrive très souvent que, travaillant en déplacement ou en campagne, l'on ait besoin de réparer la boîte à vis d'un étau dont les filets sont tout ou en partie arrachés. N'ayant pas de tour à fileter sous la main pour la réparation, on débrase le filet existant, si ce dernier est brasé; s'il ne l'est pas, on nettoie et on dresse l'intérieur de la boîte, après quoi, prenant un morceau de fer carré A (fig. 3), on l'enroule autour de l'intérieur du filet de la vis, après avoir eu préalablement le soin de lui donner en longueur et en épaisseur les dimensions nécessaires.

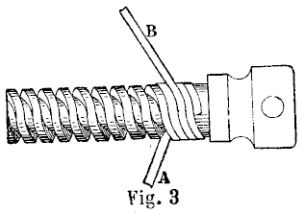


Fig. 3

Le diamètre extérieur de la vis, étant plus petit que le diamètre intérieur de la boîte, il faut combler ce vide à l'aide d'une seconde bande de fer B de dimensions convenables. On dresse, on ajuste le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tout ensemble et on met en place dans la boîte sans faire tourner la vis. Lorsque cette dernière est bien à fond et que l'on est certain que rien ne cloche, on la détourne, et le filet de la boîte se trouve posé.

On met de la soudure et du borax dans l'intérieur, en quantité suffisante, mais pas exagérée; l'extérieur on le recouvre avec de la terre à four, ainsi que l'extrémité du trou, que l'on bouche, de façon que la chaleur se répartisse à peu près uniformément. On dispose un feu de forge un peu allongé, et en tourne la boîte dans tous les sens, autour de son axe longitudinal, pour faire couler la soudure partout. Lorsqu'il s'échappe de la terre une flamme bleue, l'opération marche à bien; on arrête le vent et on laisse encore chauffer un peu, en ayant soin de continuer à toujours tourner la boîte.

On retire cette dernière du feu, on la pose à terre, et on la fait rouler toujours pour égaliser la répartition de la soudure. En somme on doit braser aussi complètement que possible, et on met à l'eau pour refroidir. La vis doit alors rentrer librement jusqu'au fond; si elle ne peut passer, on ajuste une petite lame de dimensions légèrement plus fortes que le filet, et on la fixe dans un petit trou percé à l'extrémité du premier filet. De cette façon, l'on est certain qu'en faisant tourner la vis, celle-ci ira au fond, et que tout le métal en trop sera enlevé.

Il peut se faire qu'au lieu de la boîte, ce soit la vis que l'on ait à refaire; l'on s'y prend alors de la façon suivante: on la forge d'abord, et on la tourne à son diamètre extérieur, soit 50 millimètres par exemple (fig. 4); on mul-

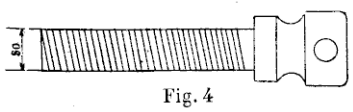


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tiplie cette valeur par 3,14, et on a 157 millimètres (fig. 5) développement extérieur. On prend une feuille de papier de dimension voulue pour faire la longueur à fileter que l'on désire, et une largeur de 157 millimètres, on y trace le pas avec son inclinaison, soit ici 10 millimètres, que l'on divise en deux parties de cinq chacune (pour le creux et le plein de la vis), on enveloppe la vis avec ce papier, et on le fixe avec de la colle. Une fois sec, on reproduit les traits sur la vis au moyen d'un petit burin bien affûté, on enlève le papier, et on dégage, au moyen d'un petit bédane, de largeur un peu plus faible que la largeur du creux des filets, en ayant soin de bien suivre l'inclinaison et la profondeur à donner, dont on peut toujours se rendre compte au moyen d'un petit calibre. Pour compléter, on ajuste et on termine à la lime. En résumé la position de la vis d'un étau dans sa boîte est représenté par la figure 6 *bis*.

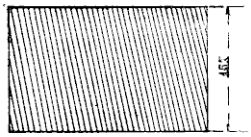


Fig. 5

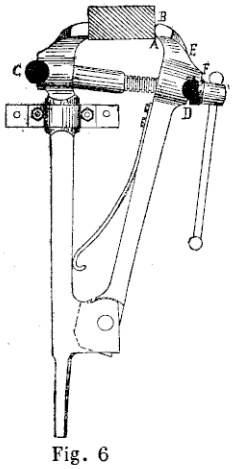


Fig. 6

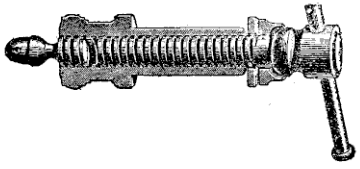


Fig. 6 *bis*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un étau, qui doit être préféré à celui ordinaire, c'est l'étau à rotule, en ce sens que le serrage se fait plus fort, et presque perpendiculairement au mords mobile, sans faire supporter aux grosses pièces un certain effort de glissement comme cela se produit avec les étaux ordinaires.

Un étau qui remplace avec avantage celui ordinaire et le précédent, est l'étau à boite et vis articulées système *Désécure* (fig. 6), il a l'avantage de donner un serrage parfait, le mords de la mâchoire mobile, par sa courbure AB, étant constamment normal à la surface plane de la mâchoire fixe.

La boîte de la vis forée en plein fer et filetée, porte un tourillon C qui fait partie de la pièce. Son passage dans la jumelle fixe est un trou ovale. Elle s'articule derrière cette jumelle par le moyen du tourillon C.

La noix D, en fonte d'acier, s'articule de son côté contre la jumelle mobile.

Par cette disposition la vis se meut dans l'axe de la boîte sans jamais forcer, et tout porte-à-faux est évité depuis le point de fermeture jusqu'au maximum d'ouverture.

Le garde-limaille EF recouvre la partie extérieure de la noix et la protège complètement.

En pratique l'étau *Désécure* est beaucoup plus puissant et fait un meilleur usage que les étaux ordinaires.

L'entretien des étaux en général, se borne du nettoyage et au graissage de la vis. Pour cela on attache les deux mâchoires avec une corde et on retire la vis. On la nettoie très soigneusement avec un chiffon et on y verse de l'huile ou on l'enduit de suif fondu. On la remet en place et l'étau est ainsi préparé pour le travail.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'étau à *agrafes* (fig. 7) diffère du précédent par ses formes accessoires et ses dimensions; il se compose de deux mâchoires aciérées, dont une porte sur son prolongement un écrou qui reçoit une vis à filets carrés, ayant une tête sphérique, percée de deux trous, et portant à la partie supérieure un cercle de fer muni d'agrafes. Au-dessus se trouve un autre cercle pareil qui s'attache au corps de la machine. On se sert de cet étau pour travailler les objets de petites dimensions; on le fixe, soit sur un petit établi ou sur une table.

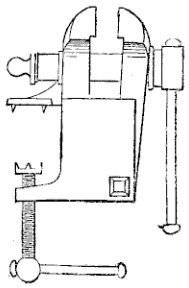


Fig. 7

L'étau *parallèle à agraffes* (fig. 8) peut remplacer l'étau ordinaire dans certain cas, en ce sens que cet outil n'est pas encombrant, donne un écartement de mâchoires assez grand et un serrage parfait.

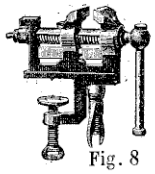


Fig. 8

L'étau *à main* est plutôt une petite pince à vis qui a la forme d'un étau. La manivellle de la vis est remplacée par un écrou à oreilles (fig. 9) ou par une clé (fig.10) preuve suffisante pour indiquer que le serrage n'est pas très fort. Quelquefois il possède un manche en bois comme l'indique la figure 11. On le tient à la main pour limer une infinité de petits objets. Si une main ne suffit pas, on le serre entre les mâ-

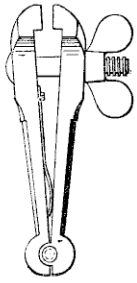


Fig. 9



Fig. 10



Fig. 11

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

choires de l'étau d'atelier, ce qui est nécessaire dans certains cas. L'étau à main doit être en fer cémenté et trempé, avec mords aciérés ou complètement en acier.

Est encore à citer l'étau à *crémaillère* à mords mobile (fig. 12) pour serrer les pièces parallèles et

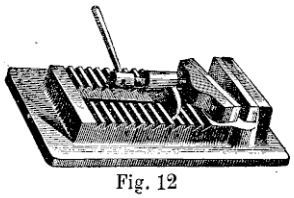


Fig. 12

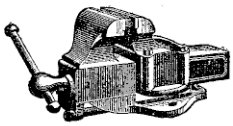


Fig. 13

obliques, pour machines à fraiser, à raboter, étaux-limeurs, etc. La vis de serrage et le mords mobile se déplacent instantanément; ce dernier s'incline suivant l'angle de la pièce. Les deux mords sont pourvus de mâchoires obliques qui appliquent la pièce sur l'étau et produisent un serrage parfait.

Un étau qui est peu répandu mais qui est très utile dans certains cas, c'est l'étau à *serrage instantané* (fig. 13).

Excentrique. L'excentrique est une pièce destinée à transformer un mouvement circulaire continu en un mouvement rectiligne alternatif. L'excentrique à collier, le plus commun de tous, est une transformation du même genre. Sur un arbre O (fig. 1), est calé un cercle dont le centre C est situé en dehors de l'axe O, et dont la circonférence enveloppe entièrement cet arbre; c'est ce disque circulaire, plein ou évidé A, qu'on appelle excentrique. Ce disque est entouré d'une bague, ou collier B, formé de deux parties réunies par des boulons, et dans lequel le disque peut fonctionner à frottement doux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'un des deux colliers porte une barre dénommée *barre d'excentrique* D, terminée à son extrémité par une chape ou un œil E, destiné à recevoir un axe d'articulation pour transmettre le mouvement.

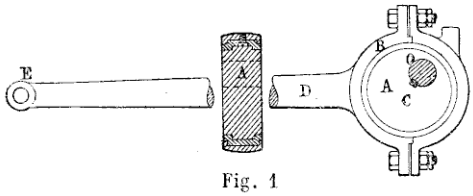


Fig. 1

L'excentrique proprement dit est généralement en fer quelquefois en acier ou en fonte, en une ou deux pièces réunies au moyen d'un clavetage ou par des boulons et calé sur l'arbre moteur. Le collier est quelquefois en bronze ou en fonte mais le plus souvent il est en fer et muni à l'intérieur et sur son pourtour d'une garniture en bronze fixée au moyen de vis, ou d'une garniture en métal blanc pour obtenir un frottement plus doux.

La barre d'excentrique peut être en acier ou en fer ainsi que la chape ou l'œil, dernières parties qui sont toujours dans ce dernier cas cémentées et trempées. Le collier porte un évidement intérieur formant joues pour éviter qu'il s'échappe de l'excentrique A (fig. 1) et former en même temps une sorte de réservoir d'huile.

Cet organe n'est qu'une variété de la bielle et manivelle, seulement la transformation du mouvement n'est pas réciproque, parce que si la poussée s'exerçait sur la barre on ne pourrait pas faire tourner l'excentrique. Un autre inconvénient, c'est que le frottement du disque contre le collier est considérable et ne peut par conséquent transmettre de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grands efforts. Aussi dans les machines de mon système leur ai-je donné une forme (fig. 2) qui diminue beaucoup le travail du frottement sans augmenter plus vivement l'usure et me procure ainsi un réservoir d'huile mobile et circulaire A.

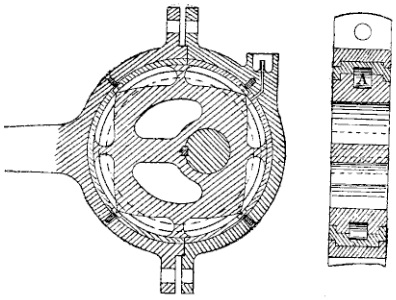


Fig. 2

Malgré l'infériorité signalée plus haut l'excentrique est très employé dans les machines parce que e calage de cette pièce sur l'arbre tournant évite les coudes qu'il faudrait faire pour le passage des corps de bielles. Le graissage se fait exactement dans les mêmes conditions que pour les têtes de bielles.

L'excentrique triangulaire (fig. 3) a pour objet de transformer un mouvement de rotation continu en un mouvement rectiligne alternatif interrompu par des repos. Il se compose d'un prisme droit, dont la section droite est un triangle équilatéral ABC dont les côtés ont été remplacés par des arcs de cercle décrits des sommets opposés comme centre, avec les côtés pour rayons. Ce prisme est généralement fait en acier pour éviter une usure trop prompte, il est fixé le plus souvent en saillie sur un plateau circulaire, de manière que l'un des sommets

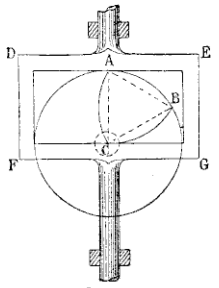


Fig. 3

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

corresponde à l'axe de rotation. Le rayon du plateau est égal à celui des arcs qui forment le triangle curviligne; ce dernier tourne dans un cadre DEFG dont la hauteur FD est égale au rayon du plateau plus la largeur que l'on donne aux côtés DE et FG du cadre et communique à ce dernier un mouvement rectiligne alternatif avec repos à chaque changement de sens.

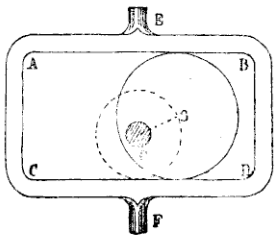
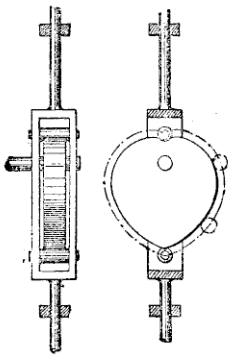


Fig. 4

L'excentrique circulaire à cadre (fig. 4) est un excentrique ordinaire, dont le collier est remplacé par un cadre, dans lequel fonctionne le disque circulaire qui est toujours en contact avec les deux côtés AB et CD. Une tige EF, fixée au milieu de ces côtés et convenablemont guidée, reçoit, pendant la révolution du disque, un mouvement rectiligne alrernatif égal ou double de l'excentricité OG.


Fig. 5

La courbe en cœur, est un excentrique destiné à transformer un mouvement de rotation uniforme en un mouvement rectiligne alternatif. On peut par une disposition convenable lui faire produire un mouvement rectiligne alternatif quelconque uniforme, uniformément varié, uniforme avec intermittences. La figure 5 représente la disposition généralement employée en pratique, la courbe en cœur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

agit alors sur des galets, qui ont un certain diamètre, et il faut par suite tracer une courbe parallèle à une distance égale au rayon de ces galets.

Pour éviter l'inconvénient de la courbe en cœur lorsque l'uniformité du mouvement n'est pas absolument utile, M. Morin a imaginé un excentrique qui porte son nom, elle assure la continuité du mouvement transmis, et fait passer par tous les états de grandeur, la vitesse de la tige menée par les galets. (Pour son tracé, voir le *Traité de Mécanique*, de Hergot.)

La figure 6 représente la façon de changer le mouvement de rotation continu en un mouvement rectiligne alternatif.

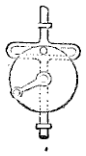


Fig. 6

La figure 7 représente un mouvement de va-et-vient intermittent. L'intermittence est en rapport avec la longueur de la rainure.

La figure 8 est une forme d'excentrique qui permet de donner différentes vitesses à la tige AA.

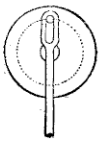


Fig. 7

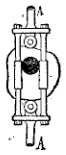


Fig. 8

Expériences dynamométriques (Voir *Frein de Prony*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

F

Fer. Ce métal que les anciens chimistes désignaient sous le nom de *mars*, existe en grande abondance dans la nature ; il n'est pas un seul terrain pour ainsi dire qui n'en renferme des proportions plus ou moins considérables. Le fer se trouve en dissolution dans certaines eaux, il se trouve encore à l'état natif dans les pierres météoriques; il en est qui en renferment jusqu'à 90 %.

Le fer pur est gris bleuâtre, il possède une texture cristalline qui varie suivant la forme qu'on lui a donnée; elle est ordinairement à petits grains brillants dans le fer étiré en fils ; quelquefois fibreuse comme dans le fer en barres. Ce dernier est ordinairement le plus recherché par rapport à sa ténacité. C'est le plus tenace de tous les métaux. Un fil de fer de 2 millimètres de diamètre, esssayé devant moi, ne s'est rompu que sous une charge de 220 kilogrammes..

Lorsqu'il paraît formé de petites lamelles superposées et allongées, on dit qu'il est *nerveux*, les lamelles fibreuses deviennent par ce fait très apparentes après la cassure, laquelle ne peut se faire généralement qu'après avoir courbé le barreau plusieurs fois au même point et en sens opposé.

Cette particularité se trouve presque toujours dans les fils de fer de bonne qualité et dans les bons fers *forgés*, car un bon fer ordinaire ne devient ner-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

veux qu'après avoir été pour ainsi dire pétri au marteau à une température assez élevée.

Une chose que je tiens à faire remarquer comme question purement pratique, c'est qu'un même fer peut, dans certaines circonstances perdre son état nerveux primitif, pour devenir *grenu* et *cassant* sans avoir subi aucun changement de nature chimique. Ce phénomène donne lieu souvent à de graves accidents et pour qu'il ait lieu, il suffit qu'il soit exposé pendant un temps plus ou moins long à des vibrations, qui quelquefois sont accompagnées de nombreuses alternatives de température. Tel est le cas des essieux de locomotives et de voitures.

L'écrouissage le rend cassant; mais on lui rend sa tenacité par le recuit. Il est ductile et malléable et se réduit en feuilles plus ou moins épaisses, il porte alors le nom de *tôle*.

Le fer exige pour fondre une t empérature excessivement élevée, environ 2000°; il se ramollit à la chaleur blanche, et, dans cet état, on peut lui faire prendre toute espèce de formes par le martelage.

La densité du fer varie entre 7,6 et 7,8 quelquefois elle atteint même 7,9.

Chauffé au rouge, le fer s'oxyde promptement au contact de l'air, et se recouvre à sa surface d'une pellicule noire que le moindre choc suffit pour faire tomber. Ces fragments de pellicules portent le nom de *battitures de fer*.

On exploite tous les minerais par deux méthodes principales: l'une exige une haute température, donne presque tout le métal, mais sous forme de *fonte*, c'est la *méthode des hauts-fourneaux* (fig. 1); l'autre n'exige pas une énorme chaleur et donne seulement une partie du métal, mais assez pur pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

être livré au commerce, c'est la *méthode catalane* (fig. 2).

Coupe verticale d'un haut-fourneau

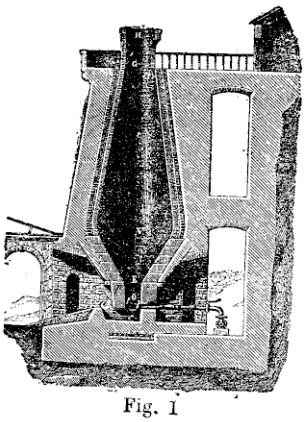


Fig. 1

G *Gueulard* destiné à introduire le conbustible et le minerai dans le fourneau.
H *Cheminée* dans laquelle sont pratiquées des portes pour le service du gueulard.
GV *Cuve.*
VE *Etalages*
V Raccordement cylindrique des deux cônes auquel on donne le nom de *ventre.*
O partie prismatique désignée sous le nom *d'ouvrage.*
p Parois de l'ouvrage désigné sous le nom de *tympe.*
tt Ouverture par où débouchent les tuyères.
c Creuset.
d Pierre prismatique appelée *dame.*

On introduit dans le haut-fourneau un mélange de minerai et de charbon; les gaz sulfureux ou carboniques s'échappent, et il se rasemble à la partie inférieure une matière liquide qui est la fonte ou carbure de fer, qui coule en flots de feu dans une rigole creusée d'avance dans le sable et forme par le refroidissement une substance grise vulgairement appelée *gueuse.*

Coupe verticale d'une forge catalane

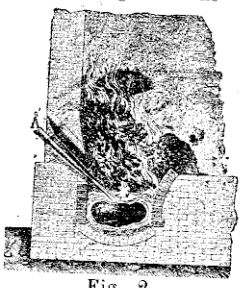


Fig. 2
A tuyère, B minerai, C charbon.

Fer puddlé. Ce fer s'obtient dans un four à pudler (fig. 3) en portant à une haute température

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des morceaux de fonte au coke (gueuse). De temps à autre lorsque la masse est fondue, on la remue avec un ringard par l'ouverture C, et on en fait un certain nombre de boules, qui sont amenées et travaillées sous le pilon pour en extaire le *laitier*

Coupe d'un four à puddler.

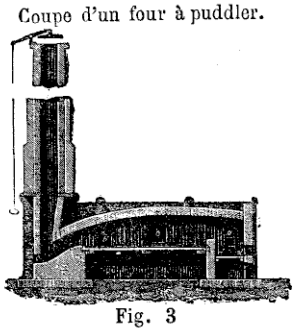


Fig. 3

dd Grille.

a Ouverture pour l'introduction de la houille.

b Ouverture par laquelle on introduit sur la sole une certaine quantité de fine-métal avec addition de scories très ferrugineuses ou de battitures de fer.

O Ouverture pour l'écoulement des scories.

et en faire des *lopins* lesquels sont immédiatement laminés en bandes. Ces bandes sont ensuite cisaillées par longueur et des morceaux obtenus on en constitue des paquets que l'on passe au four a réchauffer et aux cylindres pour leur donner la forme voulue.

Fer affiné. Ce fer se traite comme le précédent avec la difference qu'il se fait au charbon de bois et avec des morceaux de fonte au bois (gueuses).

Fer (classification). Les fers du commerce se distinguent en *fers forts* qui se laissent forger et courber à froid et à chaud et en *fers rouverains* qui cassent à froid ou à une température plus ou moins élevée.

Les fers forts ou fers au bois se subdivisent en trois catégories :

Le *fer fort dur* ou *fer aciéreux* qui est le plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

résistant des fers par suite d'une forte proportion de carbone qu'il renferme, est très dur et particulièrement employé pour la fabrication de l'acier de cémentation, des câbles en fer, des canons de fusil, des tôles de chaudières, et en général pour tous les objets demandant une grande résistance.

Le *fer fort mou*, d'abord grenu, devient fibreux par le martelage, plus ductile que le précédent, il présente moins de résistance au feu, il se travaille facilement à froid et à chaud, il convient assez bien pour les jantes de roues, le fil de fer, les essieux, etc., pièces qui exigent beaucoup de ductibilité et beaucoup de résistance.

Le *fer demi-fort* ne cassant ni à chaud, ni à froid, possède les qualités des deux variétés précédentes, mais à un degré moins élevé. Il sert communément à faire les pointes de Paris et le gros fil de fer.

Un fer fibreux peut je le répète, devenir cristallin et perdre sa tenacité. Ce changement, n'est que la suite d'un phénomène général dont il est facile de se rendre compte dans les corps qui sont dans un état moléculaire anormal et qui ont toujours une tendance à revenir à leur premier état. La forme cristalline du fer est le tétraèdre ou l'octaèdre ; il s'en suit qu'il revient toujours à prendre cette forme le plus possible lorsqu'il ne l'a pas. De ce qui précède il est facile de comprendre qu'une pièce en fer peut subir à sa réception les plus rudes épreuves et au bout d'un certain temps de service, n'être plus capable de supporter ces mêmes épreuves sans se rompre.

Les *fers rouverains* ou *fers au coke* se subdivisent également en trois catégories :

Les *fers métis* cassent à chaud parce qu'ils renferment du soufre ou de l'arsenic. Ils présentent une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cassure plus foncée et plus terne que les autres fers ; s'ils sont nerveux, leur nerf est plus gros que celui des fers forts, et leurs fibres mises à nu par la rupture présentent des criques ou des fentes dans le sens transversal, le nerf est coupé en lames au lieu de présenter, comme les fers forts, une cassure crochue et hérisée d'aspérités. 0,0003 de soufre rendent le fer insoudable.

Les *fers tendres* ou fers cassant à froid doivent cette propriété à du phosphore, leur cassure est à grains plats, blancs et brillants unis et sans arrachement. Ils sont le plus souvent très lamelleux. Ils se travaillent assez bien à chaud.

On distingue encore les *fers brûlés* qui cassent également à froid ; leur cassure est lamelleuse, blanche, légèrement bleuâtre et très brillante. Les lames sont plus grandes et plus anguleuses que celles du fer tendre.

Dans les fers rouverains il en existe qui sont cassant à froid et brisant à chaud et qui ne peuvent guère servir à un usage bien déterminé.

Fer blanc. Ce qu'on appelle fer blanc ou fer *étamé* est du fer généralement fait avec de la tôle au bois bien décapée plongée dans un bain d'étain pendant environ une heure et demie après avoir été au préalable immergé pendant une heure dans de la graisse fondue et il est également nécessaire que le métal du bain en soit lui-même recouvert.

Lorsque le fer blanc a l'aspect cristallin, il porte le nom de *moiré métallique*, moiré qui est obtenu en exposant le fer blanc à l'action des acides.

Fer galvanisé. On donne ce nom au fer qui est recouvert d'une couche de zinc. Dans cet état,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le fer est plus cassant, mais il est inoxydable.

Ayant rencontré dans le cours de ma carrière des sujets capables qui ne s'expliquaient pas le damas des canons de fusil, je vais, en passant, y jeter un rapide coup d'œil d'après le procédé de fabrication de la manufacture française d'armes de Saint-Etienne (1).

La préparation du lopin pour faire un canon damas, consiste en un faisceau de 50 fils d'acier et de



Fig. 1

50 fils de fer placés en forme de damier A (fig. 1); ces fils ont un centimètre de côté et 50 de long.

Le lopin ainsi préparé est soudé au four pour ne former qu'une seule masse de métal qui est ensuite laminée et réduite en une baguette carrée de 12 millimètres de côté A.

Ces baguettes sont chauffées au rouge blanc et tordues en forme de vis B, puis elles sont réunies ensemble par 2, 3 ou 4, pour former un ruban C.

Ce ruban est alors enroulé autour d'un tube en tôle D appelé chemin qui disparaît plus tard à l'alésage.

Ainsi préparé, le canon est forgé, c'est-à-dire que toutes les spires du ruban sont successivement soudées entre elles par un fort martelage au rouge blanc; c'est l'opération la plus délicate.

Le canon, après avoir été forgé, est aiguisé ou pour mieux dire façonné extérieurement sur des meules qui tournent en même temps que lui.

(1) Me réservant de traiter l'Armurerie et l'Artillerie, au point de vue pratique, dans un ouvrage spécial.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est ensuite alésé, c'est-à-dire fini intérieurement, et mis à peu près au calibre qu'il doit avoir étant terminé; dans cette opération, la chemise en tôle disparaît, le canon est maintenant fini en *jambe.*

Ensuite, on procède à l'assemblage, qui consiste à assembler deux canons, pour en faire un double, et à ajuster les deux bandes; les deux canons et les bandes sont ensuite solidement fixés par des ligaments en fil de fer, espacés de 10 centimètres.

Le canon, ainsi préparé, est bien décapé, garni de cuivre et entouré d'une forte couche de terre glaise destinée à empêcher le métal d'être attaqué par le feu, il est alors chauffé à blanc dans toute sa longueur, afin que le cuivre coule sur toutes les parties à souder. Après être brasé, le canon est nettoyé et dressé, puis il est alésé de nouveau à son calibre définitif et poli intérieurement.

L'extérieur est ensuite raboté à l'aide d'outils spéciaux et mis partout à la même épaisseur, les bandes sont bien dressées, on le *déroche* alors au moyen d'un acide, afin de voir si le damas est régulier et sans défaut E.

Il n'y a guère que deux sortes de damas qui soient employés couramment dans les canons fins, le damas *Bernard* ou *anglais* et le damas *frisé* ou *boston.*

Dans le damas *Bernard* ou *anglais*, comme l'indique la figure 2, les fils d'acier et de fer sont disposés transversalement au sens du canon, ils sont, par suite des différentes opérations décrites précédemment, entrecroisés les uns dans les autres et offrent une résistance très grande, à la façon des ponts suspendus. C'est cette



Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

texture du canon qui lui donne, tout en étant très mince, une grande tenacité.

Dans le damas *frisé* ou *boston* (fig. 3), les fils d'acier et de fer sont travaillés de telle façon qu'ils offrent une résistance *longitudinale* très grande, mais ces sortes de petites rosaces séparées n'offrent pas une résistance *transversale* et une tenacité aussi grande que les damas anglais. Ces deux damas ne donnent pas entière satisfaction aux points de vue des différentes résistances.



Fig. 3

Ces deux qualités différentes et complémentaires ont suggéré aux Directeurs de la manufacture française d'armes l'idée de faire un nouveau damas possédant les deux qualités des précédents et dénommé « *damas éclair* » (fig. 4) composé de baguettes de de damas *anglais* alternées avec des baguettes de damas *boston,* ce damas se fait à 2, 4, 6 ou 8 baguettes. Cette réunion des deux plus beaux damas a donné comme beauté, résistance et qualité des résultats surprenants.



Fig. 4

Fer (défauts). Avant d'employer des fers, on doit généralement s'assurer de leur qualité et se rendre compte de leurs défauts.

Parmi les principaux défauts, on remarque :

Les *criques* ou *gerces,* ce sont des fentes qui se produisent sur les angles du fer, elles dénotent un fer mal travaillé, mal soudé.

Les *travers,* ce sont des vides variables en dimensions dans l'intérieur de la pièce, c'est un fer mal soudé à lui-même.

Les *doublures,* ce sont des creux remplis de crasse, dont il difficile de se débarrasser.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les *pailles* qui sont presque toujours à la surface, proviennent d'un manque de soudure. Elles se remarquent plus spécialement dans les tôles.

Les *cendrures* qui sont des petites particules d'oxyde qui restent intercalées dans le métal. Lorsque ce dernier est poli, elles se présentent en petits points noirs à sa surface. Pour un arbre moteur, des fusées d'essieux, des tourillons, etc., ce défaut est très grave, mais pour des pièces ordinaires, la résistance du métal n'en est guère plus mauvaise.

Fer (essais). Pour connaître la qualité des fers et se rendre compte de leurs défauts, il est généralement d'usage de leur faire subir certains essais.

Je ne m'étendrai pas sur tous les essais qui peuvent varier à l'infini, je ne parlerai que de ceux que j'ai reconnu les plus simples et les plus courants à froid et à chaud.

1° *Essais à froid.*— Le premier procédé consiste à briser une barre de fer et en examiner la cassure après y avoir fait une entaille à la tranche ou une saignée au burin.

En regardant la texture de chaque morceau, si le fer est à grains, ils doivent être très fins, vus à la loupe, ils doivent présenter des petits arrachements. Si la barre nécessite beaucoup d'effort pour rompre, c'est un indice de bonne qualité.

Lorsque c'est un fer à gros grains, il n'est pas résistant.

Si le fer ainsi cassé est nerveux, la section doit montrer des filaments fins et d'un gris clair. Le fer à nerf a l'avantage de se plier un nombre de fois beaucoup plus grand que le fer à grains.

Un autre procédé (fig. 5) consiste à percer un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trou de 20 millimètres, par exemple, dans l'aile d'un double T, il ne doit se produire ni fissures ni déchirures, ou encore de tourner à froid (fig. 6) au marteau l'aile d'une barre, de façon à lui faire prendre une position la plus inclinée possible, il ne doit alors se produire aucune déchirure dans les angles.

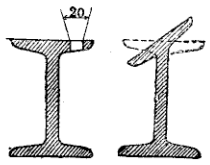


Fig. 5

Fig. 6

Un dernier moyen est de rompre une barre en la pliant plusieurs fois sur elle-même. Elle doit résister à au moins quatre pliures et présenter une section de rupture d'apparence fibreuse.

2° *Essais à chaud.* — Soumettre la barre à la température du rouge blanc, il faut qu'à cette température les arêtes restent bien vives et que la forme de la pièce ne change pas. Cette méthode s'appelle essayer à *chaude suante.*

Un deuxième essai consiste à prendre deux morceaux dans la même barre et à les souder au marteau, si quelques coups suffisent, le fer peut être considéré comme bon.

Un troisième essai consiste à percer le fer avec un poinçon, et dans tous les sens de façon que les trous soient à angle droit. Les bords des trous dans ce cas ne doivent présenter aucune fente.

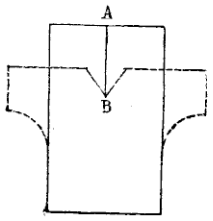


Fig. 7

Un autre essai consiste à ouvrir une barre de fer (fig. 7) en AB et à rabattre les deux côtés. Il faut que dans ces deux parties il ne se trouve pas de criques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, on peut tordre une barre à chaud, dans ce cas, il ne doit y avoir aucune déformation et les arêtes doivent rester très vives.

En employant les procédés que je vient d'énumérer et que j'ai essayés, on est suffisamment fixé sur la qualité des fers.

Pour les tôles, les mêmes procédés peuvent être employés; de plus on peut les plier à angle droit, si elles sont minces, ou plusieurs fois sur elles-mêmes et dans les deux sens, si elles sont un peu épaisses; il ne doit se présenter aucune gerce.

On peut encore les emboutir à froid et leur donner la forme d'une calotte sphérique; ni gerces, ni déchirures ne doivent se montrer.

Les essais à chaud se font généralement sur les tôles épaisses et si elles sont de bonne qualité, elles doivent s'emboutir facilement et ne pas présenter l'apparence même de la plus petite gerce.

Une dernière expérience qui est très simple, consiste à étirer en pointe une barre de fer ou un morceau pris dans une tôle; lorsque l'on juge la pointe assez longue, on la casse, la texture doit rester la même.

Evaluation des températures élevées d'après la coloration du fer

Rouge naissant .	525°C	Rouge cerise clair	950°C
Rouge sombre . .	650 »	Rouge cerise très clair. . . .	1.000 »
Rouge sombre avancé . . .	700 »	Jaune naissant .	1.050 »
Rouge sombre très avancé . . .	750 »	Orange foncé . .	1.100 »
Rouge cerise naissant	800 »	Orange clair . .	1.150 »
Rouge cerise sombre	850 »	Orange très clair	1.200 »
Rouge cerise . .	900 »	Jaune blanc . .	1.250 »
		Blanc	1.300
		Blanc éblouissant	1.400 »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fers cornières

Poids en kilogrammes par mètre courant, des cornières à ailes égales

Épaisseurs mm	100 × 100 kil.	90 × 90 kil.	85 × 85 kil.	80 × 80 kil.	75 × 75 kil.	Épaisseurs mm	70 × 70 kil.	65 × 65 kil.	60 × 60 kil.	55 × 55 kil.	50 × 50 kil.
15	21,6	19,3	18,1	—	—	12	11,9	11,0	—	—	—
14,5	20,9	18,7	17,5	—	—	11,5	11,5	10,6	—	—	—
14	20,3	18,1	17,0	15,9	—	11	11,0	10,2	9,35	—	—
13,5	19,6	17,5	16,4	15,4	—	10,5	10,6	9,8	8,95	—	—
13	19,0	16,9	15,9	14,9	—	10	10,1	9,4	8.60	7,80	—
12,5	18,3	16,3	15,3	14,4	—	9,5	9,7	8,9	8,18	7,44	—
12	17,6	15,7	14,7	13,8	12,9	9	9,2	8,5	7,80	7,09	6,38
11,5	16,9	15,1	14,2	13,3	12,4	8,5	8,7	8,0	7,38	6,72	6,06
11	16,2	14,5	13,6	12,8	11,9	8	8,3	7,5	7,00	6,36	5,74
10,5	15,5	13,9	13,0	12,3	11,4	7,5	—	7,0	6,57	5,99	5,40
10	14,8	13,3	12,5	11,7	10,9	7	—	—	6,20	5,62	5,01
9,5	—	—	—	11,1	10,4	6,5	—	—	—	5,25	4,73
9	—	—	—	10,5	9,9	6	—	—	—	4,86	4,02
8,5	—	—	—	10,0	9,4	5,5	—	—	—	—	4,0
						5	—	—	—	—	3,5

Fers plats

Poids en kilogrammes par mètre courant

Épaisseur en mm	Largeur en mm									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
4	0,312	0,467	0,623	0,779	0,935	1,091	1,249	1,402	1,558	1,714
5	0,390	0,584	0,789	0,974	1,169	1,363	1,558	1,753	1,948	2,142
6	0,467	0,701	0,935	1,169	1,402	1,636	1.870	2,103	2,337	2.571
7	0,545	0,818	1,091	1,363	1,636	1,909	2,181	2,454	2,727	2,999
8	0,623	0,935	1,246	1,558	1,870	2,181	2,493	2,804	3,116	3,428
9	0,701	1,051	1,402	1,753	2 103	2,454	2.804	3,155	3,506	3,856
10	0.779	1,169	1,558	1,948	2,337	2,727	3,116	3,506	3,895	4,285
11	0,857	1,285	1,714	2,142	2,571	2,999	3,428	3,856	4,285	4.713
12	0,935	1,402	1,870	2,337	2,804	3,272	3,739	4,207	4,674	5,141
13	1,013	1,519	2,025	2,532	3,038	3,640	4.051	4,557	5,064	5,570
14	1,090	1,636	2,181	2,727	3,270	3,917	4,362	4,908	5,453	5,998
15	1,169	1,753	2,337	2,921	3,506	4,190	4.674	5,258	5,843	6.420
16	1,246	1 870	2,493	3,116	3,739	4,462	4.986	5 609	6,232	6,855
17	1.324	1,986	2,649	3,311	3,973	4,635	5,297	5,959	6,622	7.284
18	1,402	2,103	2,804	3,506	4,207	4,998	5,609	6,318	7,011	7,712
19	1,480	2,220	2,960	3,700	4,440	5,180	5,920	6,660	7,401	8,141
20	1,558	2,337	3,116	3,895	4.674	5,453	6,232	7,011	7,790	8,569
21	1,636	2,454	3,272	4,090	4,907	5.726	6,544	7,362	8,180	8,997
22	1,714	2.571	3,428	4,285	5.141	5,998	6,855	7,712	8,569	9,426
23	1,792	2,688	3.585	4,479	5,375	6,271	7,167	8,063	8,959	9.854
24	1,870	2,804	3.739	4,674	5,609	6,544	7,478	8,413	9 348	10,28
25	1,948	2,921	3,895	4,869	5,843	6.816	7,790	8,764	9,738	10,71
26	2,025	3,038	4,051	5,064	6,076	7,089	8,102	9,114	10,13	11,14
27	2,103	3,155	4,207	5,258	6,310	7.362	8,413	9,465	10,52	11,57
28	2,181	3,272	4,422	5,523	6,644	7,734	8.825	9,915	11.00	12,00
29	2.259	3,389	4,318	5,648	6.777	7.907	9,036	10,17	11,30	12,43
30	2,337	3,506	4,674	5,843	7,011	8,180	9,348	10,52	11,69	12.86
35	2 727	4,090	5,453	6,816	8,180	9,543	10,91	12,27	13,63	14,99
40	3,116	4,674	6,232	7,790	9,348	10,91	12,46	14,02	15.58	17.14
45	3,506	5,258	7,011	8,764	10,52	12.27	14,02	15.77	17,53	19,23
50	3,895	5,843	7,790	9,738	11,69	13,63	15,58	17,53	19,48	21,42

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Épais. en mm	Largeur en mm									
	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110
4	1,870	2,025	2 181	2,337	2,493	2,649	2,804	2.960	3,116	3,428
5	2,337	2,532	2,727	2,921	3,116	3.311	3,506	3,700	3,895	4,285
6	2,804	3,038	3,272	3,506	3,739	3,973	4,207	4,440	4,674	5,141
7	3,272	3 644	3,817	4,090	4,362	4,635	4,908	5,180	5,453	5,998
8	3,739	4 051	4,362	4,674	4 986	5,297	5,609	8,920	6,232	6,855
9	4,207	4,557	4,908	5,258	5,609	5 959	6,310	6,660	7,011	7,712
10	4,674	5.064	5,453	5,843	6,232	6.622	7,001	7,401	7.790	8,569
11	5.141	5.570	5,998	6,427	6,853	7,284	7.712	8,141	8.569	9,426
12	5,609	6,076	6,544	7,011	7,478	7,946	8,413	8.881	9,348	10,28
13	6,076	6,583	7,089	7,595	8,102	8,608	9,114	9,621	10,13	11,14
14	6,344	7,089	7,634	8.180	8.725	9,270	9.815	10,36	10,91	12,00
15	7 011	7,595	8,180	8.764	9,348	9,932	10,52	11.10	11,69	12,85
16	7.478	8,102	8,725	9,348	9,971	10.59	11,22	11,84	12,46	13,71
17	7,946	8 608	9,270	9.932	10.59	11,26	11,92	12.58	13,24	14,57
18	8,414	9,114	9,815	10 52	11,22	11,92	12,62	13,32	14 02	15,42
19	8.88	9 62	10,36	11,10	11,84	12,58	13,32	14,06	14,80	16,28
20	9,35	10,13	10,91	11,69	12,46	13.24	14,02	14,80	15.58	17,14
21	9,82	10,63	11,45	12,27	13.09	13.91	14,72	15,54	16,36	17,99
22	10,28	11,14	12,00	12,85	13,71	14,57	15,42	16,28	17,14	18,85
23	10.75	11,65	12,54	13,44	14,33	15,23	16.13	17,02	17,92	19,71
24	11,22	12,15	13 09	14,02	14 96	15,89	16,83	17.76	18,70	20,57
25	11,69	12,66	13,63	14 61	15.58	16,55	17,53	18,50	19,48	21,42
26	12,15	13,17	14,18	15,19	16.20	17,22	18,23	19,24	20,25	22,28
27	12,62	13,67	14,72	15,77	16.83	17,88	18.93	19,98	21,03	23,14
28	13.09	14.18	15,27	16,36	17,45	18,54	19,63	20,72	21,81	23,99
29	13.55	14,68	15,81	16,94	18 07	19,20	20,33	21,46	22,59	24,85
30	14,02	15.19	16,36	17,53	18,70	19,86	21,03	22 20	23,37	25,71
35	16,36	17,72	19,09	20,45	21,81	23,17	24,54	25,90	27,27	29,96
40	18,70	20.25	21.81	23,37	24,93	26,49	28,04	29,60	31,16	34,28
45	21,03	22,78	24,54	26,29	28,04	29,80	31,55	33,30	35,06	38,56
50	23,37	25,32	27,27	29,21	31,16	33,11	35,06	37,00	38,95	42,85

Épaisseur en mm	Largeur en mm								
	120	130	140	150	160	170	180	190	200
4	3,739	4,051	4,362	4,674	4,986	5,297	5,609	5,920	6,20
5	4,674	5,064	5,453	5,843	6.232	6,622	7,011	7,401	7,78
6	5,609	6,076	6,544	7,011	7,478	7,946	8,413	8,881	9,34
7	6,544	7,089	7,634	8,180	8,725	9,270	9,815	10,36	10,90
8	7,478	8,102	8,725	9,348	9.971	10,59	11,22	11,84	12,5
9	8,413	9,114	9,815	10,52	11,22	11,92	12,62	13,32	14,0
10	9,348	10,13	10.91	11,69	12,46	13,24	14,02	14,80	15,6
11	10,28	11,14	12,00	12,85	13,71	14,57	15,42	16,28	17,1
12	11,22	12 15	13.09	14,02	14,96	15,89	16,83	17,76	18,7
13	12,15	13,17	14,18	15,19	16,20	17,22	18,23	19,24	20,2
14	13,09	14,18	15,27	16,36	17,45	18,54	19,63	20,72	21,8
15	14,02	15,19	16,36	17,53	18,70	19,86	21,03	22,20	23,3
16	14,96	16.20	17,45	18.70	19,94	21,19	22,44	23,68	24,9
17	15,89	17,22	18.54	19,86	21,19	22,51	23,84	25,16	26,4
18	16,83	18,23	19,53	21,03	22,44	23,84	25,24	26,64	28,0
19	17.76	19.24	20,72	22,20	23,68	25,16	26,64	28,12	29,5
20	18,70	20.25	21,81	23,37	24,93	26,49	28,04	29,60	31,1
21	19 63	21,27	22,90	24,54	26,17	27,81	29,45	31,08	32,6
22	20,57	22 23	23,99	25.71	27,42	29,13	30,85	32,56	34,3
23	21.50	23,29	25,08	26,88	28,67	30,46	32,25	34,04	35,2
24	22,44	24.30	26,17	28.04	29,91	31,79	33,65	35,52	37,7
25	23,37	25,32	27,27	29.21	31,16	33,11	35,06	37,00	38,9
26	24,30	26,33	28,36	30,38	32,41	34,43	36,46	38,48	40,5
27	25.24	27.34	29.45	31.55	33,65	35,76	37,86	39,96	41,9
28	26,17	28,36	30,54	32,72	35,00	37,08	39,26	41,44	44,1
29	27,11	29,37	31,63	33,89	36,15	38,40	40,66	42,92	45,0
30	28,04	30,38	32,72	35,06	37,39	39,73	42,07	44,40	46,7
35	32,72	35,44	38,17	40,90	43,62	46,35	49,08	51,80	54,5
40	37,39	40,51	43,62	46,74	49,86	52,97	56,09	59,20	62,2
45	42,07	45,57	49.08	52,58	56,09	59,59	63,10	66,60	69,8
50	46,74	50,64	54,53	58,43	62,32	66,22	70,11	74,01	77,6

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fers carrés et ronds

Poids par mètre courant en kilogrammes

Diamètre ou côté	Fer quarré	Fer rond	Diamètre ou côté	Fer quarré	Fer rond	Diamètre ou côté	Fer quarré	Fer rond	Diamètre ou côté	Fer quarré	Fer rond
mm.	kil.	kil.	mm.	kil.	kil.	mm.	kil.	kil.	mm.	kil.	kil.
5	0,195	0,153	24	4,681	3.520	43	14,39	11,30	110	93.14	73,9
6	0,280	0,220	25	4,863	3.819	41	14,90	11,83	115	102,9	80,84
7	0,381	0,299	26	5,259	4,131	45	15,75	12,37	120	112,0	88,01
8	0,498	0,391	27	5,672	4,455	46	16,46	12,93	125	121,6	95,40
9	0,630	0,495	28	6,100	4,791	47	17,19	13,50	130	131,5	103,38
10	0 778	0,611	29	6,543	5,139	48	17,93	14,08	135	141,8	111,4
11	0,931	0,739	30	7,002	5,499	49	18,68	14,67	140	152,5	119,8
12	1,120	0,880	31	7,477	5,872	50	19,45	15,28	145	163,6	128,5
13	1,315	1,033	32	7,967	6,257	55	23,28	18,48	150	175,1	137,5
14	1,525	1,198	33	8,382	6,654	60	28,01	22,00	155	186,9	146,8
15	1,751	1,375	34	8,994	7,064	65	32,87	25,82	160	199,2	156,4
16	1,992	1,564	35	9,531	7,485	70	38,12	29,94	165	209,6	166,4
17	2,248	1,766	36	10,08	7,919	75	43,76	34,37	170	224,8	176,6
18	2,521	1,980	37	10,65	8,365	80	49,79	39,11	175	238,3	187,1
19	2,809	2,206	38	11,23	8,823	85	56,21	44,15	180	252,1	198,0
20	3,112	2,444	39	11,93	9,294	90	63,02	49,49	185	266,3	209,1
21	3,422	2,665	40	12,45	9,776	95	70,21	55,15	190	280,9	220,6
22	3,726	2,957	41	13,08	10,27	100	77,80	61,10	195	295,9	232,3
23	4,116	3,232	42	13,69	10,78	105	85,55	67,37	200	311,2	244,3

Tuyaux en fer étiré

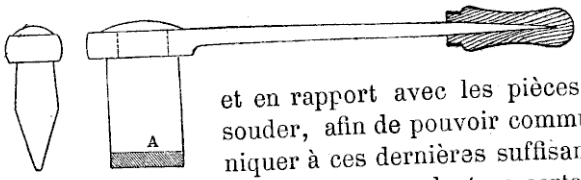
Poids en kilogrammes d'un mètre de longueur

Diamètre intérieur, en *mm*	Épaisseurs des parois en *mm*.								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0,59	0,95	1,37	1,82	2,34	2,90	3,50	4,16	4,87
15	0,83	1,32	1,85	2,44	3,07	3.75	4,48	5,26	6,09
20	1,07	1,68	2,34	3,05	3,80	4,60	5,45	6,35	7,30
25	1,32	2,05	2,83	3,65	4.53	5,45	6,43	7,45	8,52
30	1,56	2,41	3,31	4,26	5,26	6,30	7,40	8,55	9,74
40	2.05	3,14	4,29	5,48	6,72	8,01	9,35	10,73	12,18
50	2,53	3,87	5,26	6.70	8,18	9,72	11,30	12,93	14,61
60	3,02	4,59	6,23	7,92	9.64	11,42	13,25	15,12	17,05
70	3,50	5,33	7,20	9,13	11,10	13,12	15,20	17,31	19,48
76	4,00	6,06	8,18	10,35	12,57	14,83	17,14	19,50	21,92

Résistance du fer (voir *Résistance*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fer à souder. Le fer à souder est une petite masse de métal, ordinairement en cuivre rouge, quelquefois en acier, et fixée ou rivée à l'extrémité d'une tige de fer à laquelle on adapte un manche en bois. Il doit être fait de dimensions convenables,



et en rapport avec les pièces à souder, afin de pouvoir communiquer à ces dernières suffisamment de chaleur, et la conserver pendant un certain temps. Son extrémité A doit être étamée sur environ 5 à 8 millimètres de largeur, et maintenue toujours très propre.

Dans la grande industrie, le fer à souder est remplacé avec avantage par le chalumeau.

Fil à plomb. Le *fil à plomb* est ordinairement en fer cémenté et trempé, en acier trempé, et quelquefois en cuivre jaune. En se donnant le diamètre de la tête, celui du corps doit être le double, et la longueur du tout cinq fois le diamètre de la tête. Cette dernière doit être percée transversalement, et par son axe, d'un trou de 2 millimètres au plus, et verticalement d'un trou de 3/4 de millimètre au maximum dans la position indiquée par la figure, pour donner passage au cordonnet, dont le diamètre ne doit pas excéder 1 millimètre.



Le tournage de cette pièce doit être faite avec beaucoup de soin, ainsi que le perçage des trous, et, la matière employée bien homogène, de façon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à ce que la masse ne tende pas à pencher plus d'un coté que de l'autre.

On s'en sert pour conduire les ouvrages verticaux, ou pour projeter des points des parties supérieures de l'objet que l'on considère, sur les parties inférieures, et *vice versa*, etc.

Filetage. Le filetage a pour objet de faire, à l'intérieur ou à l'extérieur des pièces, des filets, soit à la main à l'aide de filières ou de tarauds, soit sur un tour parallèle et à chariot, par un système d'engrenages dont on peut changer le rapport à volonté pour avoir différentes vitesses du chariot, et par suite différents pas dans les filets que l'on exécute.

Lorqu'on a une pièce à fileter à l'extérieur et en pointes, on doit, si elle est un peu longue, la soutenir par une potence, fixe ou mobile, appelée *lunette;* de plus, cette pièce doit être bien centrée, et avoir à ses extrémités un petit trou, percé exactement dans l'axe. Le diamètre du filet doit être tourné légèrement plus fort que le diamètre réel, puis terminé au peigne ou à la plane pour enlever toutes les irrégularités laissées par le premier outil.

Quant au filetage à l'intérieur des pièces, il faut avoir soin de bien régler la butée du tour et sans jeu. Le chariot et son écrou, pour tous les cas, doivent être l'objet de beaucoup d'attention.

Le filet triangulaire ne doit pas être tourné à fond pour les petits diamètres; il faut laisser de quoi peigner, sans pourtant pêcher par exagération, au risque d'obtenir des filets irréguliers. Quant aux gros filets, on peut s'éviter de les peigner, et les terminer directement à l'outil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Proportions du filetage des vis et boulons à filets triangulaires, d'après Armengaud aîné.

Diamètre extérieur	Diamètre du noyau	Profondeur du filet	Pas	Diamètre extérieur de l'écrou à 6 pans	Hauteur de l'écrou	Hauteur de la tête
mm	mm	mm	mm	mm		mm
5	3,2	0,9	1,4	13,7		6
7,5	5,5	1,0	1,6	17		7,5
10	7,7	1,1	1,8	22		9,5
12,5	9,9	1,3	2,0	26		11
15	12,2	1,4	2,2	30		13
17,5	14,5	1,5	2,4	35		14,5
20	16,7	1,6	2,6	38		16,5
22,5	19,1	1,7	2,8	42		18
25	21,2	1,9	3,0	46		20
30	25,7	2,1	3,4	54		23,5
35	30,2	2,4	3,8	62		27
40	34,7	2,6	4,2	70		30,5
45	39,2	2,9	4,6	78		34
50	43,7	3,2	5,0	86		37,5
55	48,0	3,5	5,4	94		41
60	52,4	3,8	5,8	102		44,5
65	56,8	4,1	6,2	110		48
70	61,1	4,4	6,6	118		51,5
75	65,5	4,7	7,0	126		55
80	69,9	5,0	7,4	134		58,5

Égale au diamètre extérieur.

Proportions du filetage des vis et boulons à filet quarré, d'après Armengaud aîné.

Diamètre extérieur	Diamètre du noyau	Profondr du filet	Pas	Epaisseur du filet	Hauteur de l'écrou
mm	mm	mm	mm		mm
20	16,40	1,80	3,80		45,6
25	20,96	2,02	4,25		51,0
30	25,54	2,23	4,70		56,4
35	30,10	2,45	5,15		61,8
40	34,68	2,66	5,60		67,2
45	40,26	2,87	6,05		72,6
50	43,82	3,19	6,50		78,0
55	48,40	3,30	6,95		83,4
60	52,98	3,51	7,40		88,8
65	57,54	3,73	7,85		94,2
70	62,12	3,94	8,30		99,6
75	66,68	4,16	8,75		105,0
80	71,26	4,37	9,20		110,4
85	75,84	4,58	9,65		115,8
90	81,40	4,80	10,10		121,2
95	84,98	5,0	10,55		126,6
100	89,56	5,22	11,00		132,0
105	94,12	5,44	11,45		137,4
110	98,70	5,65	11,90		142,8
115	103,26	5,87	12,35		148,2
120	107,84	6,08	12,80		153,6

Égale à la moitié du pas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

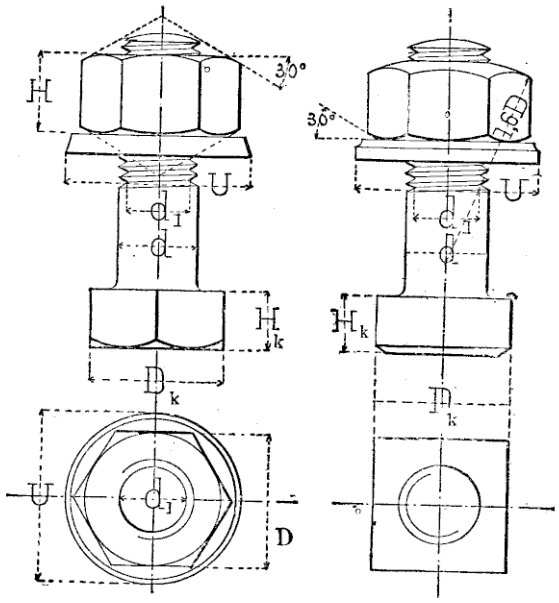
Vis et écrous du système Whitworth.

Diamètre de la vis en pouces anglais	Diamètre de la vis en millimètres	Nombre des pas au pouce anglais	Nombre des pas par longueur = diamètre	Pas, en millimètres	Diamètre du noyau, en millimètres	Charge pratique en kilogrammes	Hauteur de l'écrou. Diamètre des boulons en millimètres (nombre rond)	Ouverture de la clef qui, suivant la forme de l'écrou, est le côté du carré ou le diamètre du cercle inscrit dans l'hexagone.	Diamètre du cercle circonscrit à l'hexagone de l'écrou	Hauteur de la tête	Diamètre de la rondelle	Épaisseur de la rondelle	Poids de 100 mill. du boulon en kilogrammes	Poids de la tête quarrée en kilogrammes	Poids de l'écrou, y compris la hauteur correspondante de la vis	Poids de la rondelle, y compris la hauteur correspondante de la vis
d	d	n	n_1	s	d_1	P	$H = d = d_1 + 1{,}28s$	$D_k = D = 5 + 1{,}4d$	$D_1 = 1{,}155\ D$	$H_k = 0{,}7d$	$U = 1{,}3D$	$n = 0{,}1\ D$	en kilogrammes			
1/4	6,35	20	5	1,27	4,72	48	7	15	17,5	5	20	1,5	0,030	0,008	0,010	0,004
5/16	7,94	18	5 5/8	1,41	6,09	81	8	16	18,5	6	21	1,5	0,039	0,012	0,014	0,004
3/8	9,52	16	6	1,59	7,36	118	10	19	22	7	25	2	0,061	0,020	0,024	0,007
7/16	11,11	14	6 1/8	1,81	8,64	164	12	22	25,5	8	29	2	0,088	0,030	0,039	0,010
1/2	12,70	12	6	2,11	9,91	215	13	24	28	9	32	2,5	0,103	0,040	0,050	0,015
5/8	15,87	11	6 7/8	2,31	12,92	470	16	27	31	11	35	3	0,156	0,062	0,078	0,022
3/4	19,05	10	7 1/2	2,54	15,74	542	20	33	38	14	43	4	0,244	0,118	0,147	0,044
7/8	22,22	9	7 7/8	2,82	18,54	752	23	38	44	16	50	4	0,323	0,180	0,224	0,060
1	25,40	8	8	3,18	21,33	998	26	42	48,5	18	55	4	0,413	0,247	0,309	0,073
1 1/8	28,57	7	7 7/8	3,63	23,87	1250	29	45	52	20	58	4	0,514	0,315	0,396	0,081
1 1/4	31,75	7	8 3/4	3,63	26,92	1590	32	50	58	22	65	5	0,625	0,428	0,539	0,124
1 3/8	34,92	6	8 1/4	4,23	29,46	1900	35	54	62,5	24	70	5	0,748	0,544	0,738	0,148
1 1/2	38,10	6	9	4,23	32,68	2350	39	60	69,5	27	78	6	0,931	0,756	0,947	0,222
1 5/8	41,27	5	8 1/8	5,08	35,28	2740	42	64	74	29	84	6	1,077	0,956	1,160	0,258
1 3/4	44,45	5	8 3/4	5,08	37,84	3140	45	68	78,5	32	88	7	1,237	1,151	1,341	0,328
1 7/8	47,62	4 1/2	8 7/16	5,64	40,38	3590	48	72	83	34	93	7	1,407	1,371	1,678	0,364
2	50,82	4 1/2	9	5,64	43,43	4140	51	76	88	36	98	8	1,589	1,617	1,987	0,460
2 1/4	57,15	4	9	6,35	49,02	5280	58	85	97,5	40	110	9	2,054	2,301	2,893	0,666
2 1/2	63,50	4	10	6,35	55,37	6750	64	94	109	45	121	9	2,502	3,100	3,896	0,825
2 3/4	69,85	3 1/2	9 5/8	7,26	60,45	8030	70	103	119	49	134	10	2,993	4,075	5,025	1,099
3	76,20	3 1/2	10 1/2	7,26	66,80	9820	77	112	130	54	145	12	3,621	5,325	7,667	1,323

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les filets, rectangulaires ou carrés, s'ébauchent avec un outil de plus petite dimension que les creux, et se terminent avec un outil juste, ou bien, si le filet est un peu fort, avec des outils de droite ou de gauche, suivant les besoins, pour pouvoir travailler plus commodément et fouiller par côté.

Le filet rond se termine avec deux outils de la forme exacte, l'un du creux et l'autre du plein.



Le filet d'une vis sans fin, destinée à fonctionner avec une roue d'engrenage, doit se terminer avec un outil bien ajusté à la forme réelle du creux nécessaire, mais un peu moins large, de façon à pouvoir travailler de chaque côté séparément.

Une chose, importante à observer, c'est de ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jamais fileter une pièce chaude, tant peu soit elle, car lorsqu'elle serait reveuue à la température ordinaire le pas ne serait plus le même,

Il y aurait intérêt en France, pour l'industrie, à réaliser l'unification du filetage, c'est une chose des plus importantes aussi bien au point vue théorique, que pratique. Réclamée depuis longtemps par des hommes distingués, l'exemple devrait être donné par les grandes administration et les grandes usines.

Filets de taraudage (fig. 1 à 5). La vis est un cylindre droit à base circulaire, dont la surface convexe est revêtue d'une saillie continue de forme héliçoïdale, à laquelle on donne le nom de *filet*. On emploie le plus souvent, dans les ateliers, trois espèces de filets, qui sont :

Filets triangulaires

Équilatéral

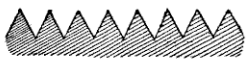


Fig. 1

Isocèle

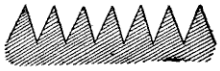


Fig. 2

Filets ronds

Ordinaires



Fig. 3

Allongés



Fig. 4

Filets rectangulaires



Fig. 5

Filières. La filière à la main, qui affecte différentes formes, sert à faire des pas de vis sur des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindres en métal de dimensions moyennes, car, lorsque les vis deviennent d'une certaine grosseur, on se sert du tour ou d'une machine à tarauder.

On distingue deux sortes de filières, la *filière simple* et la *filière à coussinets*.

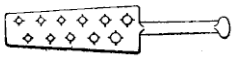


Fig. 1

La *filière simple* ou *filière à truelle* (fig. 1) n'est employée que pour les vis de faible diamètre ; elle consiste en une planche d'acier percée d'un certain nombre de trous taraudés à différents diamètres. Une fois trempée, cette plaque sert à fileter elle-même des cylindres de métal.

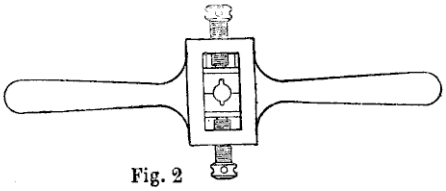


Fig. 2

La *filière à coussinets* remplace avec avantage la précédente pour tous les diamètres (fig. 2, 3, 4 et 5).

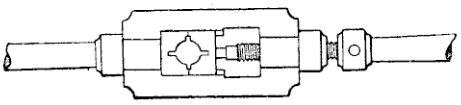


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5

Le fût est ordinairement en acier ou en fer cémenté et trempé ; il possède une cage qui doit être ajustée convenablement, et destinée à recevoir les coussinets. Pour éviter que le serrage des vis se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fasse directement sur ces derniers, la cage doit être munie d'un ou deux contre-coussinets. La construction de ces filières présente quelques difficultés, par rapport aux rainures; cependant, son bon usage, la facilité de pouvoir changer promptement

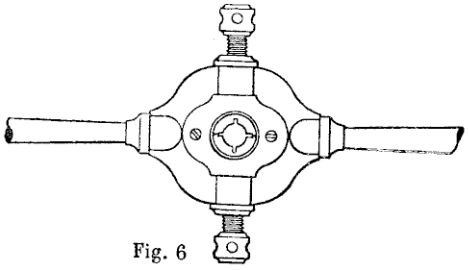


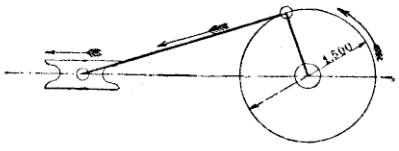
Fig. 6

les coussinets, la font préférer à la la *filière à plaque* (fig. 6), qui est aussi d'un usage courant dans les ateliers.

Filière à la machine. Le filetage à la main n'est plus employé dans les ateliers que pour travailler des pièces qu'il serait peu commode de placer sur la machine. Quant à la filière à la machine, elle ne ressemble nullement aux précédentes. Ajustée, et proportionnée en conséquence du travail à produire, elle est fixée sur un porte-outils convenablement disposé, et situé dans le prolongement de l'arbre portant la pièce à tarauder. Le porte-outils fonctionne au moyen de vis que l'on serre de temps en temps, ou au moyen d'un contrepoids, d'un levier ou d'un volant, pour donner le serrage voulu aux coussinets. (Voir *Coussinets à la machine*, page 167.) Il doit être également disposé pour obtenir un desserrage immédiat de ces derniers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Flèche. La flèche sert à déterminer sur un croquis, sur un dessin, ou sur une pièce de mécanique, les limites de la valeur d'une dimension, le sens dans lequel a lieu le mouvement d'une machine, d'un arbre, d'un volant, etc., etc.



Flexion (voir *Résistance des Matériaux*).

Flotteur. Les appareils ordinaires des chaudières à vapeur exigent tous une certaine attention de la part du chauffeur, qui doit constamment examiner si l'eau conserve toujours un niveau convenable. On a donc été porté à chercher et à employer des appareils automatiques avertissant eux-mêmes le chauffeur lorsque l'abaissement devient trop considérable· tel est le but du flotteur à sifflet, imaginé par M. *Sorel* (fig. 1), dont le seul examen de la figure fera comprendre le fonctionnement.

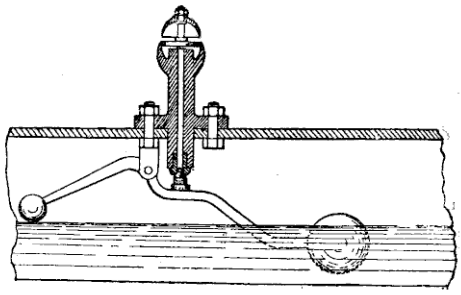


Fig. 1

Comme flotteur très simple et fonctionnant automatiquement et régulièrement, est à citer le système *Barbat* (fig. 2, 3 et 4), qui affecte différentes formes de construction suivant les idées et les types de géné-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rateurs, mais dont le principe est toujours le même et sur lequel peut se greffer n'importe quel révélateur désirable.

L'indication du niveau de l'eau s'obtient encore de la façon suivante :

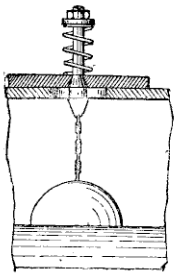


Fig. 2

Une lentille métallique creuse flotte sur l'eau de la chaudière et porte une tige verticale qui sort au dehors en traversant à frottement doux un stuffing-box. Cette tige s'articule à un levier dont l'extrémité indique sur un cadran, ou autrement, la situation du niveau de l'eau. Ce levier peut même, en

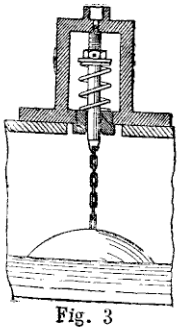


Fig. 3

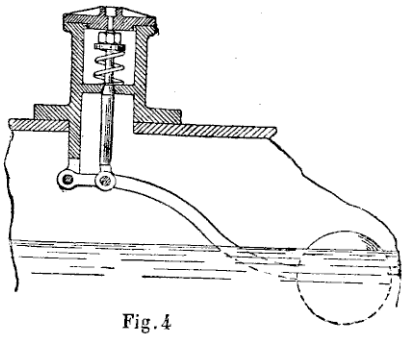


Fig. 4

tournant, agir sur la clef d'un robinet, et, si le niveau de l'eau devient trop bas, ce robinet laisse échapper un jet de vapeur qui sort par un sifflet auquel on a donné le nom de sifflet d'alarme.

La figure 5 représente un système de flotteur désigné sous le nom de *flotteur indicateur à cadran*. Un simple examen de la figure in-

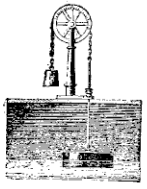


Fig. 5

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dique suffisamment la manière dont il fonctionne.

Un flotteur encore à citer est celui (fig. 6) construit par M. *Bourdon,* il a l'avantage de réunir sur la même colonne, les divers appareils de sûreté (soupape flotteur et sifflet) exigés pour les chaudières.

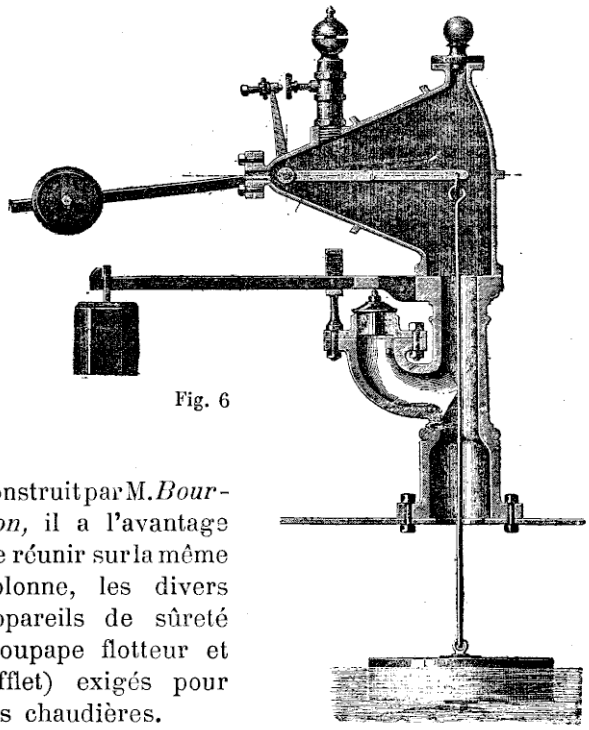


Fig. 6

Un autre système de flotteur, assez employé, est l'indicateur magnétique de *Lethuillier-Pinel* (fig. 7), dont le mouvement est manifesté par une tige qui fait monter ou baisser, sous l'influence du flotteur, un aimant en fer à cheval. Sur le devant des pôles de cet aimant, une aiguille aimantée A mobile sous l'influence de leur attraction, varie de position suivant les degrés d'une division en rapport avec le niveau de l'eau dans la chaudière. Si l'eau vient à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

baisser d'une façon anormale, l'aimant est disposé de façon à entraîner avec lui, au moyen d'un levier, une soupape, qui laisse échapper la vapeur au dehors en passant par un sifflet dont le fonctionnement avertit le chauffeur.

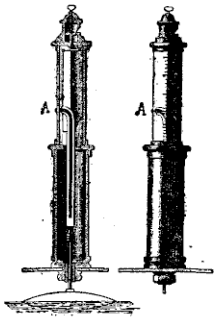


Fig. 7

Cet indicateur peut être en outre, porteur d'une ou plusieurs soupapes de sûreté et d'un manomètre. Cette disposition a donc l'avantage, en réunissant ces divers appareils, de diminuer le nombre de trous à pratiquer sur la chaudière, d'éviter les accidents qui peuvent résulter de la rupture des tubulures adaptées sur le générateur, et de faciliter la surveillance confiée aux soins du chauffeur.

Il existe encore une quantité d'autres types de flotteurs, qui tout en remplissant le même but, ne sont peut-être pas aussi simples quoique plus nouveaux, c'est pourquoi je ne m'arrêterai pas à les décrire, tandis que les premiers ne demandent qu'une vérification et une mise en état de temps à autre, pour en assurer le bon fonctionnement.

Fonte. La fonte que l'on obtient dans les hauts-fourneaux n'est pas toujours identique à elle-même; on peut la ramener à deux types principaux : la *fonte grise* et la *fonte blanche*.

La *fonte grise* possède une couleur qui varie du gris noir au gris clair; elle est douce, se laisse limer et marteler sans se rompre sous les chocs. Elle fond difficilement, mais elle acquiert une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grande fluidité et se moule facilement. Sa densité dépasse rarement 7, son point de fusion est environ à 1.200°.

La *fonte blanche* possède un éclat métallique et quelquefois une couleur argentine ; contrairement à la précédente, elle est dure, se laisse difficilement attaquer par la lime et se brise facilement sous le choc, sa densité ne dépasse pas 7.85, son point de fusion est environ 1.080°.

La *fonte teintée* ou *métis* qui n'est qu'un mélange de fonte blanche et de fonte grise, participant des propriétés de l'une et de l'autre.

La fonte grise, à cause de ses propriétés est employée à la fabrication de tous les objets qui peuvent être exposés à des chocs. Ceux-ci s'obtiennent au moyen d'une opération désignée sous le nom de *moulage*. Les moulages sont de première ou de seconde fusion: dans le premier cas, on reçoit la fonte au sortir des hauts-fourneaux, dans des moules en sable, c'est ainsi que l'on moule les grands objets. Quand on veut obtenir, au contraire, de petits objets qui, par conséquent, doivent avoir un fini plus grand, on refond la matière, soit dans de petits fourneaux à cuve auxquels on donne le nom de *cubilots*, soit dans des fourneaux à réverbère. Dans ce cas, ou bien on fait rendre la fonte directement dans les moules, ou bien on la puise dans des poches de fer, et on la coule dans des moules convenablement préparés. Ce dernier procédé porte le nom de *moulage à la cuillère*.

La fonte blanche sert à faire du *fer doux* en barres. La meilleure pour cet usage, mais aussi la plus rare, c'est la fonte blanche manganésée qui est extrêmement dure et se présente sous l'aspect de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lames miroitantes; elle sert surtout à faire l'acier. La fonte blanche ordinaire est à petits grains. Quand un fourneau donne de la fonte grise, on peut souvent lui faire produire de la fonte blanche, en augmentant beaucoup la quantité de minerai; on dit alors qu'on l'obtient par *surcharge de minerai.* On peut encore transformer la fonte grise en fonte blanche en la refroidissant rapidement. Pour cela, au moment où l'on vient de couler la *gueuse,* on jette de l'eau dessus; la fonte, se refroidissant très rapidement, devient alors blanche. En effet, quand on examine à la loupe la cassure de la fonte grise, on reconnaît bientôt que sa couleur est due à une multitude de paillettes noires disséminées dans toute la masse, et qui ne sont autre chose que du graphite; la fonte blanche, au contraire, présente partout une couleur uniforme.

Les fontes présentent des qualités différentes, suivant qu'elles ont été obtenues au *charbon de bois* ou au *coke.*

Le charbon de bois ne contenant comme matière étrangère que de la potasse, toutes les fontes qui proviennent de l'emploi de ce réactif puisent leur qualité dans le minerai. Quand le combustible employé est du coke, c'est-à-dire du carbone mélangé de terres diverses et de pyrite, la fonte, bien que le minerai soit de bonne qualité, est un alliage multiple dont les propriétés diffèrent essentiellement de celles de l'alliage pur. Si le minerai renferme en outre des substances étrangères, la fonte est encore plus impure.

Affiner de la fonte signifie la transformer en fer, on affine la fonte tantôt au charbon de bois, tantôt à la houille. Lorsque les fontes proviennent de four-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

neaux chauffés au charbon de bois et qu'elles ne contiennent pas de silicium, on supprime le *mazéage* ou *finage* et on les soumet immédiatement au *puddlage*, on en fait autant lorsque les fontes sont sulfureuses. L'affinage convient aussi aux fontes contenant du phosphore, car elles arrivent au puddlage et se trouvent à peu près débarrassées de cet élément.

Un produit que l'on désigne improprement sous le nom de *fonte malléable* est un dérivé de la fonte et n'est en réalité que du fer renfermant des proportions très minime de charbon, car la fonte chauffée avec de l'oxyde fer peut, à l'aide d'un contact suffisamment prolongé, perdre la presque totalité de son carbone et se transformer en fer doux. Cette propriété de la fonte est utilisée pour fabriquer d'une manière économique des objets d'un usage courant et qui forgés reviendraient à un prix trop élevé. Ces objets, auxquels on peut donner par le moulage toute la délicatesse de forme que l'on désire, de cassants qu'ils étaient deviennent malléables par suite de leur décarburation plus ou moins complète, de là le nom de fonte malléable donné au métal ainsi obtenu.

On appelle *retrait de la fonte*, la différence entre le volume, au moment de la solidification, et le volume la pièce étant froide. Pour la fonte grise, ce retrait est de 1/100; pour la fonte blanche 2/100 et même quelquefois 2,5/100.

Fontes (Défauts). Les principaux défauts des fontes sont les suivants : les *soufflures,* les *piqûres*, les *retirures*, les *dartres*, les *bosses* et les *gouttes froides.*

Les *soufflures* sont de petites cavités qui existent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans l'intérieur des pièces après le moulage; elles sont dues à des bulles d'air, à l'emploi d'un sable humide ou trop serré. Ces cavités se trouvent dans les pièces à des profondeurs variables et peuvent être la cause de la mise au rebut des objets moulés.

Les *piqûres* ne sont que des petites soufflures en quantité nombreuse. Si les pièces doivent travailler au frottement et qu'elles sont piquées, on doit les refuser, pour la raison que des poussières quelconque peuvent s'y introduire et occasionner des chauffages.

Les *retirures* se produisent le plus souvent à la jonction de deux parties d'inégale épaisseur, elles sont le résultat d'arrachements produits par un retrait considérable, ou l'emploi d'une fonte trop liquide.

Les *dartres* sont des parties rugueuses à la surface des pièces. Elles proviennent du sable qui s'est détaché du moule au moment de la coulée.

Les *bosses* proviennent du sable insuffisamment uni et qui a cédé pour former poche, ce qui détermine une partie saillante sur la fonte.

Les *gouttes froides* proviennent d'une fonte coulée trop froide et qui se solidifie au moment où elle entre dans le moule. C'est un défaut des plus importants qui diminue notablement la résistance.

Force. Puisqu'un point matériel ne peut modifier de lui-même ni son état de repos, ni son état de mouvement, il faut qu'une cause étrangère intervienne toutes les fois qu'une modification quelconque se manifeste dans l'état du point. Cette cause, quelle que soit sa nature, a reçu le nom de *force*. Ainsi le *poids* est une force verticale dirigée de haut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en bas, égale et contraire à l'*effort* qu'il faut faire pour soutenir le corps.

On appelle force de cheval ou *cheval-vapeur* (usage emprunté aux mécaniciens anglais) un travail de 75 kilogrammètres accompli en une seconde. Ainsi, une machine de 10, 15, 20 chevaux, etc., est une machine capable d'élever à 1 mètre par seconde un poids de 750, 1.125, 1.500 kilogrammètres, etc. Cette force a été établie d'après des expériences faites sur des chevaux de choix, et, comme un cheval ne travaille pas plus de huit heures par jour, tandis que le travail d'une machine peut être continué sans interruption pendant 24 heures, il est aisé de se rendre compte que la force nominale d'une machine de 10 chevaux produit réellement l'effet de 30 chevaux.

Cette unité, le *cheval* peut être considérée comme une unité arbitraire, incommode dans les calculs, ce qui à conduit le Congrés mécanique de 1889 à la supprimer, et la remplacer par le *Poncelet* qui équivaut à 100 kilogrammètres par seconde. (Poncelet était un mécanicien et un mathématicien distingué, 1788-1867). Mais l'habitude est tellement enracinée que l'on exprime toujours la puissance en chevaux. Je recommande donc à tous de porter une grande attention sur ce point.

Force centrifuge et centripète. Chaque fois qu'un corps mobile décrit une courbe, il est soumis d'abord à la pesanteur, puis à une autre force qui tend à l'éloigner du centre de rotation. Cette force s'appelle *centrifuge*.

Si l'on tourne rapidement une pierre attachée à l'extrémité d'une ficelle, et que la ficelle se rompe,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la pierre s'éloignera suivant la *tangente*, c'est-à-dire suivant une ligne droite qui ne toucherait le cercle de rotation qu'au point de départ de la pierre.

Tout corps, qui est en mouvement autour d'un centre, tend à s'en rapprocher, et semble le chercher. Ce phénomène a lieu en vertu d'une force opposée à la précédente, et que l'on nomme *centripète*. C'est par la force centripète que les corps libres, comme les animaux, les pierres, etc., sont retenus à la surface de la terre.

Forets. Les forets sont des outils de dimensions variables qui servent à percer les corps durs, tels que les métaux, la pierre, etc. Il faut qu'un atelier en possède plusieurs assortiments. Souvent confectionnés par des mains inhabiles, ils reviennent plus chers en somme, que donnés à des mains expérimentées, tant par leur exécution que par le travail qu'ils doivent produire.

Le foret doit être façonné de telle sorte qu'il coupe toujours de droite à gauche pour pouvoir remplacer, au besoin, celui dont on se sert au tour.

Le bout opposé à celui qui perce est façonné en pivot, en carré, etc., suivant le mode de communication du mouvement. L'emmanchure, le corps et la lame doivent être forgés bien droit, sinon, quoique le foret soit bien centré, l'on n'en obtient que des trous plus grands et difformes. La longueur d'un foret varie suivant les besoins.

On peut se servir d'huile pour percer le fer et l'acier, ou bien d'eau de savon. La fonte, le cuivre, le bronze, la pierre, etc., se percent à sec, et il faut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avoir soin de ne pas trop précipiter le mouvement afin de ne pas détremper l'outil. Cette vitesse peut atteindre 35 à 100 tours à la minute et même plus pour des trous d'un diamètre de 20 millimètres et au-dessous, suivant la matière, et doit diminuer au fur et à mesure que le diamètre augmente.

FORET A LANGUE D'ASPIC pour percer à la machine, au fût et au cliquet (fig. 1).

Ce foret doit être forgé avec soin et ajusté de même, avec un angle de 85 à 105°, suivant le diamètre des trous à percer et suivant son axe, il doit avoir une inclinaison de coupe de 7 à 20° sur son épaisseur, d'après la lame, en se reportant au métal qu'il s'agit de travailler, fonte, bronze acier ou fer, etc., et à la dimension des trous à percer. Chaque côté de la lame peut posséder en outre une gorge A, destinée à provoquer plus facilement le dégagement des copeaux, à augmenter le travail utile, en facilitant la coupe, et par là faire dépenser moins d'effort au moteur. La hauteur de la partie cylindrique de la lame doit être égale à environ son diamètre, et cette valeur peut devenir moindre en proportion pour des dimensions plus grandes.

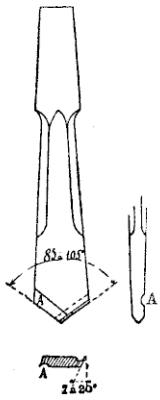


Fig. 1

FORET A TETON OU A CENTRE. Ce foret (fig. 2) doit être forgé et ajusté dans les mêmes conditions que le précédent. La coupe AA doit être perpendiculaire à l'axe de l'outil avec une légère pente vers la tête, en s'éloignant du centre, et son inclinaison sur le plat doit être de 7 à 20°, suivant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le métal à travailler. L'axe du teton doit se confondre avec l'axe du foret, et avoir comme inclinaison et coupe les mêmes proportions que le foret précédent, en ayant soin toutefois que son extrémité ne soit pas une pointe parfaite, pointe qui s'arrondirait vivement en dépensant du travail en pure perte. Le plat de la lame doit posséder un dégagement B que l'on fait avec une queue de rat ou à la meule; la partie AA doit être légèrement plus forte que CC.

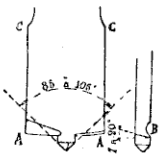


Fig. 2

FORET POUR RONDELLES. Ce foret qui est utilisé pour découper les rondelles, doit être confectionné comme le foret précédent, seulement, avec le biseau droit aux parties A et A, comme dans la figure 3. On peut faire une gorge pour faciliter le dégagement des copeaux.

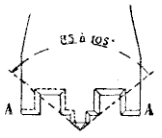


Fig. 3

Dimensions principales à donner aux forets à teton et pouvant servir de base pour d'autres diamètres.

DIAMÈTRE des forets	DIAMÈTRE du teton	LONGUEUR du teton	PARTIE DROITE de la pointe du teton	ÉPAISSEUR de la coupe
10 mill.	4 mill.	3 mill.1/2	1 mill.	2 mill.1/2
15 »	5 »	4 »	1 1/4	3 1/2
20 »	6 1/2	4 1/2	1 1/2	4 »
25 »	7 1/2	4 3/4	1 3/4	4 1/2
30 »	9 »	5 »	2 »	5 »
40 »	10 »	6 1/2	2 1/4	6 3/4
50 »	12 »	7 »	2 1/2	7 1/2
60 »	13 »	8 »	2 3/4	8 »
70 »	15 »	9 »	3 »	8 1/2
80 »	16 »	10 »	3 1/2	9 »
90 »	19 »	11 »	4 »	10 »
100 »	20 »	12 »	4 1/2	11 »

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La coupe et le teton des forets que nous venons de voir, peuvent se faire, soit à la main, soit à la mortaiseuse, soit sur le tour ou à la fraise; c'est une question d'outillage, mais, pour un apprenti, il est préférable de lui laisser faire le travail à la main.

Le FORET A BOTTE est peu connu (fig. 4-5); il est employé pour préparer les trous destinés à recevoir du régule, des scellements, etc. Le trou se

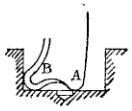


Fig. 4

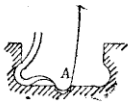
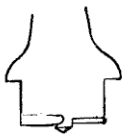


Fig. 5


Fig. 6

perce d'abord avec un foret à teton préparé spécialement (fig. 6), et se fouille ensuite avec le foret à botte. Une seule remarque que je ferai, c'est que la partie A, qui doit s'engager dans le centre préparé par le foret à teton, ne doit posséder aucun biseau et être arrondie, et la lame B, dont la longueur peut être faite suivant les besoins, être taillée suivant un angle d'environ 10°.

En ce qui concerne la forge et la trempe, les forets précédents doivent être travaillés dans les mêmes conditions qu'un burin; seulement il arrive que la plupart du temps, à la trempe, le teton est revenu jaune paille, quand le corps est bleu· pour éviter cela, dans la mesure du possible, on retrempe à nouveau dans l'eau les angles l'un après l'autre, de façon à les rafraîchir, en attendant que le teton prenne la couleur qu'il doit avoir, sinon il ne tarderait pas à se casser aussitôt sa mise en service.

Pour les forets de petits diamètres, on peut les tremper en les jetant directement dans l'eau, les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nettoyer ensuite, et les faire revenir au-dessus du liquide, séparément ou par série sur un morceau de fer rouge. Lorsqu'ils ont atteint la couleur voulue; on les laisse retomber dans le liquide.

Le FORET CYLINDRIQUE (fig. 7) est destiné à percer des trous sur le même axe, dans différentes parties, les unes au-dessus des autres. Il est tourné, dans toute sa longueur, jusqu'à l'emmanchure. Son extrémité peut être plus petite que le corps, si besoin est.

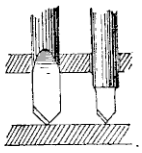


Fig. 7

Le FORET DEMI-ROND (fig. 8) sert à percer des trous dont le fond doit être uni. Au préalable, ce même trou doit être commencé par un autre foret, sinon l'outil doit être guidé par une bague en acier trempé. Une coupe bien faite donne un rendement supérieur au foret ordinaire, et des trous bien droits et lisses ; quant à sa trempe, il faut suivre les mêmes principes que celui ordinaire, en ayant soin de le chauffer le plus court possible.

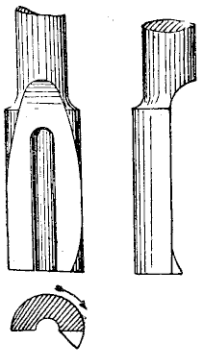


Fig. 8

Le FORET A ARÇON (fig. 9), dont le maximum de diamètre ne dépasse pas 10 millimètres, est généralement fait avec du fil d'acier rond ou carré, et doit posséder un dégagement assez prononcé, de façon à ce que la partie qui travaille ne bourre jamais, et que le foret ne casse pas. Son épaisseur varie de 1/2 millimètre pour 1 millimètre de diamètre, jusqu'à 5 millimètres au plus pour 10 milli-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mètres. Sa longueur est également variable, suivant le travail auquel il est destiné. Il est toujours à langue d'aspic, sous un angle d'environ 90°, avec lame affûtée des deux côtés ou en arc de cercle (fig. 10), s'il est destiné à travailler une matière dure, l'acier par exemple. Avec ce foret on doit percer à sec.



Fig. 9



Fig. 10

Trempé dans les mêmes conditions que les précédents, on le fait revenir à l'huile ou au suif, chauffé à la chandelle, à la lampe ou sur un fer rouge, selon sa grosseur et le degré de dureté que l'on désire lui donner.

FORET A SPIRE (fig. 11), dit mèche *américaine*, dont la première apparition sérieuse date de l'Exposition universelle de 1867, doit être confectionné en acier de premiere qualité, et être d'un fini extrême, légèrement plus faible près de l'emmanchure qu'à son extrémité. On obtient la plus grande efficacité avec ces mèches en conservant une pression régulière et modérée. Un certain nombre, montées sur des machines spéciales, permettent de percer jusqu'à 50 trous à la fois. En l'aiguisant, il faut avoir soin de conserver la même forme de tranchant qu'elle avait étant neuve. Le biseau doit avoir une forme aussi convexe que possible, de manière à permettre au taillant de couper, sous un angle d'environ 110°, de sorte que la mèche puisse passer avec plus de rapidité, et avoir plus de solidité qu'en lui

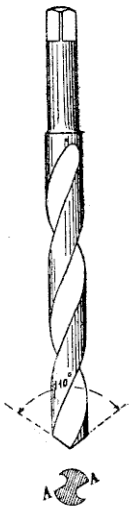


Fig. 11

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donnant une forme droite. Ces mèches se recommandent autant par leur longue durée que par la supériorité de leur travail, et les résultats que l'on en obtient les rendent comparativement meilleur marché que les forets plats. Le côté A, qui coupe, doit être droit, et le côté opposé circulaire.

Cette mèche possède deux rainures très profondes rendant la partie centrale d'un petit diamètre, ce qui facilite le dégagement des copeaux, soit environ 2 à 3 millimètres pour un foret de 20 millimètres, 3 à 4 pour 30, 4 à 5 pour 40, etc. Son pas varie de 100 à 120 millimètres pour 20 millimètres de diamètre, et dans les mêmes proportions pour des diamètres plus forts. Elle doit être trempée dans toute la partie destinée à être affûtée, redressée s'il le faut, et revenue couleur jaune paille foncé.

Un foret intéressant, c'est le FORET HÉLIÇOIDAL FRAISEUR (fig. 12) de M. Morisseau, de Nantes. Ce foret offre le très précieux avantage de fraiser le trou sans un nouveau déplacement de la pièce que l'on a à percer. En haut de la partie fraisante, on peut disposer un arrêt servant à régler la profondeur de la fraisure qui est parfaitement lisse; il fournit un très long travail sans perdre de sa forme et de son diamètre; son affûtage est facile en donnant un coup de meule dans la gougure.



Fig. 12

Le FORET A TOUR est très utile pour dégrossir sur le tour des trous qui doivent ensuite être alésés. Il doit être d'un diamètre un peu plus petit que le trou réel complète-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment fini. Il doit être en acier méplat ou carré, et à langue d'aspic (fig. 13), ajusté sous un angle de 85 à 105°, avec une inclinaison pour la coupe de 7 à 20°, et une gorge A.

En marche, pour des trous de petits diamètres, on doit le faire travailler avec prudence, et le tâter avec la main pour s'assurer qu'il ne supporte pas de secousses qui pourraient le faire casser. Il faut également tourner la manivelle du chariot avec régularité et de temps à autre, faire marche-arrière, pour opérer le dégagement des copeaux, et faire pénétrer dans le trou de l'huile, de l'eau ordinaire ou de savon, de l'essence, etc.

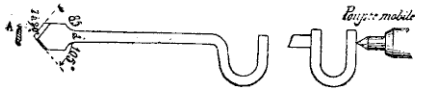


Fig. 13 Fig. 14

Pour les petits diamètres, jusqu'à 8 millimètres, on peut laisser la tige ronde et droite, la mettre en pointe à la poupée mobile et faire serrage sur le volant. Pour les grands diamètres, on peut laisser la tige droite et percer comme précedemment; mais il est préférable de faire son extrémité en forme d'U (fig. 13), ou de l'articuler sur un U mobile en acier (fig. 14) lui servant de ressort pour l'empêcher de casser.

Pour les matières tendres, cuivre, bronze, laiton, etc., il est inutile de faire la gorge A. Quant à sa trempe, on doit procéder comme pour les forets ordinaires.

Forge. Tout ouvrier mécanicien doit connaître un peu toutes les parties dérivant de son état principal, et savoir plus spécialement forger, c'est-à-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dire être apte à parer aux premiers inconvénients qui se présentent, soit dans un montage à l'atelier, en campagne, où il peut se trouver seul, etc. Il doit se suffire à lui-même pour la réparation et même la confection de ses outils. Aussi doit-il s'y habituer dès le commencement de son apprentissage, et s'en occuper le plus sérieusement qu'il lui soit possible, examiner avec soin la façon de faire des anciens, réputés les plus capables de son entourage, car l'école de la pratique est toujours la plus certaine et la meilleure, et rien ne fait plus mauvais effet qu'un ajusteur, par exemple, qui ne sait pas réparer ses burins ; il est aussi inutile qu'un contremaître qui ne sait pas travailler, l'initiative et l'autorité dens ce cas manquent forcément.

Les *forges* se constuisent de plusieurs façons différentes ; à la campagne, on se sert de ce que l'on a sous la main : des briques, des moellons, du granit, etc. Une hotte en tôle (fig. 1), de forme rectangulaire ou cylindrique, se trouve au-dessus de la forge ; sur le côté, on dispose un soufflet en cuir en forme de poire, appelé *vache*, que l'on met en mouvement à l'aide d'une *branloire* A.

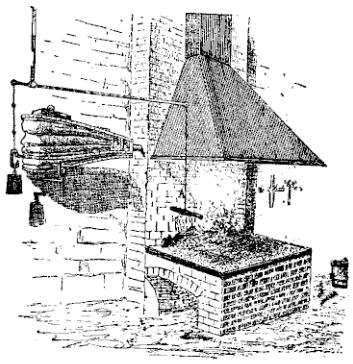


Fig. 1

De ce soufflet sort un tuyau qui, muni d'une tuyère à son extrémité, vient aboutir à la forge et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lui donner le jet d'air destiné à élever la température du feu.

L'ensemble général de ce genre de soufflet est représenté par la figure 2. Il se compose de quatre parties en bois; deux fixes A et B et deux mobiles C et D, un cuir ondulé réunit toutes ces parties, trois clapets EFG fonctionnent de dehors en dedans, un quatrième H existe encore à l'intérieur. Quand D est monté, les clapets GF sont ouverts et les clapets EH fermés; si D descend, FG sont fermés et EH ouverts. Le poids P est utilisé pour produire une certaine pression sur la partie mobile C et à envoyer l'air dans la buse I.

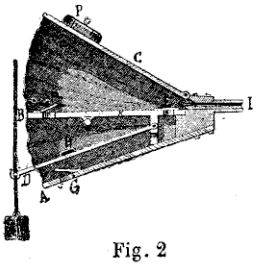
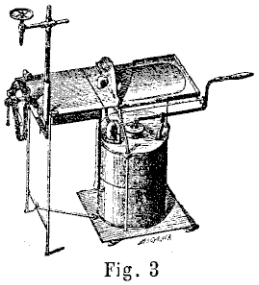


Fig. 2

Dans les grands ateliers, le soufflet en cuir est remplacé avec avantage par un ventilateur actionné par un moteur, et fournissant l'air nécesaire à une grande quantité de forges à la fois.

Lorsque le travail ne peut être fait toujours à la même place, on se sert de forges *portatives*, qui diffèrent peut-être un peu par la forme, mais qui, en somme, remplissent toujours le même but.


Fig. 3

La forge portative, d'un usage le plus courant, est celle à *soufflet cylindrique à double vent* (fig. 3), à laquelle il est facile d'ajouter un établi mobile sur lequel l'on peut fixer un étau et une machine à percer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour des travaux un peu importants la forge portative à double vent représentée par la figure 4 est d'un bon usage.

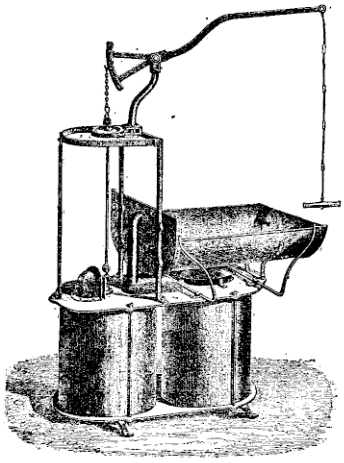


Fig. 4

Il y a encore à citer les forges portatives qui possèdent un petit ventilateur que l'on fait fonctionner à la main au moyen d'une manivelle.

Pour les pièces de chaudronneries, cornières, tubes, etc., on se sert de *forges circulaires* de 60 centimètres à 1 mètre de diamètre et dont la hauteur au-dessus du sol est variable suivant les besoins. De plus ce genre de forge possède une tuyère en forme de pomme d'arrosoir au milieu de sa circonférence ou en long pour pouvoir disposer le feu à la demande du travail à exécuter.

La conduite d'un feu de forge est assez importante; il faut que le combustible employé ne contienne ni soufre, ni cuivre, ni zinc, etc., qui nuisent à la soudure du fer.

Le combustible à employer doit posséder la propriété de se coller facilement, ce qui est utile pour obtenir une température suffisante pour les opérations de forge. La houille grasse ou maréchale est la préférable. Je ne préconise pas l'emploi de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sel marin à jeter sur le fer lorsqu'on veut souder en chauffant avec un combustible contenant du soufre; les cristaux de sel éclatent, et peuvent occasionner des blessures. En disposant son feu convenablement et proprement, on peut facilement s'en passer.

La houille qu'on met sur la forge, doit être humectée au préalable pour lui permettre de s'agglomérer aussitôt son allumage. Le fer à chauffer ne doit pas toucher la tuyère. Une certaine quantité de combustible incandescent doit rester entre les deux. Un bon forgeron reconnaît, sans jamais se tromper, la température du fer chauffé d'après sa couleur (voir page 262).

Four. On distingue plusieurs sortes de fours dont la disposition varie suivant le travail auquel on les destine. Sans entrer dans beaucoup de détails, je me contenterai d'en citer les principaux types.

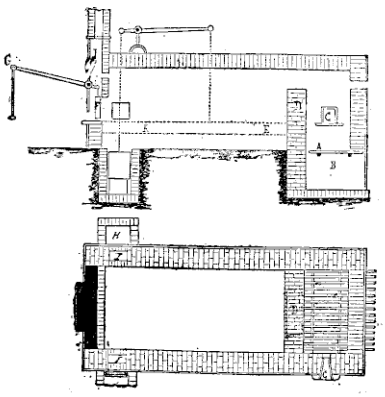


Fig. 1 et 2

Le four à *puddler* (figure 3, page 256).

Le four à *réchauffer* s'emploie pour le réchauffage des paquets et des tôles à travailler. Les figures 1 et 2 représentent un four à réverbère de ce genre destiné aux tôles.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A *grille* du four ; B *cendrier ;* C *tisard ;* D *autel ;* EE *sole* rectangulaire, venant affleurer la *porte* F, elle se compose de deux parties, la supérieure en débris de briques réfractaires et celle de dessous formée de coke et qui possède une épaisseur moindre que la précédente ; J *hotte* placée devant la porte F et destinée à entraîner la flamme et les étincelles qui s'échappent de cette dernière quand on l'ouvre. Le fer s'introduit par la porte F qui se manœuvre à l'aide d'un levier G qui peut la tenir en équilibre dans toutes les positions.

La flamme pour aller dans une cheminée commune qui fait suite au *rampant* H passe d'abord par les *carneaux* I, I.

Au lieu du four précédent on emploie souvent des fours désignés sous le nom de fours *dormants* et qui ont beaucoup d'analogie avec les fours de boulangers à l'exception que la sole y est remplacée par une grille ; cette dernière qui est généralement vaste est le plus souvent recouverte d'une voûte très basse. La *cheminée* est en dehors du four et au-dessus de la *porte* B (fig. 3 et 4) de façon à permettre l'évacuation de la flamme et de la fumée sans qu'il y ait production de tirage. La porte B est utilisée non seulement pour l'introduction du combustible mais encore à l'enfournement et au défourne-

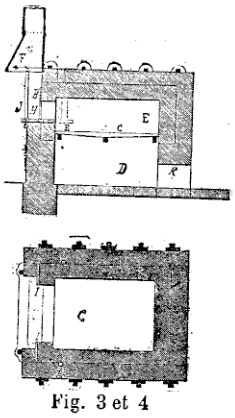


Fig. 3 et 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment du fer, lequel se place directement sur la houille dont la *grille* C se trouve chargée; D *cendrier;* E intérieur du four; F *hotte* en tôle; J supports de la hotte; H *seuil* de la porte; I,I pièces en fonte qui servent d'armatures à la porte; K ouverture pour nettoyer le cendrier.

Dans beaucoup d'usines le réchauffage des paquets et des tôles se fait dans des fours à gaz alimentés par des générateurs spéciaux.

Fig. 5

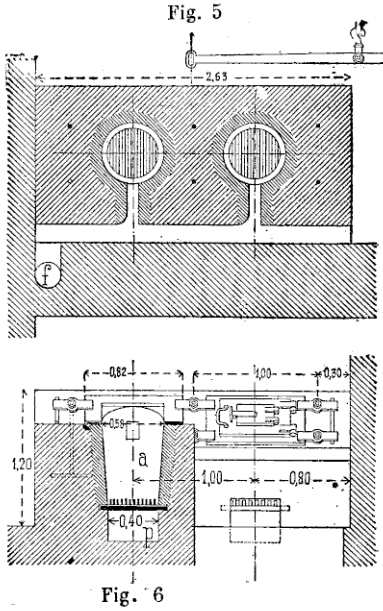


Fig. 6

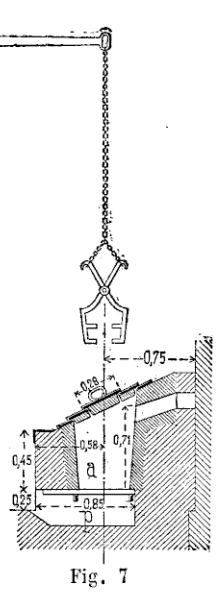


Fig. 7

Si l'on n'a besoin que de petites quantités de métal à la fois, comme dans la petite industrie, on peut employer les *fours* à *creusets* qui ont l'avantage d'éviter le contact du métal à fondre avec le combustible et les gaz de la combustion.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les creusets doivent être en argile ou en graphite pour pouvoir résister au feu et leur capacité doi- être en rapport pour ne pas dépasser 25 à 30 kilot grammes de métal.

Le même four peut être disposé pour recevoir plusieurs creusets et les cuves de ces derniers peuvent être à section carrée.

Les figures 5, 6 et 7 représentent un four de ce genre pour deux creusets.

La manœuvre des creusets peut se faire à la main à l'aide d'une ou deux paires de tenailles tricoises, mais il est préférable de la faire pour plus de sécurité avec une *happe* ordinaire comme l'indique la figure 5, ou employer la happe *Fremont* (fig. 8).

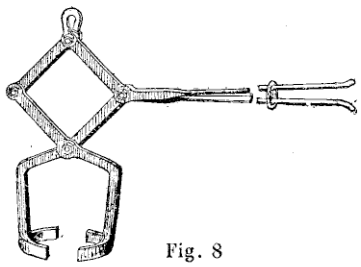


Fig. 8

Comme il est très avantageux de pouvoir faire les brasures aussi convenablement et aussi proprement que possible, je ne puis terminer ce rapide examen sans parler du *four gazogène chalumeau De Laharpe*, représenté par les figures 9, 10 et 11 et qui donne d'excellents résultats en pratique.

Une enveloppe en tôle de 3 millimètres contient une cuve cylindrique A, en briques très réfractaires, supportée par une tôle forte percée en son milieu. Une grille mobile B, en fer, soutient le coke enflammé. Le vent, provenant d'une soufflerie ou d'un ventilateur de forges, est donné par la buse C, et par une buse d'égal diamètre D, emmanchée et lutée dans un des orifices E ou G. La température

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du dard de flamme est très élevée; des registres étant posés sur les deux buses, la flamme est à volonté longue ou courte, réductrice ou oxydante.

Fig. 9

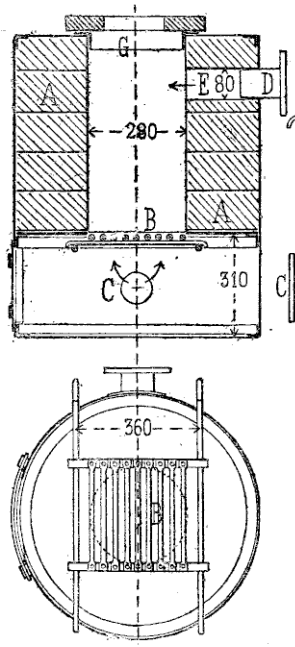


Fig. 10

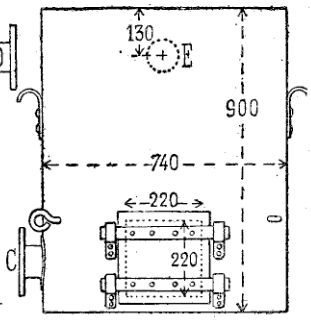


Fig. 11

On brase les brides sur le gueulard G, en le recouvrant d'une plaque en fonte, percée d'un orifice un peu plus grand que la bride. Pour les tubulures, les emboîtages, etc., on place la buse D sur le gueulard, le dard sortant par l'orifice E, où l'on peut adapter et luter des tuyaux en fer, droits ou cintrés, de manière à atteindre les endroits les plus difficiles.

Le mélange des gaz se fait convenablement, et la flamme est très homogène. Pour décrasser le four, on fait tomber la grille dans la boîte à vent, en tirant les tringles de support, et on ouvre la porte de la boîte à vent inférieure. Pour avoir toute commodité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans le travail, ce four doit être monté sur roues, sous une potence de 6 à 7 mètres de hauteur, et au-dessus d'une fosse de 4 mètres de profondeur.

Fraises. La *fraise* est un outil plus spécialement affecté à évaser des trous déjà percés, soit pour enlever les bavures, soit pour donner passage à la tête d'une vis pour qu'elle ne fasse pas saillie, etc., mais on donne encore ce nom à une autre classe d'outils, véritables *scies circulaires* qui s'est développée considérablement, et destinées à couper les métaux. Ceci posé, tous les travaux aujourd'hui sont possibles par la fraise, il ne s'agit que de savoir approprier l'outil au travail à faire et à produire, c'est une question de connaissance et d'intelligence, c'est pourquoi je ne donne ici que les types principaux et courants (fig. 1 à 50), mais en quantité suffisante pour aider dans toutes les combinaisons. C'est à l'intéressé à étudier les dimensions et la forme pour les nombreux travaux divers qui peuvent se présenter.

L'expérience a prouvé que la taille heliçoïdale est préférable à la taille suivant une génératrice, cette dernière détermine une résistance considérable et un mouvement saccadé. On tranche en une seule fois une quantité de métal dont la longueur est égale au périmètre engagé, puis la dent n'agissant plus il y a interruption jusqu'à la reprise de la dent suivante. Avec la forme héliçoïdale, au contraire, à chaque instant de l'opération, le métal est attaqué seulement sur un nombre de points égal au nombre de filets en prise et la succession continue et régulière de ces actions élémentaires nécessite un effort bien inférieur à celui qui est exigé dans l'autre cas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

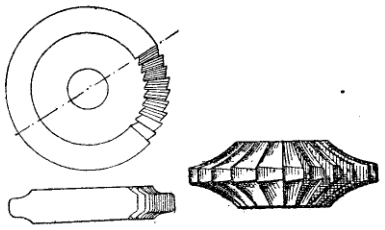


Fig. 1 et 2
Fraise à tailler les engrenages.

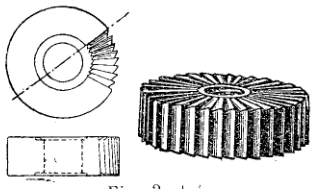


Fig. 3 et 4
Fraises à troistailles pour rainur s
Leur épaisseur doit être légèrement plus faible près du trou.

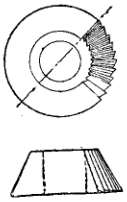


Fig. 5
Fraise à tailler les fraises.

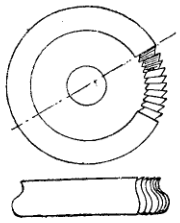


Fig. 6
Fraise à tarauds

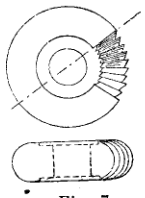


Fig. 7
Fraise destinée à fraiser les forets.
Son épaisseur doit être un peu plus faible vers le trou

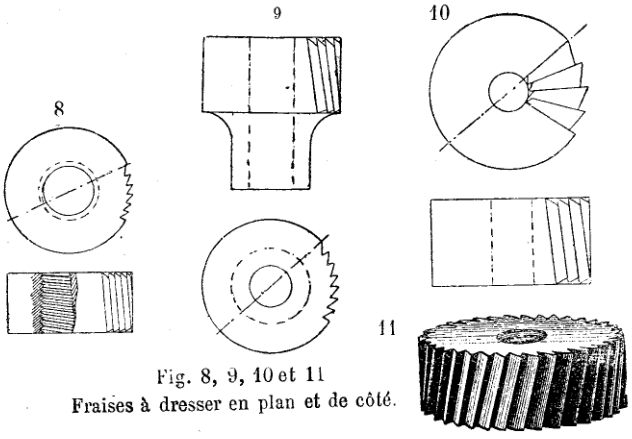


Fig. 8, 9, 10 et 11
Fraises à dresser en plan et de côté.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

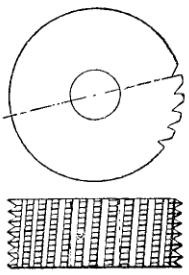


Fig. 12
Fraise pour peignes
Les filets doivent être filetés (On peut également se servir d'un taraud travaillant sur plat et sur champ).

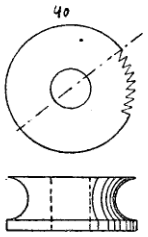


Fig. 13
Fraise pour alésoirs.

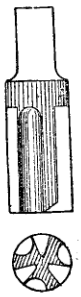


Fig. 14
Fraise pour dégrossir les rainures.

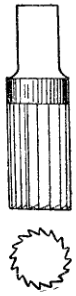


Fig. 15
Fraise pour fini les rainures.

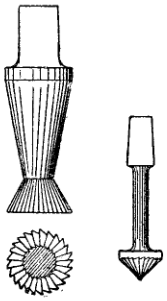


Fig. 16 et 17
Fraise à queue conique pour tailler les fraises et fraiser les trous.



Fig. 18
Fraise pour fraiser les trous.

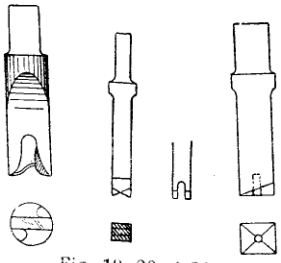


Fig. 19, 20 et 21
Fraises pour faire les rainures et les mortaises.

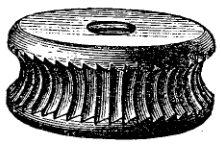


Fig. 22
Fraise de forme curviligne.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Fig. 23
Fraise cylindrique à bout sphérique.



Fig. 24
Fraise cylindrique taillée en bout.



Fig. 25
Lame à fraiser.



Fig. 26
Porte-lame à fraiser.

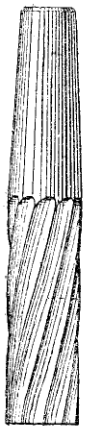


Fig. 27
Fraise cylindrique, dents héliçoïdales.

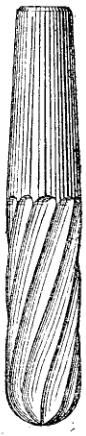


Fig. 28
Fraise cylindrique bout sphérique héliçoïdale

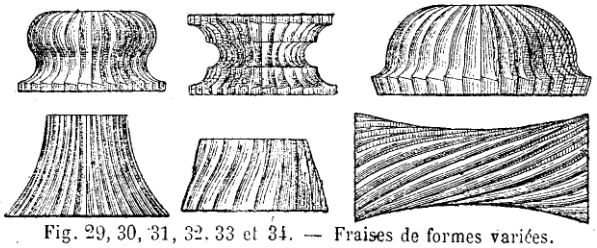


Fig. 29, 30, 31, 32, 33 et 34. — Fraises de formes variées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Fig. 35
Fraise plate à moyeu (1 taille).

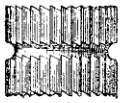


Fig. 36
Fraise à quatre tailles.



Fig. 37
Fraise à quart de rond.



Fig. 38
Fraise à congé.



Fig. 39
Fraise plate à champ demi-rond.



Fig. 40
Fraise plate à champ rond.



Fig. 41
Fraise d'angle à 2 tailles.



Fig. 42
Fraise plate à 1 taille, dents héliçoïdales.



Fig. 43
Fraise plate à 2 tailles dents héliçoïdales.



Fig. 44
Fraise cylindrique.



Fig. 45
Fraise cylindrique.

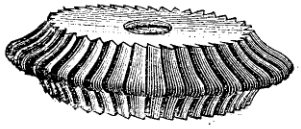


Fig. 46
Fraise de forme à pignon.



Fig. 47
Fraise sphérique pour talons en bois.

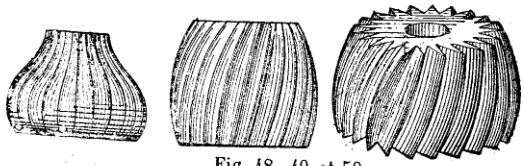


Fig. 48, 49 et 50
Fraises de formes variées pour talons en cuir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On ne doit donc employer la taille suivant une génératrice, qu'autant que le contour ne permet pas d'en employer une autre. Il a été également reconnu que les fraises dont le pas est à gauche donnent de meilleurs résultats. Ce dernier point est une question de principe et d'idée, ainsi j'ai remarqué que les ouvriers gauchers préfèrent le pas à droite. Toutes celles qui ne travaillent que latéralement peuvent et doivent être dans ces conditions; mais comme la direction des spires à droite ou à gauche ne permet pas de tailler la partie plane inférieure, il faut adopter le pas droit pour celles qui sont destinées à travailler debout. Plus la matière à couper est tendre, plus les dents doivent être éloignées.

Les *fraises circulaires* doivent être faites avec soin et minutieusement avec de l'acier de première qualité et trempées rouges cerise noir dans l'eau composée. La trempe est d'une importance capitale, sinon la coupe s'émousse et on obtient un mauvais résultat. Confectionnées très près de la lime et taillées sur une machine ordinaire, il ne doit y rester que très peu de chose à faire. Taillées sur une machine spéciale, elle ne doivent être l'objet d'aucune retouche.

Lorsqu'on sort une fraise de l'eau, on doit la replonger immédiatement dans l'huile végétale bouillante et ne la laisser que quelques instants. Pour la faire revenir, il n'y a qu'à introduire dans le trou central un morceau de fer rond et l'y laisser jusqu'à ce que la partie coupante ait acquis la couleur voulue, le plus généralement jaune paille, mais qui peut varier suivant le métal que l'on a à travailler. Cela fait, on la replonge dans de l'eau froide recouverte d'une couche d'huile. Si l'on s'aperçoit que le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trou s'est rétréci, il suffit de le roder en le conservant toujours bien au centre, sans quoi l'outil ne tournerait pas bien au rond, ce qui est indispensable pour obtenir une bonne production et un travail convenable.

Les fraises qui peuvent s'adapter directement après l'arbre de la machine comme un foret et que l'on désigne communément sous le nom de *fraises à manche* doivent être également en acier de bonne qualité, travaillées et trempées dans les mêmes conditions et avec autant de soin que les précédentes.

Les fraises (fig. 16, 17, 18) peuvent être rapportées sur un manche au moyen d'un taraudage.

Les fraises (fig. 14, 15, 19, 20, 21) doivent être légèrement plus faibles sur l'arrière et posséder une coupe bien dégagée.

Des outils qui remplacent avantageusement les fraises dans un grand nombre de cas, et principalement pour dresser des surfaces, des évidements, des rainures, et pour faire des alésages sont ceux

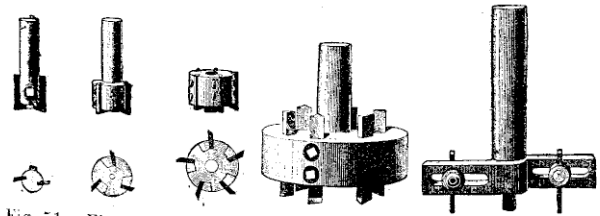


Fig. 51 Fig. 52 Fig. 53 Fig. 54 Fig. 55

représentés par les figures 51 à 55. Les lames doivent être en acier plat ou triangulaire d'excellente qualité, bien trempées, placées suivant l'angle de coupe le meilleur et fixées avec une rigidité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

absolue ; elles peuvent être réglées à un diamètre quelconque, affûtées à la main ou à la machine et remplacées facilement à très peu de frais.

Freins. Les freins servent à modérer la vitesse des machines, ou à arrêter tout à fait le mouvement, en faisant naître une résistance dont le travail négatif s'ajoute aux travaux des autres résistances et réduit la force vive à zéro.

Je ne parlerai pas ici de tous les systèmes de freins employés, je me contenterai de jeter un coup d'œil rapide sur quelques-uns.

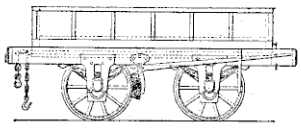


Fig. 1

Le frein le plus ordinaire pour les véhicules consiste en un ou plusieurs sabots en bois ou en fonte qui viennent, au moyen d'un mécanisme quelconque (fig. 1 et 2) manœuvré à la main, buter contre les roues.

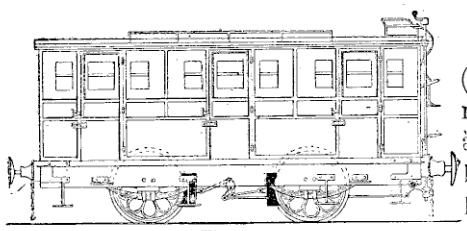


Fig. 2

Un frein à main qui est assez employé en Belgique, est le frein

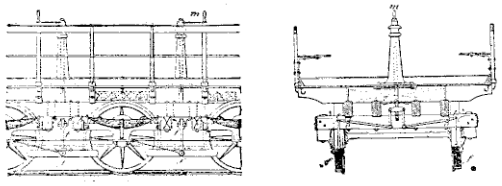


Fig. 3

Laignel (fig. 3) qui consiste en deux patins en bois *f* qui sont mis en mouvement au moyen des bielles *t*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

articulées en O. Ces mêmes bielles reçoivent leur action d'une vis qui se manœuvre à l'aide de la manivelle *m*. Dans ce système de frein, ce n'est pas par l'enraiement des roues que l'on opère, c'est par la pression des patins *f* contre la partie supérieure des rails. Pour éviter tout déraillement, les patins portent des rebords.

Pour les appareils de levage, grues, etc., on emploie le plus souvent le frein représenté par la figure 4 et désigné sous le nom de *frein différentiel* ou frein à *ruban*. Il est composé d'une lame d'acier avec une garniture en bois formant collier. Son action est assez instantanée, mais il faut avoir soin d'employer un métal d'excellente qualité, pour ne pas être exposé à une rupture en cours de travail, ce qui peut donner lieu aux plus graves accidents.

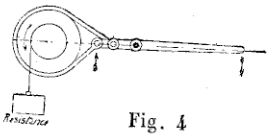


Fig. 4

Cette manœuvre à la main n'étant pas assez instantanée ni assez puissante, on a cherché à mettre la manœuvre du frein pour tous les véhicules entre les mains du mécanicien et des agents intermédiaires d'un train. Sept systèmes principaux peuvent remplir les conditions pratiques désirables, ce sont: le frein à air comprimé *Westinghouse* qui date de 1868 et qui nous vient d'Amérique, il est *continu* et *automatique* et a été modifié par la Cie des Chemins de fer P.-L.-M. en frein continu automatique et *modérable;* le frein *Venger;* le frein à vide de *Schmit* ou de *Hardy;* le frein à friction *Becker* employé en Allemagne; le frein *Herbelin* qui ressemble beaucoup au précédent; le frein *Achard* dont la manœuvre peut s'opérer à l'aide de la pression

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

hydraulique et de l'électricité, et les freins *Soulerin*.

Avec des vitesses de 70 à 80 kilomètres à l'heure, on arrive à obtenir des arrêts en moins de 25 secondes, mais il ne faut y recourir qu'aux dernières extrémités, tant pour les voyageurs, que pour éviter des détériorations rapides du matériel qui souvent ne peuvent se constater que quelque temps après.

Comme frein, on peut encore donner place ici à la marche à contre-vapeur dont la principale utilité se fait sentir dans les fortes rampes. Le fonctionnement consiste tout simplement à renverser la distribution dans les cylindres. Pour éviter les inconvénients trop longs à énumérer dans cet ouvrage, M. Lechatelier a trouvé le moyen d'envoyer dans le tuyau d'échappement un mélange d'eau et de vapeur que les pistons aspirent et qui donne un assez bon résultat.

Frein de Prony. Ce frein sert à évaluer le travail transmis à un arbre tournant et par conséquent à déterminer la puissance d'une machine.

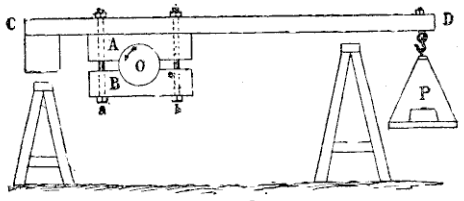


Fig. 1

Quoique des plus simples, l'expérience au frein de Prony demande beaucoup d'attention et à être faite par des personnes au courant de ce genre d'épreuves.

Soit O l'arbre tournant d'une usine. On débraye toutes les machines-outils que cet arbre fait

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

marcher, en sorte que le travail moteur transmis à cet arbre soit tout entier transformé en un travail de frottement qu'il est facile d'évaluer.

On serre l'arbre O, au moyen des boulons *a* et *b*, entre deux mâchoires A et B généralement en bois dur. A la mâchoire A est fixée une pièce de bois CD à l'extrémité de laquelle on met un plateau destiné à recevoir un poids P.

L'arbre étant supposé tourner dans le sens de la flèche, le frottement tend à entraîner dans ce même sens le système *ba*CD, si l'on augmente graduellement le poids P, il arrivera un moment où ce poids équilibrera le frottement développé au contact des mâchoires A et B et de l'arbre tournant.

On a alors la force en chevaux sur l'arbre égale à

$$\frac{P \times L \times N}{716{,}175} \text{ (valeur invariable)}$$

Exemple : soit :

P = 20 kilogrammes, le poids équilibrant mis dans le plateau du frein pour que le levier reste horizontal.

(Dans les opérations très justes, on peut ajouter à la valeur P le poids propre de l'appareil réduit à la distance L).

L = 1 mètre, la distance (en mètres) de l'axe de l'arbre à l'axe du plateau ou, pour mieux dire, le bras de levier ;

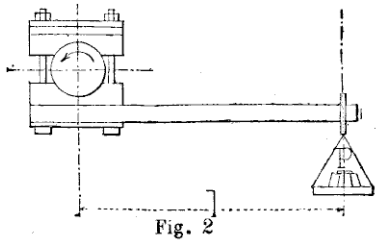


Fig. 2

N = 60, le nombre de tours que fait l'arbre par minute quand l'allure de la machine est uniforme.

On aura : $\frac{20 \times 1.000 \times 60}{716{,}175} = 1$ cheval 67.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et en Poncelets :

$$\frac{20 \times 1.000 \times 60}{954,9} = 1,25$$

(valeur invariable)

Dans les expériences au lieu de placer le levier au-dessus de l'arbre comme dans la figure 1 il est préférable de le placer en dessous (fig. 2), l'équilibre est plus stable.

Le frein de Prony ne s'emploie généralement que pour des machines dont la puissance est peu considérable, 45 Poncelets au plus (60 chevaux), sinon il atteindrait des dimensions trop grandes et peu pratiques.

Connaissant la puissance en chevaux sur l'arbre mesurée au frein de Prony, et la puissance indiquée par l'indicateur de Watt sur les pistons, il suffit de diviser le second nombre par le premier pour avoir le rendement de la machine. On trouve ainsi que pour les bonnes machines de terre, le rendement peut s'élever jusqu'à 0,90.

ARBRES VERTICAUX. Pour les arbres verticaux, on transmet l'effort du levier au plateau de balance au moyen d'une corde passant sur une poulie de renvoi. La résistance propre de cette poulie peut être négligée, car, par suite des oscillations elle agit alternativement en plus et en moins, et toujours dans le sens de la régularité. Le poids du levier n'intervient plus, toutefois il est bon de l'équilibrer, par une poulie et un contre poids, afin d'éviter le gauchissement de tout l'équipage.

CONDUITE DES ESSAIS. Il est indispensable de graisser continuellement les surfaces en contact, avec du suif, ou mieux de les arroser d'eau contenant en dissolution environ 10 % de savon en pâte;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les échauffements violents font gripper le frein, qui prend feu.

Malgré toutes les précautions pour obtenir un frottement constant, il faut souvent modifier, pendant l'expérience, le serrage des boulons à manettes, et on peut difficilement éviter qu'il se produise des à-coups et secousses plus ou moins forts. Il est bon d'établir, surtout avec la disposition simple de la figure 3, deux taquets ou butoirs très solides, qui arrêtent le levier lorsqu'il oscille trop violemment. On biffe la série d'expériences dans laquelle on observe que le levier est trop souvent venu y heurter.

Pour diminuer les secousses, on peut mettre sous l'un des écrous, une ou plusieurs rondelles de caoutchouc de 20 à 30$^{m}/^{m}$ d'épaisseur, séparées par des disques de tôle. Le mieux (fig. 3) est de suspendre au levier *a*, le piston du frein hydraulique *b*; ce piston ayant un certain jeu dans son cylindre, et celui-ci étant rempli d'eau froide, il se produit une grande résistance contre les déplacements brusques du piston dans un sens ou dans l'autre. Le cylindre du frein doit être fortement maintenu pour ne pas être soulevé.

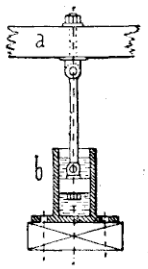


Fig. 3

Pour un moteur hydraulique, dix minutes d'expérience peuvent suffire, si tout est dans de bonnes conditions.

Pour une machine à vapeur, l'expérience doit être plus prolongée, pour pouvoir négliger l'effet des petites variations qui ont lieu constamment dans le travail moteur, que l'on ne peut relever à chaque instant. Il faut avoir soin que la pression, la détente,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et le vide, ne varient pas trop pendant l'expérience, et que la vitesse du volant soit la même au commencement et à la fin. S'il s'agit d'essais de consommation, l'expérience ne doit commencer que lorsque tout est en marche normale depuis un certain temps, et on doit veiller à ce que la pression, l'état du feu, le niveau d'eau, le tirage, varient le moins possible, et soient les mêmes au commencement et à la fin de l'épreuve, qui doit durer au moins une demi-journée.

Frottement. Quand un corps se meut en glissant sur un autre, il se produit une résistance qui s'oppose au mouvement et que l'on nomme *frottement*.

Tableau résumé des coefficients de frottement usuels

SURFACES EN CONTACT	RAPPORT du frottement à la pression	
	Au départ	Pendant le mouvement
Bois sur bois à sec.	0.50	0.36
» » mouillés d'eau	0.68	0.25
» » enduits de savon sec . .	0.36	0.14
» » » de suif	0.19	0.07
» sur métaux à sec.	0.60	0.42
» » mouillés d'eau. . . .	0.65	0.24
» » enduits de suifs ou saindoux	0.12	0.07
Cordes ou chanvre en brin, sur bois à sec	0.63	0.45
» » » mouillés d'eau	0.87	0.33
Courroies en cuir sur bois à sec. . . .	0 47	0.30
» » sur métal à sec. . .	0.54	0.30
» » sur métal et onctueuses	0.28	0.18
Métaux sur métaux, à sec	0 18	0.18
» » avec saindoux . .	0.10	0.09

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les premières expériences ont été faites par *Amontons*, puis par *Coulomb* en 1781 et ensuite par M. *Morin*.

On distingue deux sortes de frottements, le *frottement de glissement* et le *frottement de roulement*.

Le frottement est une cause constante d'échauffement, les deux grands moyens de diminuer cette résistance sont : 1° la dureté et le poli des corps, 2° l'emploi des enduits gras.

Frottement des tourillons en mouvement sur les coussinets

INDICATION des surfaces en contact	ÉTAT des surfaces	RAPPORT du frottement à la pression lorsque l'enduit est renouvelé à la manière ordinaire	RAPPORT du frottement à la pression lorsque l'enduit est renouvelé d'une manière continue
Tourillons en fonte sur coussinets en fonte .	enduits d'huile d'olive, de saindoux, de suif	0.08	0.05
Tourillons en fonte sur coussinets en bronze.	onctueuses. . . .	0.16	»
Tourillons en fonte sur coussinets de bois de gaiac	onctueuses d'huile ou de saindoux. . .	0.10	»
Tourillons en fer sur coussinets en fonte .	enduits d'huile d'olive ou de saindoux. .	0.08	0.05
Tourillons en fer sur coussinets en bronze	d°	0.08	0.05
Tourillons en fer sur coussinets en gaiac	d°	0.11	»

Fumivores. Des tentatives ont été faites dans tous les pays en général pour brûler la fumée au moyen de dispositifs spéciaux (injection d'air chaud ou froid dessous ou sur la grille — injection de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur directe où surchauffée au-dessus de la flamme sur le combustible, sous la grille, etc. — dispositions spéciales du foyer ou de la grille) auxquels on donne le nom d'*appareils fumivores*, mais ces tentatives n'ayant pas donné encore, que je sache, de résultats bien utiles et bien pratiques, je ne m'étendrai pas sur leur description, je dirai seulement que le meilleur appareil fumivore jusqu'ici consiste dans le choix d'un excellent chauffeur.

Fusibilité. La fusibilité des métaux est la propriété de devenir liquide à une certaine température. Le mercure est liquide jusqu'à 40°. Le point de fusion des principaux métaux est variable, comme il est facile de le voir par les tables suivantes :

Températures de fusion, chaleurs latentes de fusion, températures d'ébullition et chaleurs latentes de volatilisation.

	Fusion		Volatilisation	
	Température	Chaleur latente	Température	Chaleur latente
Alcool	— 100	»	78,4	207
Argent	1020	21,07	»	»
Azotate de potasse	339,7	47,37	»	»
Azotate de soude	310,5	62,98	»	»
Bismuth	266,8	12,64	»	»
Chlorure de calcium	28,5	66,80	»	»
Cuivre	1090	30	»	»
Eau	0	79,25	100	531
Essence de térébenthine	»	»	157	76,8
Étain	232,7	14,25	»	»
Éther sulfurique	»	»	37,8	96,8
Fonte blanche	1100	34	»	»
Fonte grise	1225	25	»	»
Iode	107	11,7	175	23,95
Laitiers de haut fourneau		50	»	»
Mercure	39,4	2,84	358	»
Phosphore	44,2	5,03	»	»
Plomb	326,2	5,37	»	»
Soufre	120	9,37	»	»
	299	»	447	»
Zinc	415,3	28,13	1040	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

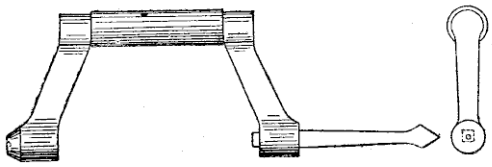
Températures de fusion ou solidification, et d'ébullition, sous la pression normale de 0m,760 *de mercure.*

	Fusion	Ebullition
Acide stéarique	70	»
Acide sulfurique	»	325
Acier	1300 à 1400	»
Alliages :		
Plomb 100 Etain 19	290	»
» » » 56	241	»
» » » 113	196	»
» » » 169	186	»
» » » 226	189	»
» » » 283	195	»
» 5 » 3 / Bismuth 8	94	»
Etain 1 Bismuth 1	141	»
» 2 » 1	168	»
» 3 » 1	200	»
Zinc 1 Cuivre 4	1050	»
» 1 » 5	1100	»
» 1 » 6	1130	»
» 1 » 8	1160	»
» 1 » 12	1230	»
» 1 » 20	1300	»
Aluminium	1000	»
Antimoine	432	»
Bronze (cuivre et étain)	900	»
Créosote	»	203
Dissolutions saturées.		
Sulfate de soude	»	100,7
Chlorure de sodium	»	106,9
Chlorhydrate d'ammoniaque	»	114,4
Azotate de potasse	»	115,6
— d'ammoniaque	»	125,3
Eau de mer	— 2,5	103
Esprit de bois	»	65,5
Fer	1500 à 2000	»
Huile de lin	— 20	316
Laiton	900	»
Or	1100	»
Platine	1800 à 2000	»
Potassium	90	»
Sodium	90	»
Sulfure de carbone	»	47
Verre ordinaire	700 à 800	»

Fût. Le *fût* n'est qu'un vilebrequin, sorte d'arbre coudé en fer, au moyen duquel on peut mettre en mouvement de rotation les différents forets ou mèches dont on se sert. Au milieu de cet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

outil se trouve sur une tige cylindrique une pièce folle sur cette dernière et que l'on désigne sous le nom de *noix*. L'extrémité de chacune des parties coudées portent l'une un trou conique, rond ou carré



dans lequel on introduit la tête de l'outil; l'autre un grain en acier trempé, destiné à recevoir la vis qui fait pression. La ligne des centres passant par l'axe du grain et l'axe du trou opposé doit être parfaitement parallèle à la tige. Cet outil sert à percer des trous à la main.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

G

Gabari. Les gabaris ou *calibres de forme* sont des modèles, d'après lesquels on confectionne certaines parties du tout dans la construction des navires, des pièces d'artillerie, des pièces de mécanique etc. Ils doivent être exécutés avec autant de soin et de précision que les calibres.

GABARI DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS. Comme le dit avec juste raison, M. Cl. De Laharpe dans son ouvrage les *Notes et Formules*.

Les dimensions de plus en plus grandes que l'on

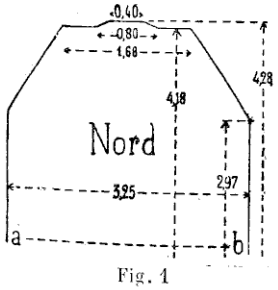


Fig. 1

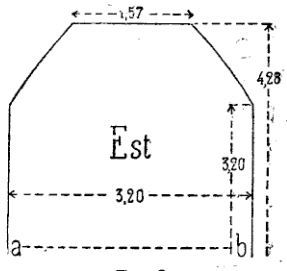


Fig. 2

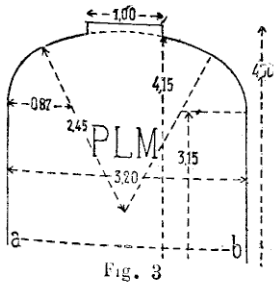


Fig. 3

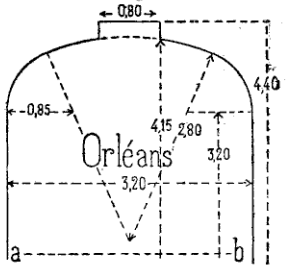


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tend à donner aux pièces des constructions métalliques, sont une des causes pour lesquelles il est souvent nécessaire de connaître les limites imposées

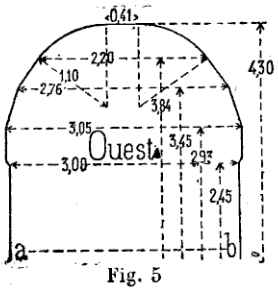


Fig. 5

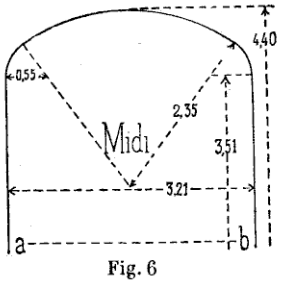


Fig. 6

par le gabari des lignes qui devront les transporter. Les figures 1 à 6 représentent les gabaris des six grandes compagnies. Les cotes de hauteur sont prises depuis le dessus des rails; *ab* représente le dessus des plate-formes, à environ 1m,30 des rails.

Glissières ou **guides des tiges de piston**. Les glissières ont pour but de maintenir les tiges de piston parfaitement en ligne droite pendant toute la course du piston, autrefois dans les machines à balancier on faisait usage, pour cela du parrallélogramme de Watt, mais actuellement le système employé varie suivant le système de la machine. Dans les machines à bielle directe, la tige du piston s'emmanche (fig.1) dans une pièce désignée sous le nom de tête de piston et elle est fixée solidement à cette dernière par exemple au moyen d'une clavette. La tête du piston, coulisse entre

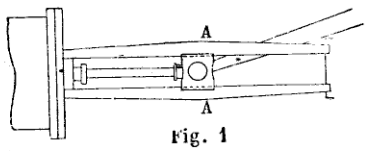
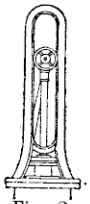
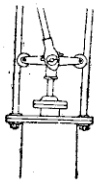


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux pièces A qui s'appellent glissières, lesquelles font tantôt partie du bâti de la machine ou bien sont indépendantes de ce même bâti, mais en tous les cas elles doivent être parfaitement rectilignes de façon à ce que la tête de piston manœuvre bien en ligne droite.


Fig. 2


Fig. 3

Le guidage des tiges de piston peut encore s'obtenir au moyen de roulettes mobiles sur des montants fixes (fig. 2 et 3), lesquelles roulettes peuvent être remplacées dans certains cas, par des douilles coulissant sur ces mêmes montants.

Les glissières se font en fer, en acier ou en fonte, elles doivent être bien dressées et calibrées.

Gouge. La gouge qui n'est qu'un burin à lame cintrée sur le plat se confectionne et se trempe comme un burin ordinaire. Ses dimensions varient suivant le travail à faire. Pour la gouge de forge suivre les mêmes principes que pour la tranche.

La gouge sert à faire ou à dégrossir des parties concaves, des congés, etc. Son biseau doit être un peu plus allongé que pour le burin et la tranche, étant donné le même métal à travailler.

On donne le nom de *gouge pleine* à un bec-d'âne arrondi sur un champ et taillé en biseau sur l'autre. Cet outil est plus spécialement destiné à faire les pattes d'araignée.

Grain d'acier. On nomme *grain d'acier* ou *culot*, la partie sur laquelle porte la surface terminale du pivot. On ménage ordinairement la possibilité de déplacer un peu à l'aide d'une vis, la position de l'arbre, soit dans le plan horizontal, soit en hauteur (voir *Crapaudine*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Graissage. Le *graissage* est une des parties les plus essentielles et à ne pas perdre de vue aussi bien à la mise à l'étude d'une machine que pendant son fonctionnement En interposant, entre les pièces qui frottent l'une contre l'autre un corps gras, du suif ou de l'huile, on rend le frottement plus doux, sans cette précaution les pièces en contact ne tarderaient pas à s'échauffer et au bout de peu de temps des parcelles de matières seraient arrachées et il se produirait des *grippements*, peu après les pièces en contact atteindraient la chaleur rouge et se briseraient.

C'est pour éviter ces effets désastreux qu'on graisse toutes les pièces qui frottent l'une contre l'autre. Le mode de graissage varie suivant les pièces et aussi suivant les constructeurs. Les pièces chaudes telles que cylindres et tiroirs se graissent souvent au suif tandis que les pièces froides se graissent à l'huile. Que l'on emploie une matière grasse ou de l'huile on se sert généralement pour les cylindres d'un ou de deux godets graisseurs munis de deux robinets dont l'un doit toujours être fermé pendant que l'autre est ouvert, de façon à éviter en marche que le liquide (graisse chaude ou huile) soit projeté à la figure du mécanicien par la pression de la vapeur.

Le graissage à l'huile ne présente pas de difficultés pour les pièces animées d'un mouvement lent ou au repos, il suffit de faire usage d'un godet (fig. 1) implanté dans la pièce à graisser, il porte en son milieu un *porte-mèche* dans lequel on introduit une mèche en laine par un de ses bouts, tandis que l'autre bout retombe dans le godet. En ver-

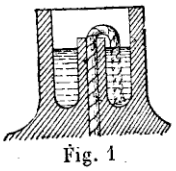


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

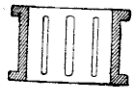
sant de l'huile dans ce dernier, elle s'élève dans la mèche en vertu de la capillarité et tombe goutte à goutte dans le porte-mèche et de là entre les surfaces

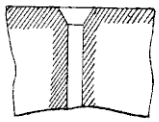

Fig. 2


Fig. 3


Fig. 4

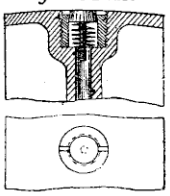
à graisser. Il est nécessaire que l'on pratique à la surface des pièces en question des petits conduits appelés *pattes d'araignée* (fig. 2, 3 et 4) venant aboutir à l'extrémité du porte-mèche. L'huile se répand ainsi par ces petits conduits sur toute l'étendue des surfaces en contact, et peut venir se loger


Fig. 5


Fig. 6

dans d'autres cavités pratiquées dans les coussinets inférieurs (fig. 5). Si le graissage n'est pas important à faire, on se contente d'un simple trou fraisé (fig. 6) sur lequel on peut appliquer un bouchon automatique, système *Barbat* (fig. 7) et sur la partie frottante on fait une patte d'araignée simple ou en croix. Sur les godets on applique généralement un couvercle à vis ou à ressort, pour empêcher les saletés de tomber dans l'huile. S'il s'agit de pièces à mouvement rapide il est à craindre que le couvercle ne soit lancé au loin, aussi prend-on la précaution d'employer des couvercles à charnières, qui se fixent

Bouchon automatique pour trou graisseur Système Barbat


Fig 7

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

généralement à queue d'aronde, tels que les couvercles système *Rous* (fig. 8), ou si l'endroit à graisser est difficile à atteindre, on emploie le couvercle système *Barbat* (fig. 9). Cette disposition présente un sérieux avantage pour la facilité du graissage des pièces en mouvement. Comme le montre le dessin, le couvercle, au lieu de se relever, se déplace de gauche à droite en glissant sous une pièce rapportée contre la surface supérieure du graisseur au moyen de quatre vis. Un petit ressort C, logé sous cette pièce, appuie contre le bord du couvercle et le maintient fermé. Lorsque l'on veut graisser, on appuie contre l'épaulement B du couvercle l'extrémité d'une petite pièce D soudée sur le bec de la burette et qui sert à repousser le couvercle de manière à découvrir le trou A du graisseur. Dès qu'on retire la burette, le ressort ramène le couvercle dans sa première position.

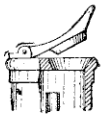


Fig. 8

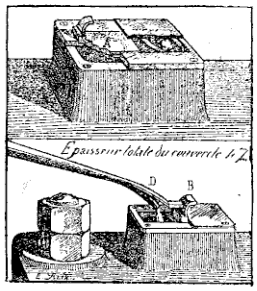


Fig. 9

Le même appareil peut se faire double lorsqu'on a deux trous de graissage voisins sur la même pièce. La même cavité et le même ressort servent pour les deux couvercles, ce qui économise un tiers de la place nécessaire pour découvrir les orifices.

Appliqué aux graisseurs des machines à vapeur, des dynamos, etc., il donne de bons résultats.

D'autre part vu sa faible épaisseur et son ouverture ne nécessitant aucun développement, cet obtu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rateur peut être placé dans toutes les parties des machines où la place libre est très restreinte et inaccessible à la main.

Utilisé dans les mouvements intérieurs des locomotives et locomobiles, il fait éviter la mauvaise habitude qu'ont les chauffeurs et mécaniciens de toujours laisser les couvercles de graisseurs ouverts.

Placé sur les organes extérieurs des machines précitées, il force à éviter le graissage en marche parfois dangereux, mais toujours préjudiciable à la propreté et au fonctionnement régulier des moteurs.

En résumé ce couvercle à *fermeture automatique sans développement* est applicable à toutes sortes d'appareils.

Dans les machines marines, on emploie encore pour les bielles par exemple, le système dit à *lécheur*, qui consiste (fig. 10) à adopter sur la tête de ces dernières, un réservoir AB muni d'une traverse D qui à chaque tour de l'arbre vient frotter contre un pinceau EF sur lequel on fait arriver constamment de l'huile goutte à goutte; cette huile se rend à la partie inférieure du pinceau, et à chaque tour de la machine elle est exprimée par la traverse D et se rend ainsi dans le réservoir de la tête de bielle.

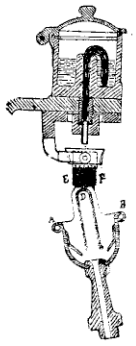


Fig. 10

Pour les poulies folles on utilise encore les bouchons automatiques système *Barbat*.

Une foule d'autres dispositions qu'il me serait trop long d'énumérer sont encore en usage, mais quel que soit le mode adopté, l'huile doit être d'une nature telle, qu'elle reste toujours parfaitement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

liquide, sans cela elle formerait du cambouis dans les parties à graisser ; il faut donc avoir bien soin de ne jamais faire usage des huiles dites *siccatives*.

Dans la Marine militaire française, l'huile employée pour le graissage est de l'huile d'olive de première qualité, restant toujours limpide même après un long séjour au contact de l'air. Dans la Marine anglaise, le graissage à l'huile est souvent remplacé par un simple *lubrifiage à l'eau de mer ;* il faut alors avoir soin pendant les dernières heures de marche, de remplacer l'eau par de l'huile afin que pendant les jours de repos suivants, les pièces en fer ne se rouillent pas. Malgré les différents modes de graissage ci-dessus, l'expérience prouve qu'il se produirait inévitablement des échauffements et des grippements si les surfaces en contact avaient une étendue trop faible, mais ce serait aussi une erreur grossière que d'augmenter le diamètre d'un arbre pour l'empêcher de chauffer et de gripper, ce qu'il faut faire dans ce cas, c'est d'augmenter sa portée, c'est-à-dire la longueur de son coussinet sans changer son diamètre, tout en restant dans de bonnes limites de résistance.

Malgré toutes les précautions employées il arrive que des chauffages accidentels se produisent, soit par un graissage insuffisant, soit parce que des saletés se sont introduites avec l'huile entre les parties en contact, etc. Il faut alors graisser abondamment et si ce moyen ne suffit pas et que l'on n'ait pas le temps d'arrêter, on graisse avec du pétrole (huile minérale) avec de l'huile additionnée de soufre en poudre, ou bien on verse de l'eau froide en grande quantité sur les pièces qui s'échauffent. Si cela ne suffit pas encore pour ramener les choses

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

GRAISSES POUR	PANNE	CHAUX vive en poudre	HUILE de lin	BLANC de céruse	OBSERVATIONS
Pièces polies . .	0k,850	0k,150	. . .	. . .	Employer la graisse chaude et l'étendre avec un pinceau après avoir fondu le tout ensemble et l'avoir bien mélangé.
Pièces polies. . .	0 ,725	Borax 0 ,225	0 ,050	. . .	Faire dissoudre le borax dans l'huile, mélanger avec la panne chaude et graisser avec un pinceau ou un chiffon.
Pièces polies à emballer	0 ,250	0 ,150	0k,200	0k,400	*Idem.*
Pièces polies à emballer	Suif fondu 0 ,100	Blanc de céruse 0 ,500	Huile de colza 0 ,200	Blanc de Meudon 0 ,200	Faire chauffer le tout ensemble, mélanger lorsque le suif est fondu et n'employer la composition qu'à une seule couche et à froid.
Tréfiler	0 ,820	Cire jaune 0 ,150	Gomme élastique 0 ,025	Poudre de zinc 0 ,005	Faire fondre le tout et bien mélanger.
Tiges de piston. .	Suif de Russie 0 ,500	Huile d'olive 0 ,500	. . .	. . .	Faire fondre et bien mélanger.
» » . .	Suif de bœuf 0 ,500	Suif de mouton 0 ,500	. . .	. . .	*Idem.*
Axes très chargés.	Graisse dure chaux ou magnésie 0 ,030	Savon 0,060	Graisse appropriée 0,750	Plombagine ou mica 0,160	
» » .	Graisse molle chaux ou magnésie 0,020	Graisse appropriée 0,450	Soufre 0,040	Mica 0,190 Huile lourde de pétrole 0,300	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à l'état normal il faut absolument ralentir la marche, ou bien arrêter pour nettoyer et réparer au besoin les surfaces dont on n'a pu empêcher l'échauffement.

Une précaution encore à prendre pour éviter les chauffages consiste à ne pas serrer beaucoup et que progressivement, les coussinets et les chapeaux des pièces mobiles; sans quoi un serrage énergique applique avec force les pièces frottantes l'une contre l'autre et augmente considérablement la valeur de la pression.

Graisse. Les *graisses* sont généralement employées pour adoucir et diminuer le frottement dans tous les organes des machines ou pour éviter l'oxydation de se produire à la surface des pièces métalliques polies. Les graisses en général contiennent des acides ou s'acidifient au contact de l'air, ce qui au bout d'un certain temps laisse le métal s'oxyder, malgré qu'au préalable il ait été séché et bien essuyé, ce que l'on doit toujours avoir soin de faire. Ces graisses doivent être rejetées de l'usage courant, leur prix est moins élevé il est vrai que celui des graisses de premier choix, mais en somme le résultat est moindre puisque l'économie faite d'un côté se trouve annulée par la main-d'œuvre nécessaire pour la remise en état. Il faut éviter de s'en servir pour tréfiler ou pour le graissage des vis d'étaux dont elles aigrissent le métal et provoquent la rupture des filets. Le meilleur pour ce dernier cas, est de prendre de la *panne* ou *axonge* et de la fondre soi-même.

Pour nettoyer les pièces polies, ou enlever la graisse ou la peinture, il faut se servir d'*essence*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'on étend avec un pinceau, si elles sont trop volumineuses pour être trempées directement dans ce liquide. A défaut d'essence de térébenthine on peut employer l'*huile lourde*. On frotte avec du papier éméri fin, si le métal est oxydé, sinon on se contente simplement de les essuyer avec un chiffon.

Graisseurs. Le graissage des organes des machines en général est devenu une question d'autant plus importante que les perfectionnements apportés dans leur construction ont permis une vitesse de rotation plus grande et pendant un laps de temps plus ou moins long, suivant les exigences du service.

Les dispositions qui servent à utiliser les substances diverses pour le graissage varient à l'infini, je me bornerai seulement à citer les principaux types de graisseurs, qui sont : les graisseurs à bague pour les grandes vitesses, les graisseurs cylindriques, système *Barbat*, les graisseurs centrifuges pour poulies folles, les graisseurs à huile et à graisse consistante, les graisseurs à filtre avec tige mobile, les graisseurs à trous capillaires, les graisseurs à tiges filetées (fig. 1, 2 et 3), les graisseurs blindés, les graisseurs à compression, les graisseurs à rotins, les graisseurs à régulateur, les graisseurs à débit visible et à débit réglable, les graisseurs automatiques, etc., etc.

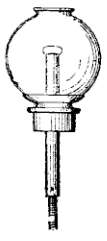


Fig. 1

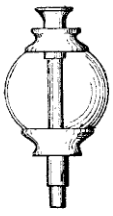


Fig. 2

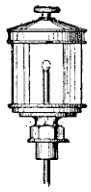


Fig. 3

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les *graisseurs universels* dont le type est représenté par la figure 4 sont très simples et très pratiques pour le graissage des poulies folles ; ils dépensent très peu, et assurent un graissage parfait. Ils se font, soit à tige taraudée comme l'indique la figure, soit à tige unie. Ces dernières se fixent alors sur les poulies en fonction dont on ne veut pas tarauder le trou, en les attachant au moyeu ou au bras à l'aide d'un fil de laiton.



Fig. 4

L'huile s'introduit par le bouchon sans qu'il soit nécessaire de démonter le graisseur. Il suffit de le remplir d'huile tous les mois environ.

Un grand nombre d'appareils ont été inventés pour arriver à graisser d'une façon régulière et économique les pièces de la machine qui sont sous l'action du fluide moteur.

Les uns dits « *Graisseurs à condensation* » utilisent la différence de densité existant entre l'eau et l'huile pour forcer l'huile à se déplacer au moyen de l'eau de condensation de la vapeur. Les autres dits « *Graisseurs mécaniques* » refoulent l'huile au moyen d'une pompe à mouvement continu ou alternatif.

Un seul graisseur (système *J. Hochgesand*, fig. 5), ne rentre dans aucune de ces catégories, son fonctionnement est basé sur le principe de laisser s'écouler l'huile par son propre poids à travers l'orifice réglable d'un vase ouvert, renfermé dans le fluide en pression qui agit sur les organes à graisser.

Il se compose essentiellement :

I. — *De deux vases concentriques*, l'un extérieur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en bronze, supportant toutes les pressions et dépressions ; l'autre intérieur, en cuivre rouge contenant la matière lubrifiante.

II. — *Des passages nécessaires* pour mettre le vase extérieur en communication directe avec les organes à graisser, afin d'y maintenir une pression égale à celle qui agit sur ces derniers.

III. — *D'une tige servant à régler le débit* en ouvrant plus ou moins l'orifice d'écoulement du vase intérieur.

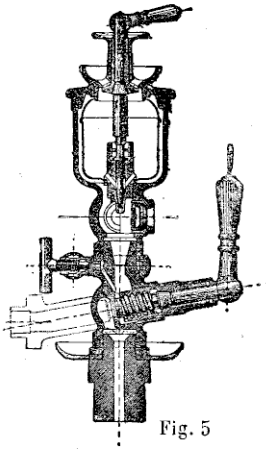


Fig. 5

IV. — *D'un système de regards* permettant de vérifier le débit et dont la nouvelle construction donne toute facilité d'en conserver la parfaite étanchéité. (Les regards sont en cristal de roche, afin de résister à l'action corrosive des huiles et de la vapeur).

V. — *D'un robinet* servant à intercepter la communication entre l'appareil et la machine; sa construction spéciale a pour but d'assurer l'étanchéité et de supprimer l'usure. (C'est ce robinet seul qui varie de forme pour les différents types).

VI. — *D'une purge* intercalée entre le robinet et l'appareil servant à laisser échapper la pression, (le robinet étant fermé) pour permettre le remplissage pendant la marche.

Cette purge peut être fixée dans tous les sens, afin d'occuper la position la plus abordable.

Pour les autres organes de la machine, non en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contact avec le fluide moteur, le problème était plus facile à résoudre. Ces graisseurs se composent tous d'un récipient en verre ou en métal hermétiquement fermé pour mettre à l'abri de la poussière l'huile qu'il contient. Un pointeau conique permet de régler l'écoulement de l'huile qui est rendu visible au moyen d'un système de regards quelconque.

La différence entre ces divers appareils, consiste principalement dans le système de réglage. La figure 6 montre l'un de ces graisseurs (système *J. Hochgesand*) qui est le plus répandu. Le réglage se fait au moyen d'une tige conique à son extrémité qui repose par l'intermédiaire d'un bouton articulé sur un écrou molleté. En vissant ou en dévissant cet écrou on abaisse ou on relève la tige, ce qui diminue ou augmente le débit.



Fig. 6

Il suffit, une fois le débit réglé, de coucher le bouton articulé pour suspendre le graissage, et de le relever à la mise en marche, pour avoir exactement le même débit qu'avant l'arrêt. Cette disposition excessivement simple évite le gaspillage de l'huile. — On peut également sans dérégler le débit, soulever la tige de réglage, ce qui donne momentanément un débit à flot.

Pour les pièces en mouvement, têtes de bielles ou autres, la tige régulatrice est vissée et maintenue au moyen d'un contre-écrou pour éviter que le débit ne se dérègle par la trépidation.

Pour certaines machines, principalement les machines verticales, il devient peu pratique d'avoir un graisseur sur chaque organe. Un récipient unique, comme le montre la figure 7, peut avoir un certain

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nombre de débits réglables séparément et à écoulement visible. L'huile est amenée à l'endroit à graisser au moyen d'un tube. Le récipient est muni d'un tube de niveau et d'une fermeture hermétique, rendant le débit indépendant de la quantité d'huile contenue dans le récipient. — Lorsque les points à graisser sont assez éloignés l'un de l'autre, cette disposition

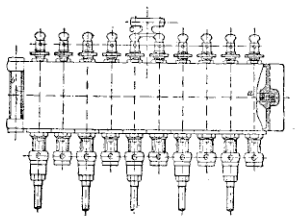


Fig. 7

nécessite de trop longs tubes circulant dans la machine. On emploie dans ce cas une ou plusieurs conduites générales formées d'un tube de fort diamètre et circulant devant la machine ou le groupe de machines. — Des compte-gouttes, toujours à débit visible et réglable, viennent s'appliquer sur ce tube au point le plus accessible et le plus près de l'organe à graisser. — La conduite est en communication avec un réservoir général placé en un endroit quelconque de l'usine. — Cette disposition du graissage général d'une usine produit une économie notable de lubrifiant et de main-d'œuvre. Un seul homme peut, en effet, conduire sans fatigue deux et même trois fortes machines ; tandis qu'avec le graissage à la graisse, il faut un conducteur par machine et le travail est très pénible.

Dans les grandes installations et principalement dans les usines électriques, on dispose le graissage de façon à recueillir l'huile qui a servi pour la filtrer et la faire servir à nouveau.

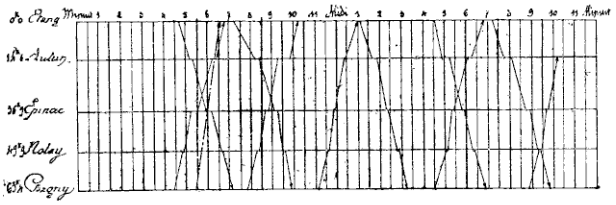
Un graisseur qui fait partie de la catégorie de ceux dans lequel le refoulement et le débit sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réglés par le mécanisme de la machine est le graisseur *Wollerup-Drewdal*. Employé d'abord pour les machines fixes, il commence à se répandre pour l'usage des locomotives sur lesquelles on emploie également le graisseur *Consolin* ainsi que sur les machines de marine.

Graphique des trains. On désigne sous ce nom dans l'exploitation des chemins de fer, une épure sur laquelle le mouvement de tous les trains est représenté par des lignes droites.

La figure ci-dessous représente le graphique de quelques trains de la ligne du P.-L.-M. circulant entre Etang et Chagny, par Epinac.



Pour construire cette épure, on détermine sur un axe horizontal 24 parties égales correspondant aux heures d'une journée. On subdivise ces parties en 2, 3, 4, 6, etc., représentant des intervalles de 30, 20, 15, 10, etc., minutes. Plus les divisions sont petites plus les approximations peuvent être justes.

Sur un axe perpendiculaire au premier on porte des divisions proportionnelles aux distances en rapport avec l'échelle adoptée et on place les stations d'après leur distance réelle en partant du point de départ.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette construction, a l'avantage en menant par les points de division, des droites verticales qui indiquent les heures de la journée et des horizontales qui déterminent les stations, de se rendre compte de la marche des trains.

Ainsi par exemple un train part de Chagny à 4^{h}26' du matin, il arrive à Nolay à 4^{h}57'; il a une minute d'arrêt et repart à 4^{h}58' pour arriver à Epinac à 5^{h}18'; il stationne 12', repart à 5^{h}30' et arrive à Autun à 6^{h}13'; il en repart à 6^{h}24' pour arriver à Etang à 6^{h}50' trajet total avec arrêts 63^{k}4 en 2^{h}24 minutes.

Mais supposons qu'il s'agisse d'établir un train spécial sans pour cela modifier la marche ordinaire, cela est très facile, l'épure du premier coup d'œil le montre. Ce train peut partir le matin de Chagny à 5^{h},28' brûler toutes les stations, profiter de l'arrêt et du garage du train précédent à Autun et arriver avant lui à 6^{h}33' à Etang, trajet total sans arrêt 63^{k}4 en 1^{h}47 minutes.

Voilà dans toute sa simplicité l'établissement des marches de trains.

Dans l'épure ci-dessus il est facile de voir que plus les trains marchent vite, plus les droites indiquant leur mouvement se rapprochent de la verticale.

Grattage. Le grattage consiste à finir de dresser et à durcir des surfaces qui doivent être parfaitement planes tout en leur donnant un joli coup d'œil. Ce travail s'exécute au moyen d'outils de différentes formes appelés *grattoirs*. Il faut également se servir d'un marbre parfaitement plan que l'on enduit d'une légère couche de rouge du côté de la face dressée.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Au lieu d'une surface plane on peut avoir un coussinet à ajuster, dans ce cas c'est la pièce sur laquelle il doit porter, qui doit recevoir la couche de rouge, et je ferai remarquer que ce genre d'ajustage après un alésage à peu près juste est bien préférable à celui à la lime, mais il faut qu'il soit bien fait. On frotte donc le marbre sur la surface à dresser et on le retire, le rouge reste sur les parties en relief et ces parties doivent alors être grattées, on procède de même pour un coussinet.

Pour les pièces finies, les grattages les plus usités sont le grattage en arc de cercle (fig. 1), le grattage quadrillé (fig. 2) et le grattage frisé (fig. 3).

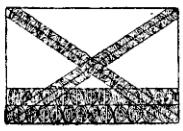


Fig. 1

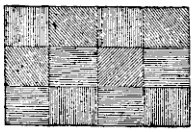


Fig. 2

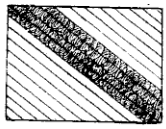


Fig. 3

Pour s'exercer, les premières fois il est bon de tracer au crayon et à la règle des lignes parallèles et des obliques également parallèles, toutes au même écartement, dans les directions que l'on veut donner au grattage, lequel doit être exécuté avec la *plane-grattoir*. Avec un peu d'habitude, de goût et d'attention, au bout d'un certain temps on peut se passer du traçage.

Grattoir. Pour terminer le dressage des surfaces une fois qu'elles sont bien finies à la lime, et faire disparaître la plus petite des aspérités, ou faire des cavités sur les pièces à frottement pour l'huile, ou égaliser ces cavités lorsqu'elles ont été faites au bec-d'âne arrondi, on se sert d'outils auxquels on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donne le nom de *grattoirs*. Ils n'ont pas de dimensions précises, ni de forme bien déterminée, c'est un peu le besoin et l'intelligence de l'ouvrier qui doivent le guider. A part le grattoir triangulaire qui se fait généralement en affûtant un vieux tiers-point, pour les confectionner on les prend soit dans des rognures d'acier ou dans la barre. Ils doivent être trempés le plus dur possible, affûtés et passés à la pierre à l'huile.

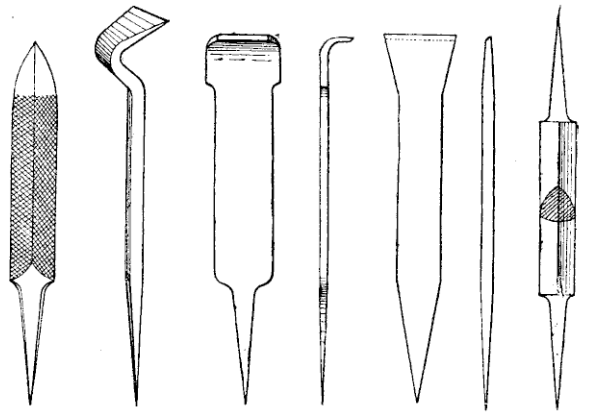


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4 Fig. 5

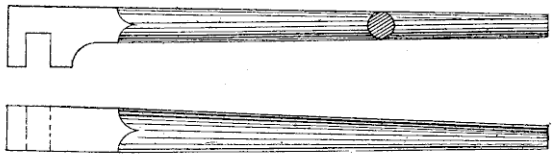
Les plus employés sont : les *grattoirs triangulaires* (fig. 1 et 5), le *grattoir à crochet* (fig. 2), la *plane-grattoir* ou *grattoir plaie* ou *plat cintré* (fig. 3), et le *grattoir plat droit de droite et de gauche* (fig. 4).

Grès. Le *grès* est une pierre à petits grains, aussi, en morceaux assez gros, est-il employé comme la brique à frotter les outils après la trempe afin de les nettoyer de façon à mieux distinguer la couleur de leur revenu. En poudre et chauffé il est utilisé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour faire revenir les pièces préalablement trempées. Un pavé, un morceau de vieille meule, ou une brique réfractaire chauffés au rouge sur un feu de forge et pilés, peuvent à son défaut donner le même résultat.

Griffe. La griffe est un outil destiné à dégauchir les pièces mécaniques, bielles, barres d'excentriques,



leviers de toutes sortes, etc., etc. Elle se fait toujours en fer et on lui donne des dimensions en rapport avec le travail le plus courant à faire.

Grippement. Malgré tous les soins apportés dans l'ajustage des pièces et dans le graissage, il arrive très souvent que les surfaces en mouvement qui sont en contact, s'échauffent à tel point qu'elles se soudent presque l'une à l'autre en provoquant des mâchements de métal auxquels on donne le nom de *grippements*. Les causes sont quelquefois très difficiles à déterminer, mais elles n'échappent guère à un homme exercé véritable praticien. Pour éviter dans la mesure du possible ce que je viens d'expliquer, il faut d'abord commencer par ne pas faire travailler l'une sur l'autre deux parties d'égale dureté, et ensuite avoir un graissage suffisant sans être exagéré.

Grue. La *grue* est un appareil destiné à élever des fardeaux et à les transporter d'un point à un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

autre en leur faisant décrire une circonférence de cercle. Que l'on se représente une charpente en bois, en fer ou en fonte, composée d'un axe vertical et d'une sorte de poutre armée en porte-à-faux qui puisse être animée d'un mouvement de rotation, soit sur une crapaudine, soit sur des collets ou tourillons, soit dans des manchons et l'on aura toutes les parties essentielles qui composent la charpente d'une grue.

La seconde partie constituante d'une grue est le mécanisme, ce dernier peut être assimilé à celui des treuils ordinaires.

La grue représentée par la figure 1, est une grue fixe à pivot, de la force de 5000 kilogrammes, la *flèche* A est formée de deux fers en I reliés par des entretoises. Le *pivot* également se compose de deux fers en I juxtaposés. Le treuil est à 2 vitesses avec chaîne *Galle*.

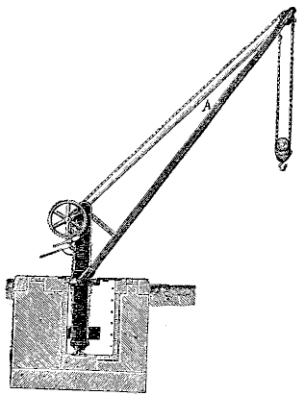


Fig. 1

La figure 2 représente une grue roulante et tournante ordinaire avec un contrepoids, lequel dans certains types est mobile et automoteur.

Le frein à *ruban* trouve son application dans ce genre de grue.

La figure 3 représente une grue roulante et tournante de la force de 2 tonnes, construite par M. *Decauville*.

Cette grue a 3 mètres de portée, elle est montée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur un truc articulé à 8 roues, système américain, pour passer sur les plaques tournantes avec flèche

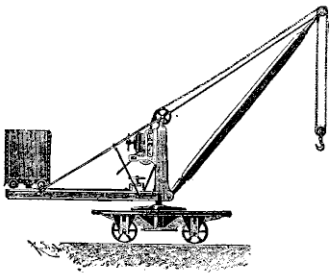


Fig. 2

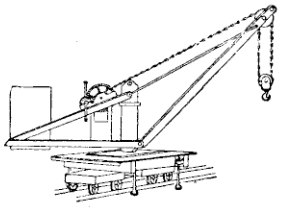


Fig. 3

métallique et corps en fer et fonte, roues et crapaudines en acier, avec treuil *Mégy Echeverria*, à régulateur automatique de vitesse à la descente, sans retour de manivelles, elle est également munie de 4 vérins pour la caler au moment d'un levage.

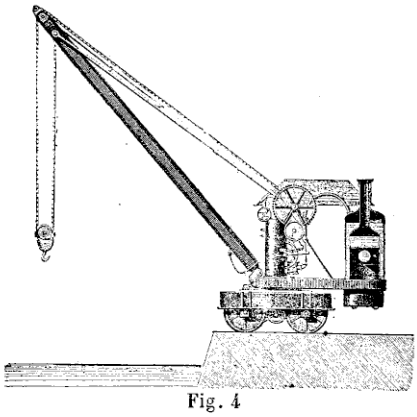


Fig. 4

La figure 4 représente une grue locomobile à vapeur. Sa machine qui est à deux cylindres et à changement de marche, est de la force de 7 poncelets 1/2 (10 chevaux). Son générateur est vertical et à bouilleurs croisés.

La grue à *action directe* désignée plus communément sous le nom de grue *Chrétien*, du nom de son inventeur est celle représentée par la figure 5. Sa flèche se compose d'un long cylindre à vapeur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans lequel se meut un piston prolongé par un bras en tôle. Des poulies se trouvent disposées, comme l'indique la figure. La chaîne qui s'engage sur ces poulies est mouflée à quatre brins.

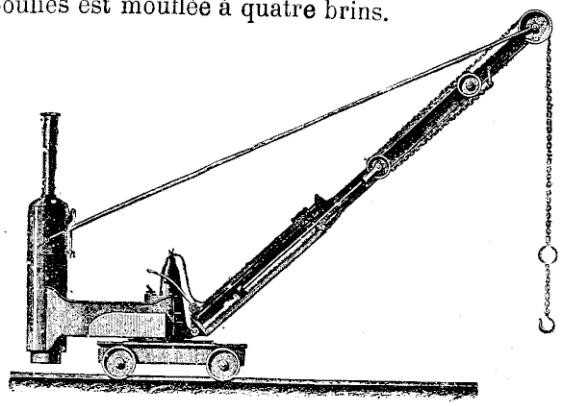


Fig. 5

Lorsque la vapeur pousse le piston de haut en bas, il exerce une certaine traction sur la chaîne et allonge les quatre brins. Alors le fardeau qui est suspendu au crochet effectue une course quatre fois plus grande que le piston et le mouvement dans ce cas est l'inverse de celui du palan ordinaire.

Le frein dans ce système, est remplacé par la résistance de la vapeur qui a servi à la levée. Les organes de la distribution sont disposés de façon que quand l'on veut faire descendre le fardeau, ce dernier pousse la vapeur et la chasse sous le piston au fur et à mesure de la descente.

L'échappement ne se fait à l'air libre que quand l'introduction de la vapeur sur le piston a lieu pour lever une nouvelle charge.

Je citerai encore, mais comme memoire, les grues hydrauliques et électriques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

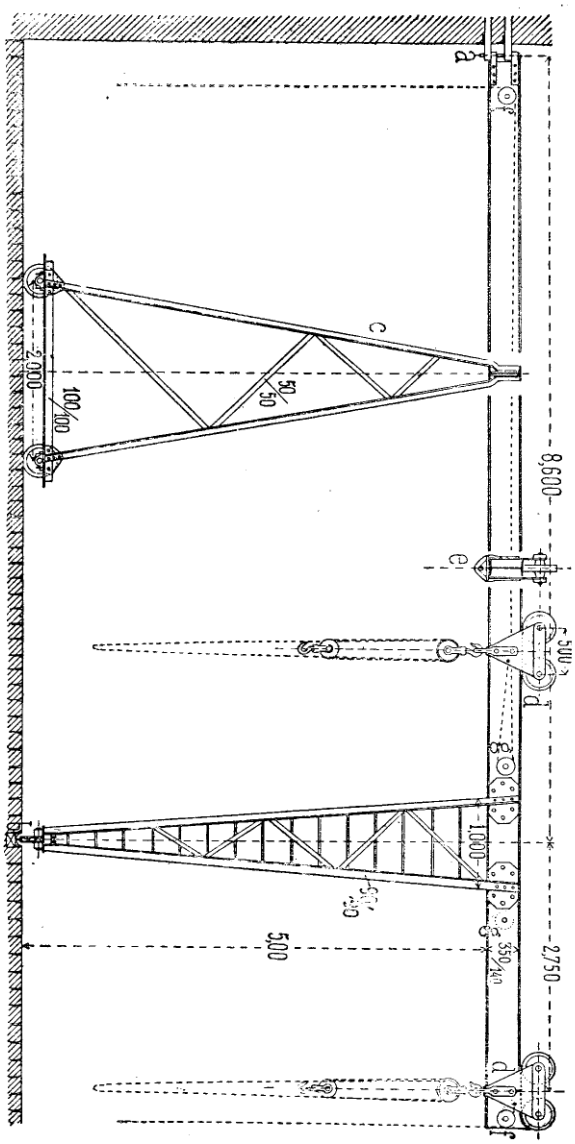


Fig. 6

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour des charges modérées, on fait avec les palans d'excellentes grues, très simples, en suspendant le palan à un chariot roulant sur un fer à I, qui peut être lui-même mobile sur pivot, ou sur galets pour former pont roulant. La figure 6 représente une grue de ce genre, pour atelier. La grue pivote autour du boulon *a*, dont les charnières doivent être solidement ancrées dans un mur, et roule sur un rail circulaire *b*, posé dans le sol. La barre à I qui forme la volée, est supportée, outre le pivot, par une béquille (représentée de profil en *c*) en forme de tétraèdre, composée de quatre cornières, entretoisées en zigzag par des cornières plus petites. L'un des côtés porte des échelons. Les deux roues, à la base de la béquille, sont prises dans un cadre en cornières, et orientées sur le pivot *a*. Sur chacune des parties de la volée roule un chariot *d*, en fer et tôle, à deux galets, représenté de profil en *e*; aux chariots sont suspendus des palans différentiels de 3000 kilogrammes. La manœuvre des chariots s'effectue, pour chacun d'eux, par une chaîne, dont les deux bouts sont attachés au chariot, un de chaque côté; l'un des brins passe sur une poulie de renvoi *g*, et les deux passent sur des poulies *f*, puis descendent à portée de la main. L'espace desservi est un secteur de 11^{m},35 de rayon, autour du pivot *a* (généralement un demi-cercle), et la hauteur, sous les crochets des palans est d'environ 4 mètres.

On peut aussi fixer le palan dans la grue, en faisant passer la chaîne de levage sur la poulie de la volée; le palan joue alors le rôle d'un treuil, en conservant ses caractères de sécurité. La figure 7 représente une grue applique en fer, installée de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sorte. On voit que la chaîne de levée, en quittant la noix du palan, coule dans un tube en fer, cintré en col de cygne de manière que la chaîne fasse un demi-tour sur la noix, condition indispensable.

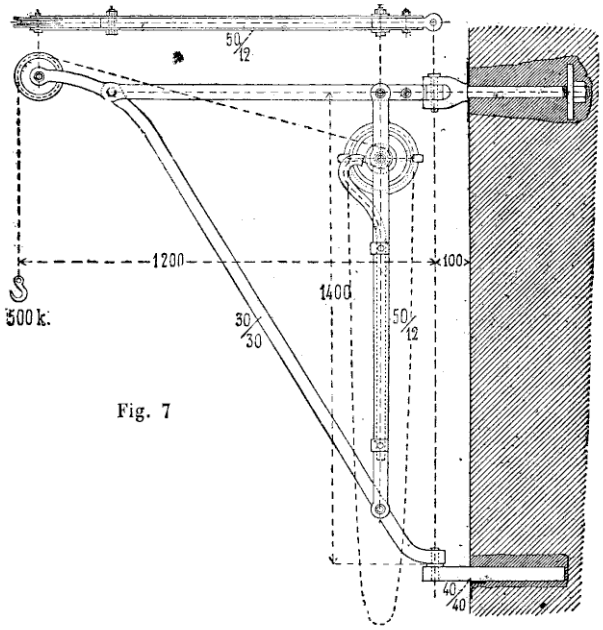


Fig. 7

(Pour plus de détails, voir *Notes et Formules* de Cl. De Laharpe).

Les manœuvres à la grue doivent toujours être faites avec calme et avec beaucoup d'attention, pour éviter les accidents qui peuvent survenir par suite de la rupture d'une chaîne ou d'autres pièces, et le graissage des pièces mobiles ne doit être négligé sous aucun prétexte.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

H

Hélice. Depuis déjà assez longtemps la propulsion des bâtiments est produit, non plus par des roues à palettes agissant comme des rames, mais par une *hélice* placée à l'extrémité de la quille, immédiatement avant le gouvernail.

Cette hélice dont la figure 1 nous représente un type, se compose essentiellement d'un axe horizontal muni d'un large filet héliçoïdal. La vis, c'est l'hélice et l'eau lui sert *d'écrou.* Mais comme l'écrou n'est pas fixe et qu'il s'en suit que la progression n'est pas aussi rapide pour ce motif, il est nécessaire d'imprimer à l'hélice un mouvement de rotation très rapide.

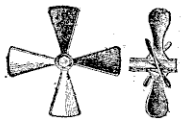


Fig. 1

Les premières hélices employées (fig. 2) étaient pour ainsi dire de véritables vis, leur pas était égal à leur diamètre. *Sauvage* et *Smit* firent des modifications qui furent mises en pratique par les anglais.

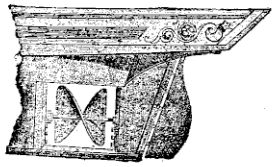


Fig. 2

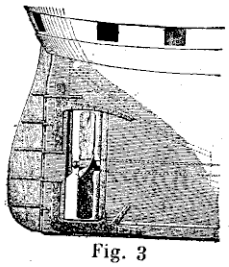


Fig. 3

L'hélice se place à l'arrière du bâtiment comme l'indique la figure 3 dans un espace laissé libre entre la coque et le gouvernail.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quant aux formes que reçoivent les hélices, elles varient beaucoup suivant les pays et suivant les constructeurs.

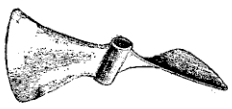


Fig. 4

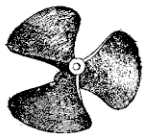


Fig. 5

En France on fait beaucoup usage de l'hélice à deux ailes (fig. 4); à trois ailes (fig. 5); à quatre ailes (fig. 1) et des hélices *Mangin* à deux ailes doubles qui se composent comme dans la figure 1, de quatre surfaces héliçoïdales, seulement au lieu d'être déployées en éventail tout autour de l'axe, elles sont placées deux à deux, l'une derrière l'autre.

Sur les bâtiments en bois les hélices sont en bronze parce que cet alliage n'est pas rongé par l'eau de mer; mais sur les bâtiments en fer, on le fait presque toujours en fonte de fer parceque, quand du bronze et du fer se trouvent plongés dans l'eau à peu de distance l'un de l'autre, le fer est rongé avec une grande rapidité.

Dans les deux cas, les hélices sont coulées dans des moules en sable ou en terre comme les pièces ordinaires et sont généralement d'un seul morceau. Lorsqu'elles sont grandes, on trouve prudent de couler à part le moyeu et les ailes.

Dans les fonderies, il faut s'attacher à obtenir dans les hélices des surfaces aussi lisses que possible, pour que l'eau y glisse facilement. Il est bon que le sommet supérieur des ailes soit toujours immergé d'au moins 50 à 60 centimètres, car toutes choses égales d'ailleurs, l'hélice imprime une plus grande vitesse au navire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En général il n'y a qu'une hélice par navire, dans ce cas, son axe est situé dans le plan longitudinal de ce dernier. S'il y en a deux, les arbres de couche traversent alors les flancs du navire de chaque côté du plan longitudinal symétriquement, par rapport à ce plan, et toutes les deux sont à la même hauteur.

Les dispositions pour fixer l'hélice étant très variables je n'en parlerai pas dans cet ouvrage ce qui m'entraînerait trop loin et me ferait sortir du cadre que je me suis tracé.

Hélice (manière de tracer une). L'hélice se compose essentiellement d'un axe horizontal, armé d'un large filet héliçoïdal.

Pour tracer pratiquement une hélice il suffit de connaître le pas, le diamètre, le nombre d'ailes et la fraction du pas.

Exemple : Nous prenons une hélice qui a $0^m,600$ de diamètre, un pas de $1^m,200$, une fraction de pas de $0^m,30$ et le nombre d'ailes = à 4. On cherche d'abord la fraction de pas pour chaque aile, pour cela on multiplie le pas, par la fraction de pas totale et on divise par le nombre d'ailes ce qui donne donc : $1,200 \times 0,30 : 4 = 0,090$ pour la hauteur de chaque aile :

Pour avoir la largeur des ailes aux extrémités, on fait le développement de la circonférence extérieure, on le multiplie par la fraction de pas totale et on divise par le nombre d'ailes, ce qui donne :

$$\frac{0,600 \times \pi \times 30}{4} = 0,141372$$

pour la largeur aux extrémités de chacune des ailes.

La même opération se fait pour chaque diamètre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

auquel on fait une section : On en fait une à la racine des ailes, à l'extrémité, et 2 ou 3 entre ces dernières.

L'épaisseur à l'extrémité est de 10 millimètres pour les petites hélices, 15 pour les moyennes et 20 pour les grandes, l'épaisseur à la racine est égale au rayon de l'arbre de même que l'épaisseur du moyeu.

Huiles. Les *huiles* qui font partie d'une des classes des corps gras se rencontrent aussi bien dans les animaux que dans les végétaux, c'est pourquoi on peut les classer en deux catégories bien distinctes, l'huile animale et l'huile végétale.

Dans les *huiles animales* les plus employées sont celles de pied de mouton, celle de pied de bœuf et de saindoux, pour le graissage des pièces à frottement doux, ces dernières peuvent être employées telles quelles en été, mais, en hiver surtout il est bon de leur ajouter un douzième environ de pétrole ou d'essence minérale pour les avoir liquides. On rencontre encore des huiles provenant de graisses de différentes natures, mais qui ne servent qu'à des graissages peu délicats et dont il faut autant que possible ne pas se servir pour obtenir un bon entretien dans les pièces de machines.

Les *huiles végétales* proviennent plus spécialement de certaines semences, telles que celles du lin, du pavot, de la navette, du colza, etc. On en trouve également dans les parties charnues des fruits, tels sont ceux de l'olivier, du cornouiller, etc.

L'huile de lin est ordinairement employée à la préparation du minium et se mélange aussi à la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

graisse employée à préserver les pièces polies de l'oxydation.

L'huile d'olive exposée à l'action de l'air, s'altère, rancit mais ne s'épaissit pas, tandis que d'autres analogues et dans les mêmes circonstances, s'épaississent de telle sorte qu'elles se solidifient. C'est cette différence, qui a motivé une subdivision des huiles en *siccatives* et *non siccatives*. Le produit de cette altération est, pour les huiles non siccatives un acide qui a une odeur désagréable et qui irrite la gorge; pour les huiles siccatives, c'est la formation d'une véritable résine.

L'huile d'olive ne peut bouillir sans se décomposer c'est pourquoi en la faisant chauffer quelques instants, les parties nuisibles s'évaporent et ce qui reste peut être employé avec sécurité.

Sans entrer dans des essais qui sont du domaine de la chimie pour reconnaître les bonnes huiles, je dirai tout simplement qu'en nettoyant avec tout le soin désirable, un tourillon et son coussinet fonctionnant dans de bonnes conditions à une vitesse d'environ 1200 tours à la minute; il n'y a qu'à alimenter le graissage pendant une heure avec l'huile que l'on veut essayer. Elle ne doit produire ni cambouis, ni échauffement. En procédant de même pour différents échantillons, il est facile de se rendre compte de celle que l'on doit adopter, seulement, il est à remarquer que ces essais doivent être faits sérieusement sans aucune négligence et avec beaucoup d'attention.

Quoique l'huile d'olive n'échappe pas à l'action de l'air, néanmoins elle est une de celles qui se conservent le plus longtemps, sans devenir visqueuse. Aussi est-elle employée de préférence en petite mécanique

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

après l'avoir purifiée. A cet effet on verse l'huile dans une bouteille où se trouve une lame de plomb, le vase bien bouché est exposé au soleil; peu à peu l'huile se recouvre d'une matière caséiforme qui plus tard se dépose. Dès que le dépôt paraît s'arrêter, on décante l'huile devenue limpide et incolore, et on peut l'employer.

Les huiles végétales peuvent servir à tremper les pièces délicates ou à tarauder, à fileter, etc., etc.

Le graissage intérieur des cylindres et tiroirs des machines à vapeur se fait, comme je l'ai déjà expliqué précédemment, à l'aide de graisseurs extérieurs, lesquels sont : *ordinaires*, c'est-à-dire que pour graisser il faut ouvrir soi-même le graisseur; ou *continus*, c'est-à-dire que ces graisseurs fonctionnent constamment, laissant tomber l'huile dans les cylindres d'une façon régulière : ils sont en un mot automatiques.

Pour les graisseurs ordinaires, l'huile peut être épaisse, très consistante même; tandis que, pour les graisseurs continus, elle doit être relativement liquide, puisque la goutte d'huile doit s'échapper constamment et d'elle-même.

Tout industriel, possédant une machine à vapeur doit évidemment faire usage d'un graissage quelconque pour le cylindre : les uns emploient du suif, d'autres des huiles végétales ou animales, tous produits dégageant des acides gras au contact de la vapeur.

Il n'en est pas de même avec l'*Oléovalvo pour cylindres*, qui est un produit minéral pur et chimiquement neutre; ce graissage est assez bon, non seulement à cause de ses propriétés lubrifiantes, mais aussi au point de vue économique, tant dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la dépense du graissage que dans l'entretien du matériel.

Une huile excellente pour le graissage de tous mouvements en général, machines à vapeur, transmissions, etc., et recommandée pour les presses d'imprimerie, est l'*oléovalvo pour machines*.

On désigne sous le nom de *compound* une huile combinée, absolument neutre, spéciale pour les machines tournant à grande vitesse, telles que : turbines, machines à scier bois et métaux, raineuses, raboteuses, dans les moulins pour les pointes de meules, etc., etc; elle est un bon graissage pour les machines et transmissions, et de plus est économique.

Elle est incongelable, et, par ce fait, constitue une excellente huile d'hiver.

L'*Huite de naphte russe*. — Densité 910-912 — s'emploie pour grosses machines, tous mouvements lourds et transmissions d'un fort diamètre; elle a une très grande viscosité.

— Densité 905-907.— Cette qualité est la plus employée; son usage est assez répandu : elle convient pour tous mouvements, machines à vapeur, machines-outils, transmissions, etc.; elle ne congèle qu'a 24 degrés au-dessous de zéro.

— Densité 898-900. — Cette huile est spéciale pour le graissage des broches de filature, métiers à tisser, et tous mouvements légers tournant à grande vitesse.

— Densité 885-890 et 865-870.— Ces deux huiles ont peu de viscosité; elles s'emploient spécialement pour mélanger avec des huiles animales et végétales, elles trouvent aussi leur emploi dans les briqueteries pour le démoulage; elles servent égale-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment pour la trempe des métaux, en un mot partout où une huile de peu de viscosité est nécessaire.

— Densité 910-912. — Huile noire, uniquement destinée aux graissages communs, tels que wagons, wagonnets, boîtes d'essieux, de tramways, etc.; elle s'emploie aussi au graissage des machines à vapeur pour lesquelles on ne tient pas à une grande propreté.

Pour les moteurs à gaz, on doit employer des huiles *spéciales* très fines, absolument neutres et très lubrifiantes.

L'*Huile Oleovalvo White-Oil* est blanche; elle est spéciale pour les machines à coudre, armes, métiers à tulle, etc.. etc.; enfin toutes les machines fines et de précision.

L'*huile minérale consistante* est une graisse spéciale pour graisseurs à compression; elle doit être chimiquement neutre; ne jamais se congeler, et résister aux plus hautes températures.

Jusqu'ici ce produit n'avait été fabriqué que par les Allemands; en France, on est arrivé à l'obtenir plus concentré avec un pouvoir lubrifiant bien supérieur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

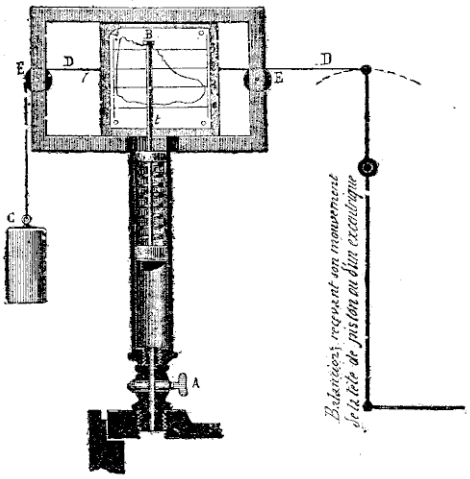
I

Indicateur de Watt. Il est très important de connaître la valeur réelle de la pression de la vapeur pour chacun des points de la course du piston, afin de se rendre un compte aussi exact que possible du mode de fonctionnement d'une machine à vapeur. Il est impossible d'employer pour cela les *manomètres* dont on se sert pour les générateurs; en effet la pression de la vapeur contenue dans le cylindre variant d'un point à l'autre de la course du piston, et cette course durant très peu de temps, l'aiguille d'un manomètre mis en communication avec un cylindre à vapeur serait continuellement animée de mouvements oscillatoires excessivement rapides auxquels on ne verrait absolument rien du tout. C'est pourquoi on emploie à cet effet un certain nombre d'appareils parmi lesquels est à remarquer un petit instrument très simple appelé *indicateur* de *Watt* ou simplement *indicateur*. Cet appareil se compose d'un cylindre ordinairement en bronze, dans lequel se meut à frottement très-doux un piston muni d'une tige *t*. Ce piston est fixé à l'une des extrémités d'un ressort à boudin, dont l'autre extrémité est attachée au couvercle de l'appareil.

La partie inférieure de ce dernier est munie d'un robinet A, et on la fixe directement au moyen d'un tuyau ou d'une tubulure quelconque à l'extrémité du cylindre ou sur l'un des fonds. L'extrémité B de la tige du piston est disposée de façon à pouvoir recevoir un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

crayon, dont la pointe vient frotter contre une feuille de papier collée sur une planchette (ou fixée sur cette dernière avec des punaises), laquelle coulisse dans un cadre et reçoit un mouvement de va et vient comme l'indique la figure, de telle sorte que le chemin décrit par la planchette est proportionnel à celui que parcourt le piston. Il est nécessaire que l'appareil possède un contrepoids C qui tend toujours à ramener la planchette à l'opposé du



mouvement que lui imprime la cordelette D qui passe dans des poulies à gorge EE. Je ferai remarquer qu'à la place d'une planchette on peut disposer un tambour qui reçoive un mouvement de rotation transmis d'une façon quelconque par l'arbre moteur lui-même.

Supposons l'indicateur adopté à l'une des extrémités du cylindre et le robinet A fermé. Le ressort sera alors sous tension, et le crayon tracera sur la planchette une ligne droite appelée *ligne atmosphé-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rique parcequ'alors la pression de l'atmosphère s'exerce sur les deux faces du piston. Si maintenant on vient à ouvrir le robinet A, et si par exemple à cet instant la pression de la vapeur contenue dans le cylindre est supérieure à la pression atmosphérique, le piston va s'élever et comprimer le ressort jusqu'à ce que sa force élastique fasse équilibre à la différence de pression qui s'exerce sur les deux faces du piston. Si au contraire la pression de la vapeur est inférieure à la pression atmosphérique, le piston va s'abaisser et allonger le ressort jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre sa force élastique et la différence de pression qui s'exerce sur les deux faces du piston.

Le crayon occupera donc à chaque instant une hauteur variable dépendant de la pression de la vapeur et de la position du piston dans le cylindre de la machine et l'ensemble de ses positions donnera un courbe fermée appelée *diagramme*.

Sur la figure il est facile de voir qu'aussitôt que le piston s'élève du fond du cylindre la pression monte brusquement atteint son maximum; qu'environ à moitié course elle est réduite, et qu'à fin de course elle est réduite tout à fait, le piston revient ensuite sur lui-même dans cet état et reprend ensuite sa marche en avant.

Injecteur. L'alimentation des chaudières au moyen de pompes absorbant une partie du travail moteur, et les appareils étant sujets à se déranger, par la présence d'un corps étranger très petit qui peut empêcher le jeu des clapets, on les remplace très avantageusement par l'INJECTEUR AUTOMOTEUR, inventé par un Français, M. GIFFARD.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cet appareil est fondé sur la propriété que possède la vapeur d'eau en s'écoulant par un tube de forme convenable, d'aspirer l'eau, et de lui imprimer, en se condensant, une vitesse assez considérable pour que le mélange puisse s'introduire dans la chaudière, malgré la pression intérieure.

Cet appareil (fig. 1) est tout entier en bronze ou bien le corps en fonte et les accessoires en bronze. La vapeur sortant de la chaudière arrive, par le tuyau V et pénètre dans le tuyau CDC'D' par les trous *t*; elle s'échappe avec une grande vitesse par l'extrémité O de ce tuyau terminée en pointe, et grâce à cette vitesse, elle aspire et entraîne avec elle l'eau d'alimentation qui arrive par le tuyau A. Le mélange d'eau et de vapeur ainsi animé d'une grande vitesse continue son chemin dans l'appareil en passant par les tuyaux X et Y évasés en sens contraire l'un de l'autre, toujours grâce à sa vitesse, elle soulève la soupape Q et pénètre dans la chaudière par le tuyau Z malgré la pression qui règne dans cette dernière.

On règle l'arrivée de l'eau et de la vapeur au moyen des poignées L et M; en tournant la première, on augmente ou on diminue le passage annulaire *mn* par lequel arrive l'eau ; en tournant la deuxième, on fait avancer ou reculer la tige F qui bouche plus ou moins l'orifice O par lequel passe la vapeur. En manœuvrant convenablement ces deux tiges, on met l'appareil en train ou, pour parler plus pratiquement, on l'*amorce*. Pour surveiller sa marche, on regarde par les orifices *r* le jet d'eau et de vapeur qui circule dans l'appareil; ces orifices peuvent se boucher au moyen de la douille P qui glisse à volonté le long de la portée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindrique UU'. Il faut que la section annulaire de passage d'eau comprise entre la tuyère et la cheminée, soit convenablement réglée, car elle doit varier avec la pression de la vapeur et avec la température de l'eau d'alimentation. La section peut être trop considérable, ce qui se reconnaît à l'excès d'eau qui sort par le trop plein ; ou la section est trop petite et alors il n'arrivera pas assez d'eau pour conden-

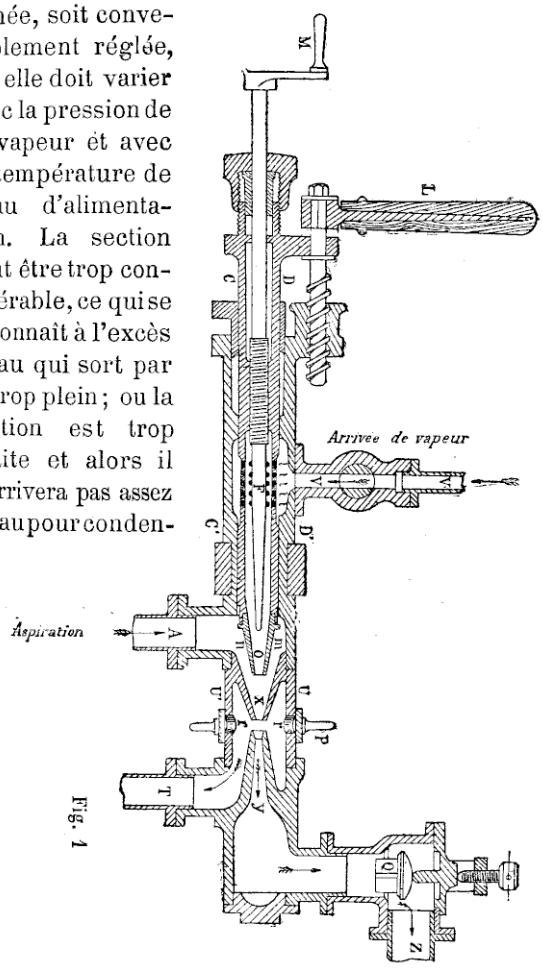


Fig. 1

ser la vapeur, et celle-ci prenant le dessus, refoule

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'eau en dehors du tuyau d'aspiration et s'échappe ainsi par le trop plein. Dans l'un et l'autre cas, il faut agir sur la poignée L pour rapprocher ou éloigner la tuyère de la cheminée. On reconnaît aisément que l'injecteur fonctionne à un sifflement particulier qu'il fait entendre. Le seul inconvénient connu de cet appareil est de ne pas pouvoir marcher lorsqu'il est alimenté par de l'eau chaude. Il fonctionne d'autant mieux que l'eau qu'on lui fournit est plus froide. Lorsqu'il se désamorce, l'eau d'alimentation au lieu d'aller à la chaudière s'échappe alors par le tuyau de trop plein T. La soupape Q a pour but d'empêcher, dans ce cas, l'eau de la chaudière de se précipiter au dehors. On a remarqué qu'il était moins sujet à se désamorcer quand le réservoir d'eau d'alimentation était situé au-dessus du tuyau A, de façon que l'eau arrive seule à l'appareil sans avoir besoin d'être aspirée; aussi est-il nécessaire, si cela se peut, de prendre cette précaution.

L'injecteur doit être entretenu proprement, avoir soin de ne jamais le laisser s'échauffer, éviter les fuites, et s'il s'en produit, en profiter pour le démonter, le nettoyer intérieurement avec soin, enlever tout le tartre qui peut s'être formé, vérifier l'aiguille sur le tour, remonter et faire les joints. De cette façon on sera certain de ne pas s'exposer à un arrêt brusque en marche provoqué le plus souvent par un mauvais entretien de l'appareil.

Un injecteur aspirant encore très en usage est l'INJECTEUR TURCK (fig. 2) qui a beaucoup d'avantage sur le précédent en ce sens que le piston et ses garnitures sont supprimés, une manœuvre facile et un fonctionnement assuré, l'eau d'alimentation pouvant être employée à une température plus élevée,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et en plus de ce qui précède un prix de revient et de frais d'entretien bien inférieurs.

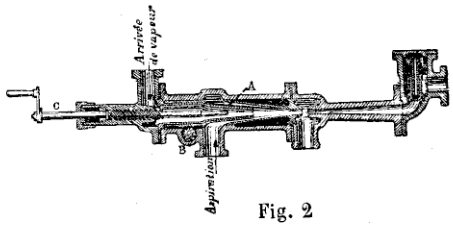


Fig. 2

Fonctionnement de l'appareil.

1° Ouvrir le robinet de prise de vapeur;

2° Ouvrir le régulateur d'eau A de la quantité nécessaire au moyen du pignon B;

3° Reculer l'aiguille C d'une petite quantité de façon à donner passage à la vapeur.

Ceci fait, on ouvre le passage de la vapeur jusqu'à ce que le sifflement particulier déjà signalé pour l'injecteur précédent se produise.

L'INJECTEUR ASPIRANT VABE (fig. 3) est encore un très bon appareil tant au point de vue de

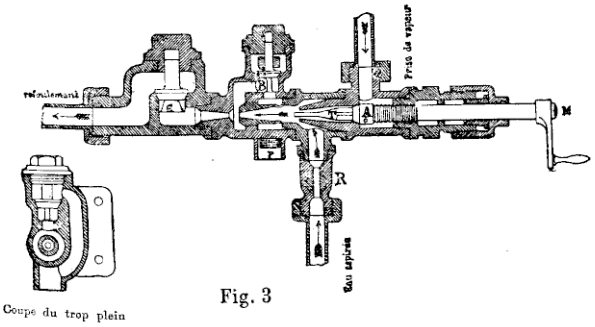


Fig. 3

Coupe du trop plein

son bon fonctionnement, que par la modicité de son prix de revient; il est employé assez avantageuse-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment pour les locomotives, les chaudières fixes, locomobiles ou marines.

Lorsque l'on ouvre la soupape A au moyen de la manivelle M, la vapeur s'échappant autour de la tige T soulève la soupape B et se rend dans l'air libre par le trop plein P.

Deux espaces de dégagement qui communiquent au trop plein permettent au jet de vapeur de ne jamais refouler dans le tuyau d'aspiration et d'éviter ainsi les ratés. Cette vapeur dans son passage rapide aspire l'air et fait le vide dans le tuyau d'aspiration. L'eau d'alimentation, énergiquement aspirée, entre dans la chaudière en repoussant le clapet C dès que la soupape A est suffisamment ouverte. Pendant le fonctionnement de l'injecteur, la soupape B, appuyée sur son siège par l'effet du vide, empêche le jet d'entraîner avec lui une certaine quantité d'air dans la chaudière et assure à l'appareil une marche supérieure.

Mise en marche. — Faire un tour de manivelle attendre une seconde et lorsque l'eau est arrivée, ouvrir graduellement la soupape de vapeur A jusqu'à, ce qu'il ne sorte plus d'eau par le trop plein P.

Cas des basses pressions. — S'il sort de l'eau par le trop plein P, lorsque la soupape A est retirée complètement, fermer graduellement le robinet d'eau R jusqu'à ce que cesse l'écoulement.

Je citerai comme mémoire celui connu sous le nom d'INJECTEUR UNIVERSEL KŒRTING qui tend à se répandre de plus en plus.

Un injecteur assez en faveur en Autriche est celui de FRIEDMANN que je cite simplement n'étant guère employé en France.

Tous les injecteurs se construisent verticalement,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

horizontalement, à droite ou à gauche, suivant leur mise en place, le principe est le même, le modèle seul varie.

Un appareil d'alimentation économique et d'une conduite facile, est l'ALIMENTATEUR CHIAZZARI, très employé en Italie, qui permet d'utiliser l'eau portée à une température d'environ 95° au moyen de la vapeur d'échappement.

Cet appareil est tout simplement composé d'un corps de pompe dans lequel fonctionne un piston muni d'une forte tige et qui produit par deux diamètres différents un volume plus grand à l'arrière qu'à l'avant. Le corps de cette pompe peut être mis en communication au moyen de soupapes à boulets, correspondant à des conduites différentes, avec le réservoir d'eau d'alimentation, avec la vapeur qui proyient de l'échappement, et avec l'intérieur de la chaudière.

L'eau qui se trouve aspirée et refoulée par la même face du piston est directement envoyée dans un espace désigné sous le nom de *condenseur* et revient ensuite derrière le piston. Le volume de l'eau étant plus petit que le volume d'air laissé libre, il se produit forcément un vide qui a pour conséquence d'aspirer la vapeur d'échappement qui arrive avec une grande vitesse. Cette dernière au contact du liquide froid se condense en l'échauffant, et forme un mélange qui est refoulé dans la chaudière.

Le mouvement du piston de la pompe est communiqué au moyen d'un excentrique et de leviers.

La pompe Chiazzari est utilisée en France par la Compagnie des Chemins de fer du Nord.

Il existe encore des systèmes anglais et autres qui sont excellents, mais qu'il serait trop long d'énumérer dans cet ouvrage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J

Jauge. La *jauge* est un instrument qui sert à prendre ou à relever des mesures,

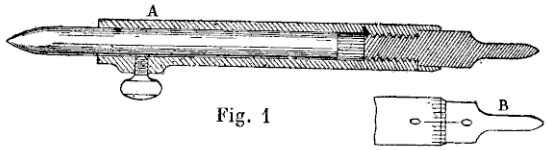


Fig. 1

La *jauge mobile d'intérieur* (fig. 1) est indispensable au tourneur pour faire des alésages ou reproduire avec fidélité ceux déjà existants, destinés à faire des emmanchements à froid, à chaud, à la presse hydraulique et pour véifier le fond des filets intérieurs, etc. La plus grande circonférence de la pointe mobile A, est divisée en 20 parties égales, pouvant correspondre à un trait tiré sur la douille B. Le pas du filetage doit être de 1 millimètre, chaque division dans ce cas correspond à un vingtième de millimètre. Plus le pas est grand, plus le nombre de divisions augmente pour obtenir le même résultat.

Cet outil doit être fait avec tout le soin désirable et son filetage qui doit être sans jeu attirer spécialement l'attention. Il peut être en acier et alors les pointes seront trempées bleu.



Fig. 2



Fig. 3

La figure 2 représente une jauge d'*intérieur* de *précision* et la figure 3 une jauge *d'extérieur* éga-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lement de *précision* et dont le principe est le même que celui de la figure 1.

Dans le cas ou la jauge au un vingtième n'est

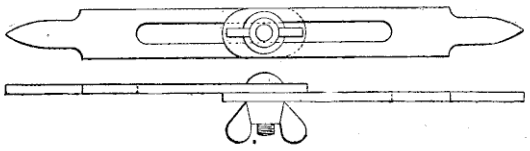


Fig. 4

pas nécessaire on peut employer la *jauge à coulisse* (fig. 4) faite de deux parties semblables en tôle, réunies au moyen d'un boulon à collet allongé et muni d'une rondelle et d'un écrou papillon.

Les tréfileurs ont spécialement à déterminer le numéro des fils, pour cette opération ils se servent d'un disque d'acier auquel on donne le nom de *Jauge Pétrement* dite *jauge de Paris* (fig. 5) sur le pourtour duquel on a fait des entailles rectangulaires qui sont désignées par des numéros. Un fil de fer appartient à un numéro, quand il peut entrer dans l'entaille qui lui correspond.

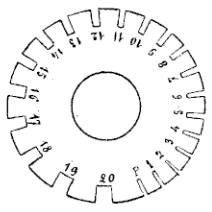


Fig. 5

Les Numéros	P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Correspondent en dixièmes de millimètre à	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	27	30	34	39	44

Les numéros de la *jauge millimétrique* (1874) expriment le diamètre en dixièmes de millimètre. Ainsi 55 vaut 5,5 millimètres; 3,5 vaut 0,35 millimètres, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La jauge anglaise contient 27 numéros dont le 0 correspond à un diamètre de 8 millimètres et le numéros 26 à un demi millimètre. Le numéro 1 de cette jauge a 7 millimètres de diamètre, et le numéro 3 a 6 millimètres et demi.

La jauge de Paris remplace celle de *Limoges* qui était faite suivant les anciennes mesures pouces et lignes.

Au lieu d'un disque en acier on peut employer la jauge droite (fig. 6).

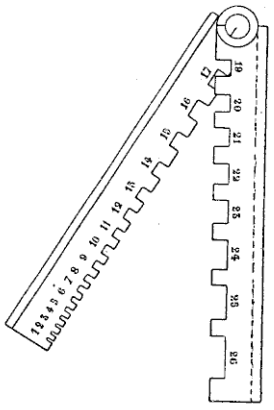


Fig. 6

Il serait utile dans un intérêt général, aussi bien théorique que pratique, de remanier toutes les jauges actuelles purement arbitraires et d'adopter d'une façon définitive des jauges basées uniquement sur le système décimal.

Lorsque l'on a des feuilles ou des parties de feuille de métal dont on veut avoir l'épaisseur ou lorsque l'on veut se rendre compte des dimensions d'une pièce de précision, on se sert avec avantage d'un compas d'épaisseur bien connu sous le nom de *jauge Palmer* (fig. 7) qui se compose : 1° d'une vis A dont le pas est de 1 millimètre et qui est fixée à un manche B en forme d'étui ; 2° d'un écrou C en forme d'U dont un appendice prolongé se continue d'environ 25 millimètres dans l'espace annulaire vide, situé entre la vis et

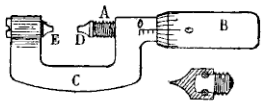


Fig. 7 Fig. 8

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

son manche. L'extrémité D de la vis peut venir buter contre le taquet E de l'écrou. Si l'on tourne la vis, on écartera les deux contacts D et E d'autant de millimètres que la vis aura fait de tours, et ce nombre de tours est indiqué par autant de divisions découvertes par le manche d'une échelle marquée sur l'appendice qu'il recouvre.

Le manche est également divisé en 20 parties et indique à 1/20e près, les fractions de millimètres.

Lorsque les deux contacts D et E se touchent, les repères 0 doivent se confondre, sinon il s'agit de régler le repère E au moyen d'un tournevis jusqu'à complète satisfaction.

Ce système peut se faire plus grand, et est applicable également à différents outils, dans ce cas le pas du filet peut être augmenté et le nombre de divisions également pour obtenir le même résultat.

Si l'on a des intérieurs de filets à mesurer ou à comparer, on peut y adapter le système (fig. 8) consistant en une douille d'acier méplate à son extrémité et maintenue par deux petites goupilles bien ajustées dans une gorge circulaire pratiquée à l'exmité de chaque vis.

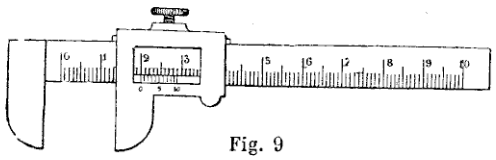


Fig. 9

La *Jauge à talon mobile* (fig. 9) qui doit être ajustée avec autant de soin que le pied à coulisse et posséder un vernier comme ce dernier, est indispensable pour ajuster des pièces longues ou les reproduire exactement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le cas où l'on a à mesurer la profondeur d'un trou, on peut au besoin employer un mètre ou un pied à coulisse avec addition d'une règle s'il le faut, mais si le fond de ce trou possède des angles arrondis, il est préférable d'employer une *jauge de profondeur* (fig. 10) qui n'est qu'une équerre à T mobile avec un vernier comme celui du pied à coulisse.

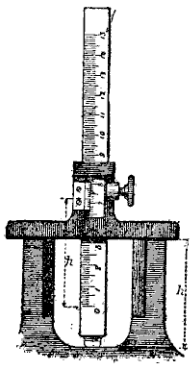


Fig. 10

Dans le cas ou l'on a des diamètres qui ne peuvent se mesurer avec le pied ordinaire pour une cause ou pour une autre, on peut se servir d'un pied spécial (fig. 11) dont la graduation est établie par le calcul. Pour s'en servir on procède comme l'indique la figure. Si on ne possède pas un pied de ce genre là, on peut appliquer la formule :

$$\text{D (diamètre)} = f\,\text{(flèche)}\,\frac{\text{L}^2\,\text{(corde)}}{4f}.$$

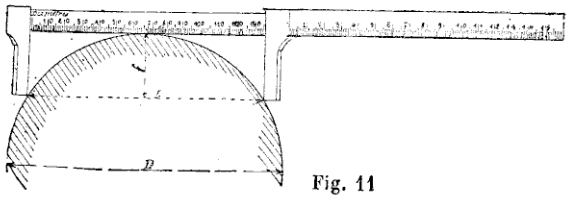


Fig. 11

Ainsi par exemple si avec un pied ordinaire on trouve que L = 60 et $f = 17$, on aura :

$$\text{D} = 17 \times \frac{60^2}{4 \times 17} = 17 \times \frac{3600}{68} = 17 + 53 = 70$$

diamètre cherché.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Celui qui veut se donner la peine de faire les calculs peut avec cette formule, effectuer un certain nombre d'opérations et dresser une table correspondant au pied qu'il possède et même le graduer en conséquence à l'opposé de la graduation ordinaire.

Joints (voir *Montage*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

K

Kilogramme. Le poids d'un décimètre cube d'eau distillée, ramenée à son maximum de densité ou à 4° centigrades au-dessus, se nomme *kilogramme*. On prend le kilogramme pour unité de poids. Tout poids s'évalue donc en kilogrammes. Donc une force quelconque étant donnée, on en détermine la valeur en en déterminant le nombre de kilogrammes qui étant appliqués au même point, dans le même sens et dans la même direction, produiraient identiquement le même effet.

Kilogrammètre. L'unité de travail qui se produit, lorsque l'on élève, un poids d'un kilogramme à un mètre de hauteur a reçu le nom de *kilogrammètre*. Tout travail est représenté par un nombre de kilogrammètres.

Par exemple, un ouvrier élève un poids de 45 kilogrammes à une hauteur de 12 mètres; son travail est 45×12 ou 540 kilogrammètres.

Une locomotive fait parcourir 10 kilomètres à 20 tonnes; le travail dépensé est 20.000×10.000 ou 200.000.000 kilogrammètres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L

Laiton. Le cuivre fait partie d'un grand nombre d'alliage important. Les plus connus et les plus communs sont les laitons qui sont formés avec le zinc. Le nom de *cuivre jaune* est souvent employé comme synonyme de laiton.

Les deux métaux dont se compose le laiton étant de couleur différente, on doit supposer que celui qui domine lui donne la nuance. De cette opinion on pourrait en conclure que les alliages ne sont pas des combinaisons définies, néanmoins il est reconnu qu'un alliage composé d'équivalents égaux de zinc et de cuivre est beaucoup plus rouge que le *tombac*, alliage ou le cuivre domine et qui est destiné à la fabrication des instrument de physique.

La densité du laiton varie entre 8,2 et 8,9, son défaut est d'empâter les outils, défaut que l'on corrige en y ajoutant un peu de plomb ou d'étain. Pur, il supporte très bien le laminage et le choc du marteau. Il se prête bien aux travaux du tour, lorsqu'il contient un peu d'étain ou de plomb. Il peut se scier et se percer également quand il a une certaine résistance.

Composition de différents laitons et leurs usages

	Pour fils	Pour marteau	Pour Tourneurs
Cuivre	64	70	65
Zinc.	36	30	33
Plomb	»	»	1,6
Étain.	»	»	0,4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les laitons connus sous les noms d'*or de Manheim* ou de *Corse*, *similor*, *tombac*, *métal du Prince Robert*, *chrysocale*, *pinchbeck*, etc., renferment tous un peu d'étain, et ne diffèrent entre eux que par la proportion des parties.

On fabrique le laiton dans des creusets de terre réfractaire. Huit à dix creusets, dans un four ouvert par le haut, reçoivent par cette ouverture, d'abord du zinc en morceaux, ensuite du cuivre en grenaille; puis on ferme le fourneau, laissant un trou à la partie supérieure pour donner issue aux produits gazeux. Au-dessous des creusets se trouve le foyer dont la voûte est percée, de distance en distance, pour livrer passage à la flamme qui doit envelopper les creusets, et à tous les produits gazeux qui s'échappent par le trou du sommet. Alors l'alliage fondu est coulé dans des moules en sable ou en granit.

L'alliage, qui renferme 50 parties de cuivre et 50 parties de zinc est souvent employé sous le nom de *soudure forte* pour souder le cuivre rouge.

Le laiton renferme quelquefois des parcelles de fer qui sont la cause des taches de rouille qu'on rencontre souvent à sa surface. Sous l'action simultanée de l'air et des acides, il se recouvre de *vert-de-gris*, et enfin, quand il est frotté, il dégage une odeur désagréable. Le maniement de certains objets, tels que les épingles, les boutons, etc., fait ressortir ces inconvénients; c'est pourquoi on recouvre leur surface d'une légère couche d'étain, après avoir eu soin de procéder au décapage des objets. Pour cela, il s'agit tout simplement de faire bouillir pendant une demi-heure, dans de la bière ou de la lie de vin, les objets que l'on veut étamer; ensuite,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans une bassine à fond plat, on en met une couche que l'on recouvre d'abord d'étain en grenaille, puis de crème de tartre. Après une ébullition d'une heure, l'*étamage* est accompli.

Pour le *zingage*, il s'agit tout simplement de décaper les objets par l'acide hydrochlorique, et de les plonger ensuite dans un bain bouillant de dissolution de sel ammoniac, dans lequel il y aura de la grenaille de zinc ; après quelques minutes d'ébullition, ils seront recouverts d'une couche brillante de ce dernier métal.

Lames. La *lame* à aléser est destinée à agrandir, au diamètre voulu, des trous préalablement percés avec un foret ordinaire. Elle doit pouvoir se monter indifféremment sur le porte-outils de différentes machines à aléser, à percer, ou sur le tour. Elle doit être fixée solidement et maintenue en place par un ou deux mentonnets ajustés convenablement et clavetés, après quoi, on la tourne sur place, on la repère, et on la démonte pour la terminer.

Si le travail à exécuter n'est pas un travail de précision, on peut se contenter de l'ajuster en dehors du porte-outils, et de la fixer à ce dernier au moyen d'une simple clavette ou d'une vis de pression. L'inclinaison à donner à la coupe peut avoir 6 à 8°, selon le métal à travailler, posséder une gorge en avant, inclinée sans exagération, et arrondie en arrière dans le sens de son diamètre, de façon à ne pas talonner, mais guider, sinon le trou serait plus grand qu'il devrait être, si la machine possédait tant soit peu la moindre vibration.

On ne doit tremper que les parties qui travaillent, chacune séparément, mais de la même chaude.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si la lame possède une certaine longueur, on doit la rafraîchir sur le derrière afin qu'à la trempe la coupe ne se cintre pas. La couleur que l'on doit donner pour revenir est le jaune paille, mais qui peut être modifiée suivant la qualité d'acier fondu que l'on emploie. Si le travail à faire est de précision, il est utile de la vérifier, et de l'essayer après la trempe, pour la rectifier, s'il est nécessaire. Il est également bon de s'arranger de façon, si c'est possible, à ce que l'extrémité du porte-outils opposée à l'emmanchement soit guidée.

Les figures 1 à 12 représentent différents types types de lames

Les lames de *cisailles* (fig. 13 et 14) ne doivent pas posséder de coupe, être d'équerre sur leur épaisseur, et ajustées sur toutes les faces, et symétriquement, de façon à pouvoir les retourner. Elles se confectionnent toujours en acier de bonne qualité, et de préférence en acier fondu. Celles de la figure 13 se chauffent entièrement et se trempent à l'eau sur 1/3 de leur largeur environ. Cela fait, on en refroidit le milieu en les plongeant de nouveau, et à plusieurs reprises, aux 2/3 environ de leur largeur; après, on les trempe complètement dans l'eau sans les faire revenir. Cette façon d'opérer a pour résultat d'éviter la trempe du milieu des lames, et par conséquent la casse.

Si elles sont pour travailler d'un seul côté, et qu'elles soient longues, on les rafraîchit en les plongeant à l'eau sur le derrière, et en trempant la coupe ensuite, ce qui a pour avantage d'éviter le cintrage. On peut s'abstenir de les faire revenir, ou du moins très peu. Les lames d'une même cisaille doivent faire entre elles un angle de 8 à 10°, et la vitesse de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

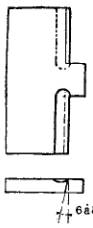


Fig. 1
Lames cylindriques

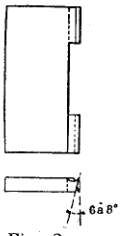


Fig. 2

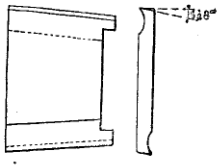


Fig. 3
Lame cône

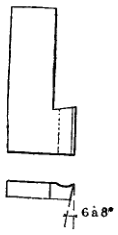


Fig. 4
Lame à talon

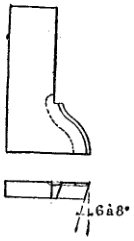


Fig. 5
Lame pour moulure

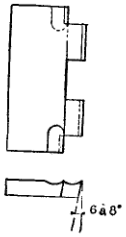


Fig. 6
Lame cylindrique
avec repos

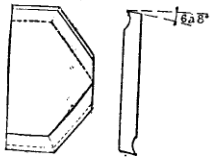


Fig. 7
Lame à aléser en bout

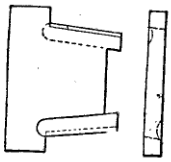


Fig. 8
Lame cône avec repos

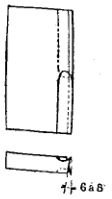


Fig. 9
Lame à dresser
en bout

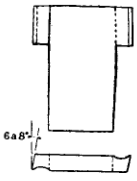


Fig. 10
Lame à dresser
par côté



Fig. 11
Lame à dresser
extérieurement

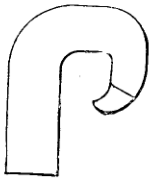


Fig. 12
Lame à dresser
derrière

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la lame mobile ne doit pas dépasser 20 millimètres par seconde.

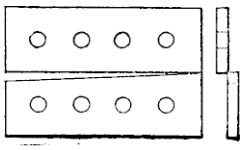


Fig. 13

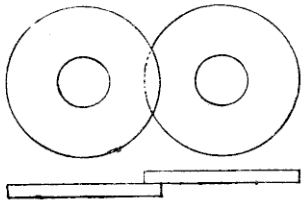


Fig. 14

Pour les *lames circulaires* (fig. 14), on les trempe complètement à l'eau, et on les fait revenir ensuite par le milieu.

On donne aux disques des cisailles circulaires, un diamètre égal à environ 80 fois l'épaisseur de la tôle à couper.

Lame de scie. La *scie* est un instrument bien connu. Les lames de scie (fig. 1 et 2) doivent être en

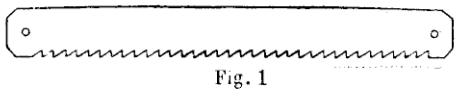


Fig. 1

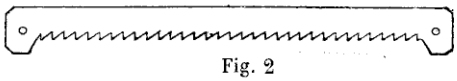


Fig. 2

acier laminé de première qualité, trempé très dur, et portant sur l'un de ses côtés des dents bien égales, faites soit à la mécanique, soit à la main avec un tiers-point.

Pour les métaux, les dents doivent être en triangle rectangle, couché sur la partie plane de la lame suivant le plus long des côtés de l'angle droit; elles doivent être affûtées perpendiculairement à la lame, et avec un tiers-point, à une taille de façon à ne mordre que dans un sens.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour donner de la voie aux scies à métaux, on emploie des bandes d'acier dont l'épaisseur va en diminuant des dents au dos de la lame. On doit avoir soin de régulariser ces mêmes dents par un coup de lime dans leur longueur, ensuite de les battre légèrement sur champ, au marteau, pour augmenter la voie et empêcher qu'elles ne talonnent, et redonner ensuite un léger coup de lime, s'il y a lieu, avant l'affûtage, pour obtenir une régularisation parfaite.

Le nombre de dents par centimètre courant doit être d'environ 3 1/2 à 4 pour le cuivre et de 5 pour la fonte et le fer, et bien symétriques comme profondeur.

Les scies se montent par leur extrémité dans un châssis de forme variable, mais toujours disposé de telle sorte que l'on puisse faire varier la tension de la lame à volonté et l'empêcher de plier.

Si une scie est trop dure à limer, on doit la recuire en la mettant sur le dos c'est-à-dire sur champ, dans toute sa longueur, sur une pièce très chaude ou sur du grès chaud jusqu'à ce que la taille atteigne la couleur jaune paille très claire. Mais, en tous les cas, il est bon de les faire revenir sur le dos tant soit peu pour les empêcher de casser.

Lorsque l'on se sert d'une scie à métaux, il est bon de l'humecter d'eau pour le fer et le bronze; pour ce dernier, on peut même s'en abstenir, ainsi que pour l'acier.

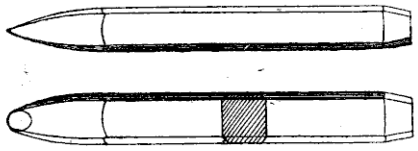
Les bonnes lames de scie doivent être parfaitement élastiques et sonores; on doit avoir soin, avant de les emmancher, de les détremper aux deux bouts en les faisant recuire, premièrement parcequ'alors il est plus commode de les percer et ensuite parce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elles sont sujettes à se rompre à l'endroit où elles cessent d'être pincées dans les montants.

Laminoir. Le *laminoir* se compose de deux cylindres ou rouleaux en acier ou en fonte que l'on rapproche à volonté ; pendant qu'ils tournent en sens contraire, on fait passer entre eux le métal à laminer qui s'amincit en barres ou en feuilles plus ou moins épaisses.

Langue de carpe. Cet outil qui n'est plus guère employé que dans les petits ateliers ne possédant pas de machines-outils, remplace le bec-d'âne pour dégrossir et faire des saignées en carré dont on fait sauter la matière qui reste au moyen de la tranche à froid. Le travail se termine ensuite au burin et à la lime, s'il est nécessaire.



La langue de carpe doit être confectionnée d'après les mêmes principes que le bec-d'âne, et trempé de même.

Lanière. La *lanière* est une bande qui doit être en cuir de vache et qui sert à assembler et à coudre ensemble les extrémités des courroies. On la remplace avec avantage, dans beaucoup de cas, par les agrafes métalliques.

Levier. On appelle *levier* un corps solide, mobile autour d'un corps fixe ; on lui donne ordinai-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rement la forme d'une barre droite ou courbe AB (fig. 1 et 2). Le point fixe F se nomme le point d'appui.

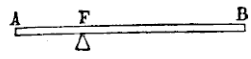


Fig. 1



Fig. 2

On distingue ordinairement trois espèces de levier droit, suivant la position qu'occupe le point d'appui par rapport à la puissance et à la résistance.

Le levier de premier genre est celui dans lequel le point d'appui A (fig. 3) est entre les points d'application des deux forces ; l'avantage est à la puissance si son bras de levier est plus long. Les diverses espèces de balances sont des leviers de premier genre.

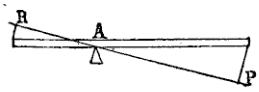


Fig. 3

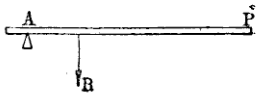


Fig. 4

Dans le levier du second genre, la résistance R (fig. 4) est entre le point d'appui A et la puissance P ; cette dernière a toujours l'avantage. La pince, à l'aide de laquelle on soulève les fardeaux, appartient à ce genre.

Dans le troisième genre, la puissance sépare le point d'appui de la résistance ; l'avantage est alors à la résistance dont le bras de levier est plus long (fig. 5). C'est à ce genre de levier qu'il faut rapporter le bras de l'homme ; le point d'appui est au

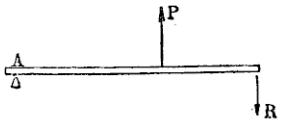


Fig. 5

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

coude; la puissance agit à l'aide d'un muscle attaché au milieu de l'avant-bras, et la résistance est le poids placé dans la main à l'autre extrémité. C'est aussi à ce genre qu'appartient la pédale du rémouleur.

La théorie de l'équilibre est la même dans tous les cas; je ne les distingue que pour me conformer à l'usage.

Liège. Le liège est l'écorce d'une espèce de chêne qui croît dans les terrains secs du midi de l'Europe. Il est assez employé comme garniture extérieure des tuyaux de conduite de vapeur, afin de conserver leur chaleur.

Lignes diverses. Une ligne est un trait formé de points qui se touchent ou non, en une longueur sans largeur ni épaisseur.

La ligne droite est celle dont tous les points qui la composent sont dans la même direction : c'est le plus court chemin d'un point à un autre (fig. 1).

La ligne courbe est celle dont tous les points ne sont pas dans la même direction (fig. 2).

Fig. 1

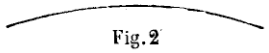


Fig. 2



Fig. 3

La ligne brisée est celle qui est composée de lignes droites (fig. 3).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne sinueuse est composée de lignes courbes (fig. 4).

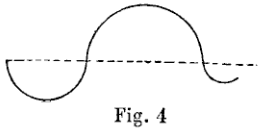


Fig. 4



Fig. 5

La ligne mixte est composée de lignes courbes et de lignes droites (fig. 5).

La ligne verticale est celle qui suit la direction du fil à plomb (fig. 6).

Fig. 8 Fig. 6

La ligne horizontale est parallèle au niveau de l'eau tranquille (fig. 7).

La ligne oblique est celle qui n'est ni verticale, ni horizontale (fig. 8).

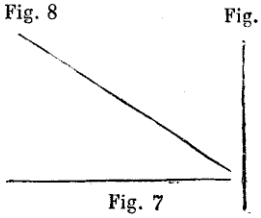


Fig. 7

Les lignes parallèles (voir *parallèles*).

Les lignes équidistantes sont celles qui, étant parallèles, sont toutes à égales distances l'une de l'autre (fig. 9).

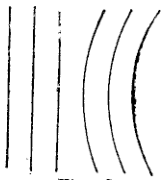


Fig. 9

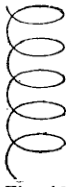


Fig. 10

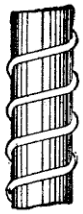


Fig. 11

La ligne hélice est une ligne courbe qui tourne autour d'un rouleau comme le pas de la vis (fig. 10-11).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La ligne spirale (fig. 12) est une ligne courbe

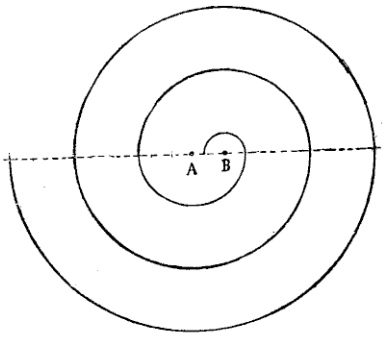


Fig. 12

qui, partant d'un point, s'en éloigne insensiblement. Tous les arcs sont tracés des points A et B.

Lignes (raccordement). Le *raccordement des lignes* a pour but de tracer plusieurs lignes de mêmes ou de différentes espèces, sans que ces dernières offrent de *jarrets* ni de *coudes* aux points de jonction.

Deux courbes ne peuvent se raccorder qu'autant que leurs *centres* et le *point de contact* sont sur la même ligne droite, ou si le rayon de la ligne courbe est perpendiculaire à l'extrémité de la ligne droite.

Raccorder une courbe à l'extrémité d'une droite AB (fig. 1) :

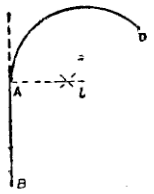


Fig. 1

On élève à l'extrémité A de la ligne donnée une perpendiculaire AC, et avec un rayon quelconque CA pris sur la perpendiculaire, on décrit l'arc AD. Ce problème est indéterminé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Raccorder à une droite une courbe qui passe par un point donné C (fig. 2) :

On élève une perpendiculaire AD au point A; on joint par une droite le point donné C à l'extrémité A de la ligne AB; on élève une perpendiculaire EF sur le milieu de CA; le point d'intersection G des deux perpendiculaires est le centre de la courbe AC.

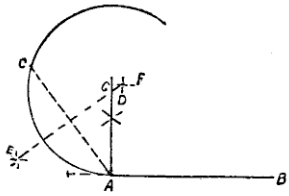


Fig. 2

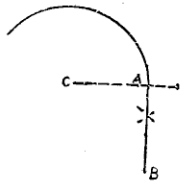


Fig. 3

Raccorder une droite à un arc :

On joint (fig. 3) le centre C de l'arc au point A, de la courbe que l'on veut raccorder et on prolonge le rayon. On élève alors au point A une perpendiculaire AB.

Raccorder une courbe aux deux extrémités d'une ligne droite donnée AB (fig. 4).

On élève les perpendiculaires AC et BD aux extrémités de la droite donnée ; on tire la parallèle CD ; puis du point C comme centre, on décrit l'arc AE et du point D l'arc BF; du milieu G de la ligne EF il n'y a plus qu'à décrire la demi-circonférence EHF.

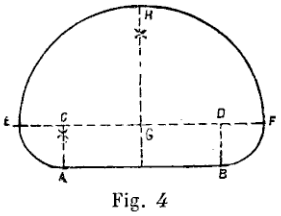


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Raccorder à un arc donné AB (fig. 5), *une courbe qui passe par un point donné D :*

De l'extrémité A de l'arc, on tire une ligne indéfinie qui passe par le centre C ; on joint le point D au point A ; sur le milieu on élève une perpendiculaire EF ; le point d'intersection G est le centre de la courbe.

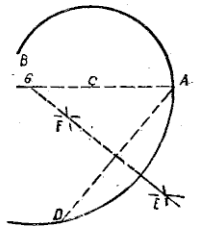


Fig. 5

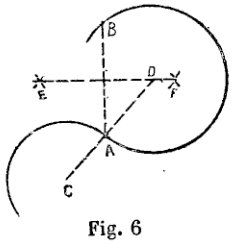


Fig. 6

Raccorder à un arc une courbe qui passe par un point donné B (fig. 6) *placé au-dessus :*

On tire une ligne droite qui passe par le centre C de l'arc et par l'extrémité A de la courbe qu'on veut raccorder ; on joint les points A et B, on élève sur le milieu une perpendiculaire EF, le point d'intersection D est le centre de la courbe cherchée.

Raccorder deux lignes parallèles d'égale longueur :

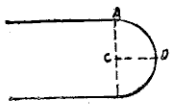


Fig. 7

On joint (fig. 7) les extrémités A et B et du milieu C de la ligne AB, on décrit l'arc ADB.

Raccorder deux lignes parallèles d'inégale longueur :

Aux points A et B (fig. 8) on élève les perpendiculaires AC et BD d'une longueur indéfinie ; on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

joint les points A et B ; on mène EF au milieu des lignes données et qui leur soit parallèle ; on porte la longueur AH de H en G et enfin par le point G on mène GJ perpendiculaire à AB ; le point d'intersection I sera le centre de l'arc AG, et le point J le centre de l'arc GB.

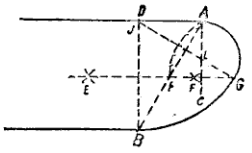


Fig. 8

Raccorder deux droites qui vont en convergeant :

On figure leur prolongement ; on partage (fig. 9) l'angle C en deux parties égales ; on élève une perpendiculaire BE à l'extrémité B de l'une des droites ; le point d'intersection D sera le centre de la courbe.

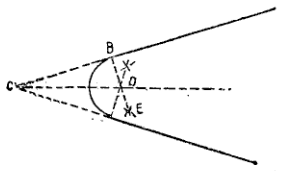


Fig. 9

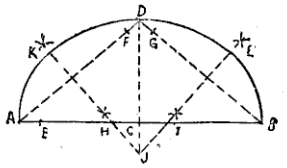


Fig. 10

L'*anse de panier* (fig. 10) est une courbe formée de trois arcs raccordés, dont deux égaux, ou la moitié d'une ellipse dont la longueur des deux axes est donnée.

Tracer un anse de panier dont on connaît la base AB et la hauteur CD (fig. 10) :

On élève perpendiculairement CD, hauteur de l'anse sur le milieu de la base AB ; on joint les extrémités A et B de la base au sommet de la hauteur ; on porte la hauteur CD de l'anse, de C en E ; on porte également la différence AE des demi-axes de D en F et G ; sur le milieu de AF et de BG, on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

élève une perpendiculaire ; les points H et I sont les centres des arcs AK et BL, et le point J est le centre de l'arc KDL.

Tracer une ligne spirale à quatre centres :

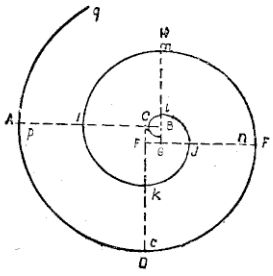


Fig. 11

On tire (fig. 11) les quatre lignes AB, CD, EF, GH, qui forment un carré à leur naissance ; le point B sera le centre de l'arc C*i* ; G de l'arc *ij* ; E de l'arc *jk* ; C de l'arc *kl* ; B sera le centre de l'arc *lm* ; G de *mn* ; E de *no* ; C de *op* ; B de *pq*, etc.

Limes. Les *limes* sont des outils destinés à terminer le travail qui a été commencé par la forge, le burin ou les machines-outils. Destinées à travailler les métaux, elles doivent être plus dures qu'eux. C'est pourquoi on les fait en acier fondu de bonne qualité et trempé.

La lime se compose du corps qui doit être plus gros au milieu qu'à son extrémité, et porter à sa surface des rayures ou tailles plus ou moins profondes, simples ou entrecroisées, suivant un angle d'environ 70° avec l'axe de la lime. La taille est faite dans un sens, et forme une série de taillants dirigés vers l'extrémité, disposition qui oblige de travailler avec la lime en la poussant. Le corps porte une partie effilée en forme de pointe, et que l'on nomme *soie*, destinée à recevoir le manche.

Pour confectionner une lime, il faut d'abord se prémunir d'une barre d'acier de bonne qualité, que l'on forge aux dimensions voulues, et légèrement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bombée sur les faces, pour obtenir la lime brute ou *semelle*. Cela fait, on la recuit, généralement dans une caisse en tôle, maintenue à la même température pendant plusieurs heures, et refroidie lentement; ensuite on procède à son *dégauchissage* et au *planage*, c'est-à-dire à son nettoyage à la meule pour passer ensuite à la taille de la semelle à l'aide d'un ciseau spécial de la largeur au moins de la lime à tailler.

Les marteaux employés sont de forme particulière (fig. 1) et de poids divers. Plus la surface à tailler est large, plus le marteau est lourd. Tous les marteaux ont un manche recourbé, de façon à soulager l'effort du poignet; leur poids varie entre 150 grammes et 3 kil. 500.

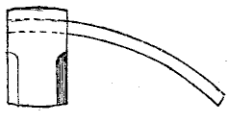


Fig. 1

Il faut que les tailles soient parfaitement parallèles et de même profondeur; c'est pour cela qu'il est utile d'y attacher toute son attention. Après la taille, on procède à la trempe, qui est la dernière des opérations, mais la plus importante, et pour laquelle il faut considérer trois choses : 1° bien préparer la surface; 2° la chauffer au rouge parfaitement uniforme; 3° la tremper dans une eau récente et froide, et l'immerger d'une façon bien régulière, pour l'empêcher de se voiler, ce qui est d'une grande difficulté pour les limes longues et minces.

Pour satisfaire au premier cas, on fait dissoudre 1 kilogramme de sel de cuisine pour trois litres d'eau; on y ajoute de la farine à bon marché, jusqu'à ce que le tout ait acquis la consistance d'une pâte épaisse. Il ne s'agit plus après que de plonger

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la lime dans cette substance, de la chauffer à un feu de forge bien régulièrement, de la retirer de temps à autre pour s'assurer qu'il n'y a pas des parties qui chauffent trop, et, lorsque le tout est bien rouge cerise, la tremper, le plus vivement possible dans une eau de source très pure et très froide à laquelle on peut ajouter un peu d'acide sulfurique.

Toutes les limes doivent être immergées verticalement, et de façon que la soie ne soit pas trempée et ne se refroidisse pas pour empêcher la lime de se déjeter. Les demi-rondes doivent être immergées avec les mêmes soins, en ayant toutefois la précaution de les mouvoir un peu horizontalement dans le sens de la face arrondie pour éviter la courbure en arrière.

Après la trempe, on brosse les limes avec de l'eau et de la poussière de coke; on les passe dans deux ou trois eaux pures, ensuite dans de l'eau de chaux, et on les fait sécher rapidement devant le feu. Pendant qu'elles sont encore chaudes, on les recouvre d'une couche d'huile d'olive mêlée à de la térébenthine, et on en fait des paquets.

On se rend compte facilement du surcroît de mordant communiqué à la lime par l'affûtage en plaçant un morceau de bronze poli, d'abord sur une lime ordinaire, puis sur une lime affûtée; il est facile alors de reconnaître que l'angle, sous lequel il y a glissement, est beaucoup plus grand dans le second cas que dans le premier.

D'après la taille des limes, on les distingue: en taille *simple* (fig. 2); en *grosse taille* ou *taille d'Allemagne* des *une* (fig. 3), six à sept tailles par centimètre de longueur; en taille d'Allemagne des *deux*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

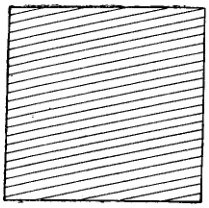


Fig. 2
Taille *simple*

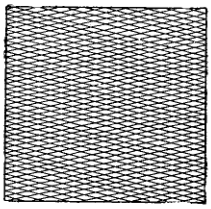


Fig. 3
Taille des *une*

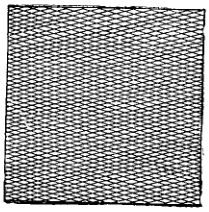


Fig. 4
Taille des *deux*

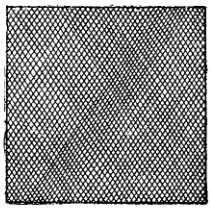


Fig. 5
Taille *bâtarde*

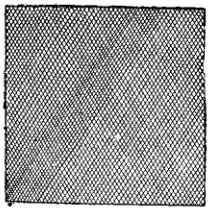


Fig. 6
Taille *demi-bâtarde*

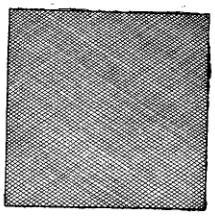


Fig. 7
Taille *demi-douce*

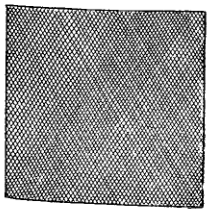


Fig. 8
Taille *douce*

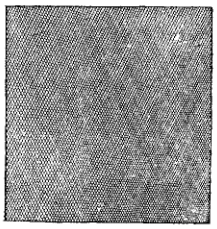


Fig. 9
Taille *superdouce*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(fig. 4), 7 à 10 tailles par centimètre de longueur; en taille *bâtarde* (fig. 5), 9 à 12 par centimètre de longueur; en taille *demi-bâtarde* (fig. 6), 11 à 14; en taille *demi-douce*, (fig. 7), 13 à 16; en taille *douce* (fig. 8), 16 à 20; et, en taille *très douce* (fig. 9) ou *superdouce*, 20 à 25 par centimètre de longueur.

La taille des limes qu'on trouve dans le commerce, chacune dans un paquet séparé, se nomme la taille des *une*, tandis qu'on trouve des limes en paquet de deux, et dont la taille est nommée des *deux*. Ces deux cas ne sont à distinguer que dans les limes dites *allemandes*.

La dénomination de taille d'Allemagne provient de ce que les premières limes taillées à la machine que nous utilisions en France, dans le commencement de ce siècle, nous venaient d'Allemagne ou d'Angleterre, et étaient grossièrement taillées. Mais aujourd'hui nos produits sont au moins d'une qualité égale, sinon supérieure, à ceux des fabriques étrangères.

Une bonne lime doit avoir une teinte grise, être bien droite et avoir une taille très régulière; on doit aussi la vérifier au son, et, pour cela, la tenir horizontalement sur l'index de la main gauche, et frapper à l'une de ses extrémités avec une autre lime ou un morceau d'acier quelconque; le son devra être clair; si elle est fêlée, ce sera le contraire.

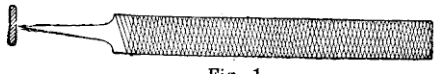
Les limes doivent être, de la part de l'ouvrier qui s'en sert, l'objet d'une grande attention; il doit les disposer convenablement et bien à sa main sur l'établi, éviter qu'elle soit en contact avec l'huile, la graisse, l'eau, etc., et ne jamais sortir du tiroir que celles dont il a absolument besoin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les limes à taille fine s'encrassent assez facilement; la limaille des métaux vient se placer entre les tailles; on doit l'enlever, soit avec la carde, ou au moyen d'une pointe de cuivre rouge que l'on promène entre les dents, après quoi il faut avoir soin de blanchir ces dernières à la craie. Il est également utile de toujours conserver quelques vieilles limes pour procéder au décrottage des pièces forgées.

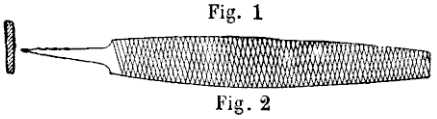
Lorsque l'épaisseur d'une lime est suffisante, on peut lui faire subir jusqu'à trois retaillages. Malgré que les différents procédés d'avivage, basés sur l'attaque du métal de la lime par des mordants de toute nature, ne soient pas comparables au retaillage, je crois utile et intéressant d'en citer un exemple à la portée de tous : on enlève d'abord à la carde et à la pointe toutes les limailles qui se trouvent dans les tailles, puis on lave la lime dans une dissolution de carbonate de soude pour faire disparaître toutes les matières grasses, et on la passe à l'eau; après quoi, on la trempe dans un bain contenant trois parties d'acide chlorhydrique et une partie d'acide azotique très étendue d'eau. De temps à autre, pendant son immersion, on la frotte avec une brosse de chiendent pour enlever l'oxyde de fer et faciliter l'attaque. Une fois que l'on juge que l'opération est assez avancée, on lave de nouveau à la soude, puis à l'eau, et on fait le nécessaire pour éviter la rouille.

Limes d'un usage courant :



Lime plate cylindrique

Fig. 1



Lime plate d'Allemagne

Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Lime demi-ronde

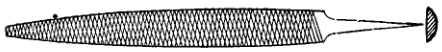


Fig. 3

Lime 4/4 ou carreau



Fig. 4

Lime queue de rat



Fig. 5

Lime tiers-point

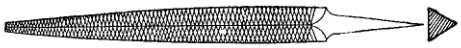


Fig. 6

Lime plate taillée sur champ seulement



Fig. 7

Lime à refendre



Fig. 8

Lime onglets

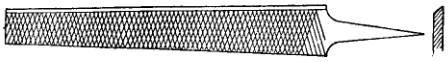


Fig. 9

Lime feuille de sauge

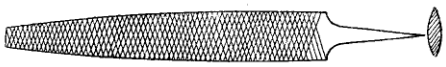


Fig. 10

Lime plate pointue à champs ronds

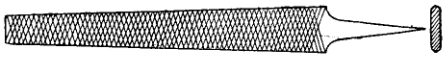


Fig. 11

Lime olive ou queue de rat ovale

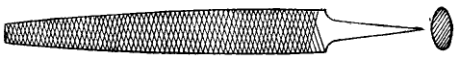


Fig. 12

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Lime barboche pour scies

Fig. 13



Lime 3/4 camuse

Fig. 14



Lime à pignon

Fig. 15



Lime fendante

Fig. 16



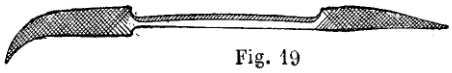
Lime à égalir

Fig. 17



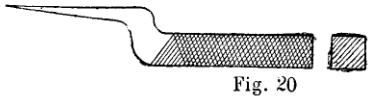
Lime à couteau

Fig. 18



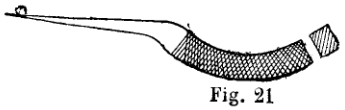
Rifloir

Fig. 19



Lime rabot coudée

Fig. 20



Lime rabot cintrée

Fig. 21

On se sert encore de *limes en émeri* (fig. 22 à 24), qui ne sont pour ainsi dire que de véritables meules emmanchées, auxquelles on donne des grains plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou moins gros correspondant aux tailles des limes ordinaires. Ce genre de limes convient surtout pour finir certaines pièces et les polir.



Fig. 22
Lime rectangulaire à 2 manches



Fig. 23
Lime cylindrique à 2 manches



Fig. 24
Lime à un manche

On donne le nom d'*écouenne* (fig. 25) à des limes à une taille très grosse, qui sont destinées à travailler les métaux tendres, tels que le plomb, l'étain, etc.

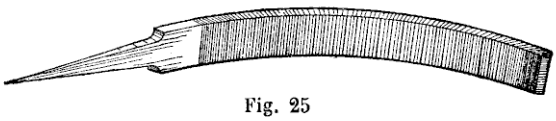


Fig. 25

On donne le nom de *râpe* (fig. 26) à des limes dont les dents ont été taillées avec un poinçon en forme de pyramide triangulaire; elles servent plus

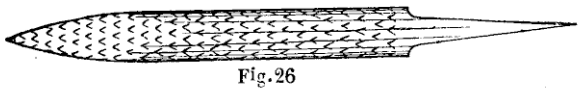


Fig. 26

spécialement à travailler le bois, la corne, etc. Le grand art de bien travailler une râpe consiste à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

placer, chaque nouvelle dent qu'on fait, de manière à ce qu'elle corresponde, autant que possible, au milieu de l'intervalle de deux autres.

Lunette métallique. Les lunettes métalliques sont destinées à protéger la vue contre les éclats de métal qui se détachent en ébarbant, en burinant, etc., les métaux. Il y en a de plusieurs sortes, mais la plus simple est formée d'une toile métallique à petites mailles, bordée avec du cuir souple, et qui se fixe devant les yeux au moyen de deux cordons que l'on attache derrière la tête. Tout ouvrier, appelé à travailler les métaux au burin, ou même à d'autre emploi qui expose à des accidents de la vue, doit en posséder une paire dans son outillage journalier pour éviter des pertes de temps inutiles pour s'en procurer, le cas échéant, lorsqu'il en a besoin, et qui est la cause souvent pour laquelle il ne s'en sert pas.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M

Machines. On donne, d'une façon générale le nom de *machine* a tout instrument destiné à produire le mouvement. Les machines que l'on emploie dans l'industrie peuvent se décomposer en trois parties distinctes:

1° Un *récepteur* qui reçoit directement l'action de la puissance motrice comme le piston dans les machines à vapeur, les ailes dans un moulin à vent, etc.

2° *L'outil* ou appareil propre à exécuter l'ouvrage que l'on se propose de faire, comme la meule d'un moulin, les machines à raboter, à mortaiser etc. L'outil ou les outils subissent ordinairement et directement la principale résistance que la machine a à vaincre.

3° Entre le récepteur et l'outil, une série de mécanismes ou d'organes propre à transformer le mouvement du récepteur en celui de l'outil, de manière à assurer à ce dernier le mouvement et la vitesse qui lui conviennent le mieux pour exécuter le travail.

On admet guère dans les machines que deux genres de mouvement: le mouvement *rectiligne* et le mouvement *circulaire* qui sont les plus faciles à réaliser.

Ces mouvements peuvent être ou *continus*, ou *alternatifs*; *continus* s'ils ont lieu toujours dans le même sens; *alternatifs*, s'il ont lieu alternativement dans un sens, puis en sens contraire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le mouvement *rectiligne continu* n'est pas en général admissible dans une machine parce qu'il se prolongerait indéfiniment, il éloignerait de plus en plus les organes qui en seraient animés. Aussi les mouvements rectilignes sont ils nécessairement limités en pratique à une certaine période au-delà de laquelle le mouvement en sens contraire intervient pour ramener la pièce mobile à son point de départ et rendre le mouvement direct possible de nouveau.

Le mouvement *circulaire continu* est au contraire indéfiniment possible sans restriction d'aucune sorte.

Les mouvements que l'on rencontre le plus souvent dans les machines sont donc :

Le mouvement rectiligne *atternatif;*

Le mouvement circulaire, soit *continu,* soit *alternatif.*

Le mouvement dans les machines peut être *uniforme, varié,* ou *périodique*; on dit qu'il est *périodiquement uniforme* quand, à certains intervalles de temps égaux entre eux on retrouve toutes les pièces mobiles revenues dans les mêmes positions et animées des mêmes vitesses.

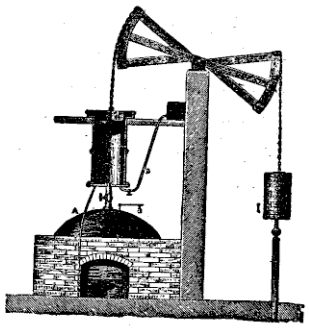
En me plaçant au point de vue de l'utilisation des machines, je les ai divisées en cinq classes, qui sont: 1° les machines de *manufactures*, (fixes, demi-fixes et locomobiles.); 2° les machines *locomotives*; 3° les machines *marines*; 4° les machines *diverses*; 5° les *machines-outils*.

Les trois premières classes comprennent les machines à vapeur proprement dit. Les premières réellement appliquées à l'industrie (1696) furent celles d'un capitaine de marine *Savery*, ancien mineur et fort habile ingénieur. Le principe en avait été donné par *Denis Papin* en 1690 et comme le dit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Arago: Papin est le premier qui ait songé à combiner, dans une même machine à feu l'action de la force élastique de la vapeur, avec la propriété dont cette vapeur jouit et qu'il a signalée, de se condenser par refroidissement.

Quelques années après la première tentative de Papin, l'ingénieur anglais Savery s'associa à deux de ses compatriotes, *Thomas Newcomen* et *John Caweley*, tous deux vivant dans la ville de Darmouth en Devonshire, où le premier exerçait la profession de forgeron et le second celle de vitrier. De cette association théorique et pratique naquit la machine à vapeur connue sous le nom de machine de Newcomen ou de *machine atmosphérique*.



Dans cette machine le mode d'action de la vapeur est le suivant :

Le générateur fournit de la vapeur à une pression un peu supérieure à la pression atmosphérique. Au moment de la mise en train, le piston H étant à la partie supérieure du cylindre, la vapeur remplit ce dernier, en chasse l'air par un tuyau A auquel on donne le nom de *reniflard*. Alors on ferme ce dernier ainsi que le robinet d'arrivée de vapeur, on ouvre le robinet du tuyau D, et de l'eau froide, injectée dans le cylindre y condense la vapeur ; le robinet d'admission de vapeur étant fermé, la pression extérieure agit sur le piston et le fait descendre au bas du cylindre. A ce moment, on ouvre la com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

munication du cylindre avec la chaudière, de sorte que la vapeur, en dessous, et la pression atmosphérique au-dessus du piston, se font équilibre. Le piston resterait donc dans cette situation, si un contrepoids I (auquel peut-être fixée une tige de pompe),lié au balancier de la machine, ne le forçait à remonter à la partie supérieure du cylindre. Une nouvelle condensation le fait redescendre et ainsi de suite ; le mouvement de va-et-vient est produit.

En marche le reniflard n'a plus besoin d'être ouvert que de temps à autre pour purger le cylindre de l'eau qu'il contient.

Il est donc facile de se rendre compte de la dénomination de machine *atmosphérique* donnée à la machine de Newcomen. C'est la pression de l'air extérieur qui est le moteur; la vapeur n'intervient que pour lui faire équilibre pendant l'ascension du piston. Pendant la descente, la vapeur se condensant produit le vide, et c'est encore la pression de l'air qui fait descendre le piston.

En un mot, ce n'est que la machine de Papin devenue pratique par l'intermédiaire de l'étranger et Papin lui-même, vieux et ruiné, a vécu dans ses dernières années des secours de la Société royale de Londres.

La première machine de Newcomen comme on vient de le voir, exigeait une attention des plus soutenues de la part de l'individu chargé d'en faire fonctionner les robinets, soit pour introduire la vapeur, soit pour y envoyer la pluie d'eau froide destinée à condenser cette dernière. A un moment donné, ce travail était confié au jeune *Henri Potter*. Ses camarades en récréation, non loin de là et dont il entendait les cris de joie, le mettaient, pour ainsi

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dire, au supplice, car le travail qui lui était confié ne lui permettait pas une seconde d'absence. D'un naturel très nerveux, vif et intelligent, dit l'histoire, il découvre spontanément les relations qui pourront faire fonctionner la machine seule, et à l'aide de cordons attachés à des points convenables du balancier et aux clefs des robinets, il réalise sa conception. C'est alors que la machine à vapeur devient plus pratique et peut être appliquée plus utilement à l'industrie.

Les machines atmosphériques étaient à cette époque surtout employées comme machines d'épuisement de l'eau des mines, ainsi qu'à la distribution des eaux dans la ville de Londres.

La machine à vapeur resta à peu près stationnaire jusqu'en 1769, à part quelques modifications de détails, où le génie de *Watt* (né en Ecosse en 1736), aimé et encouragé par ses professeurs et ses élèves, et secondé par les rapides progrès de la science physique ainsi que par le physicien *Black* qui lui témoignait beaucoup d'amitié, en fit le moteur le plus puissant pour ainsi dire.

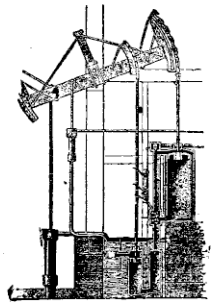
Les machines de Newcomen étaient de simples pompes, machines bonnes pour épuiser l'eau des mines, mais insuffisantes pour donner une marche régulière et constante, comme cela est nécessaire dans les usines. Les machines atmosphériques étaient à *simple effet*, et Watt le premier les transforma en machines *à double effet*, dans lesquelles la vapeur agit alternativement sur les deux faces du piston pour leur imprimer un mouvement rectiligne alternatif, qu'on transforme ensuite en mouvement circulaire continu. Il supprime donc l'action de l'atmosphère pour lui substituer dans les deux phases

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du mouvement l'action de la vapeur. Par l'invention du régulateur et l'addition d'un volant, il réduisit encore les inégalités du mouvement. Par l'invention du condenseur, il réduisit au quart la dépense de combustible des machines de Newcomen. L'emploi de la détente fut signalée par Watt, mais ne fut adoptée sur une large échelle que par *Woolff* dans ses machines à deux cylindres pour accroître l'économie de vapeur, et par conséquent, de combustible, ce *desideratum* des inventeurs. Il faut rendre à chacun ce qui lui revient, c'est pour cela que je dirai que le premier qui s'est servi du volant pour régulariser le mouvement de rotation fut *Keane Fitzgerald,* en 1758; l'emploi des bielles et manivelles pour la transformation du mouvement est dû à *Washbroug* (1778) et *Muray,* en 1801, fut l'inventeur du tiroir manœuvré par un excentrique.

1° MACHINES DE MANUFACTURES

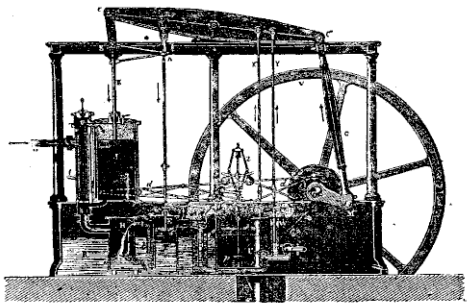
La **Machine de Cornouailles** est le type des machines à détente et à simple effet destinées à l'épuisement des mines. Le mouvement oscillatoire du piston, au lieu d'être transformé en un mouvement circulaire continu, est transmis par un balancier à la maîtresse tige qui commande toutes les pompes d'épuisement; cette machine a une extrême flexibilité d'allure, très utile dans un travail aussi irrégulier que l'épuisement des mines, et elle permet de pousser très loin



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la détente, ce qui correspond à une économie de combustible.

La **Machine de Watt** à double effet est représentée ci-dessous. Outre le *condenseur*, la *pompe à air*, le *parallélogramme articulé* destiné à lier le balancier à la tige du piston, et le *régulateur à boules*, Watt imagina l'*engrenage planétaire* qu'il abandonna bientôt pour s'en tenir à la transmission par *bielle* et *manivelle*, ce fut lui qui le premier



ABCD parallélogramme articulé, CC' balancier, G bielle, OM manivelle, O arbre de couche, *dd* excentrique et sa barre qui commande le tiroir, *l* levier à main pour désembrayer le tiroir et le conduire à la main, T boîte à tiroir, *o* tuyau de prise de vapeur, J cylindre et piston moteur, K tige de piston, RR bâche d'eau froide, H condenseur, *t* tuyau qui amène l'eau froide, E pompe à air, P son piston relié au parallélogramme, S soupape de la pompe à air, XU pompe à eau, YW pompe alimentaire renvoyant à la chaudière l'eau de condensation, *p* engrenage conique recevant son mouvement de la courroie *cc* et commandant le régulateur Z, V volant.

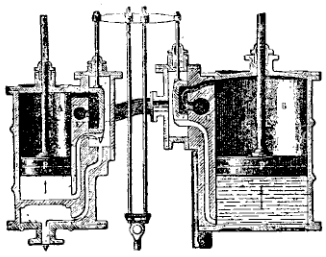
indiqua l'avantage des hautes pressions, confirmé ensuite par la théorie mécanique de la chaleur. Aujourd'hui, la pression de la vapeur pour un usage courant est souvent poussée dans les chaudières

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à 15 atmosphères, la condensation de la vapeur peut se faire alors dans l'air atmosphérique, sans condenseur particulier. C'est ce qui arrive pour les locomotives.

Les machines de Watt sont d'un aspect monumental, peu employées en France, leur exécution est délicate et coûteuse, elles doivent posséder de solides fondations et on ne peut donner au piston une très grande vitesse. Leur conduite est facile, leur mouvement est très doux et uniforme, leur consommation est de 3 kilogrammes environ de combustible par Poncelet et par heure, leur rendement n'est que d'environ 50 % du travail moteur.

Machine de Woolf. Les machines de *Woolf*, généralement à deux cylindres permettent de réaliser les grandes détentes en employant des mécanismes de distribution ordinaires et simples. Les pertes par condensation intérieure sont beaucoup moins considérables que dans les machines ordinaires, de même que celles qui proviennent des espaces nuisibles, et la variation de l'effort instantané, total sur les deux tiges de piston est aussi bien moindre, ce qui permet d'employer des volants moins lourds.



La figure représente la coupe des deux cylindres d'une machine de ce type qui a pour avantage de prolonger la durée de la détente si la machine marche avec détente, ou de créer une détente

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

si la machine marche à pleine pression. Chacun des deux cylindres A et B est muni d'une boîte à vapeur dans laquelle se meut un tiroir ordinaire, et des lumières d'admission et d'échappement disposées à la manière ordinaire. C'est par l'orifice V qu'arrive la vapeur de la chaudière, laquelle se répand d'abord dans la boîte du cylindre A, et de là pénètre au-dessous du piston P. Ce piston reçoit un mouvement de bas en haut, refoule la vapeur qui était de l'autre côté dans le tuyau d'échappement E qui, au lieu de communiquer avec le condenseur ou l'atmosphère, comme dans les machines ordinaires, va déboucher dans la boîte à vapeur du cylindre B. Là elle pénètre par la lumière inférieure d'admission au-dessous du piston P, et, en s'y détendant, produit le mouvement ascensionnel de ce piston. La vapeur qui se trouvait de l'autre côté, dans la chambre supérieure du grand cylindre, va se condenser dans le tuyau CC ou à l'air libre. Le mouvement simultané des deux tiroirs donne lieu à un mouvement des pistons du haut en bas; la vapeur agit à pleine pression dans le petit cylindre, tandis que dans le grand elle agit toujours avec détente.

Les *Machines de Woolf* réunissent de bonnes conditions pour une marche régulière et économique en combustible; aussi sont-elles très employées et en faveur dans les filatures et les tissages, malgré leur prix relativement élevé et leur plus grand nombre de pièces mécaniques.

Machines verticales. Les machines à balancier étant des appareils fort compliqués, et tenant beaucoup de place, on a cherché à transmettre à l'arbre moteur le mouvement du piston par le seul

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ntermédiaire d'une bielle et d'une manivelle. Ces machines, dites verticales, à traction directe, se construisent sur différents types, mais le plus simple est celui représenté par la figure 1.

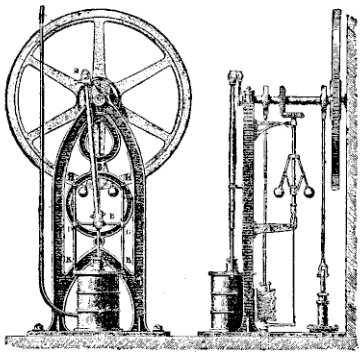


Fig. 1

Le cylindre est placé verticalement, la tige du piston est articulée à la bielle BM, qui agit sur la manivelle de l'arbre moteur. Cette tige est guidée dans son mouvement par une glissière mobile DD, qui se meut le long de deux montants verticaux fixés en K et H, c'est-à-dire d'une part au cylindre, de l'autre au bâti en fonte de la machine. Ces machines sont presque toujours à haute pression, la vapeur agit avec détente, mais sans condensation. Dans la figure 2, le cylindre est à la partie supérieure. Il est soutenu par deux

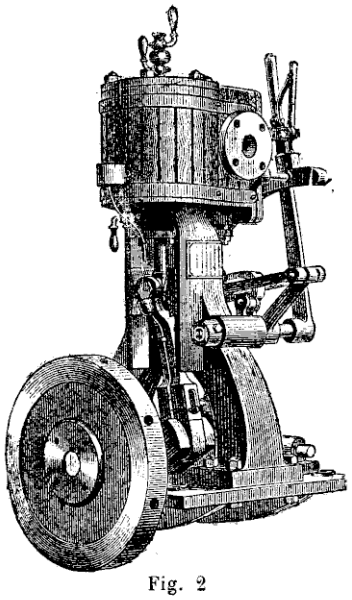
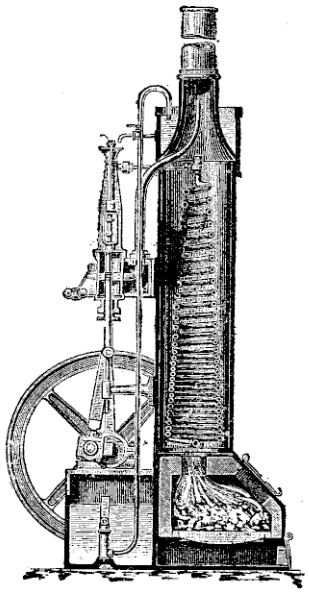


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

montants en fonte qui servent en même temps de glissières. Cette machine dite à *pilon* est à changement de marche et sert le plus généralement à actionner une hélice. Certains constructeurs fixent l'ensemble de la machine verticalement le long d'une chaudière verticale. D'autres préfèrent employer une autre disposition, ainsi par exemple : la figure (page 450) représente une machine fixée horizontalement sur une chaudière verticale et qui remplace avantageusement la machine verticale pour de petites forces; le tout est d'une construction simple, correcte et élégante, économique, d'une conduite et d'un entretien faciles.

Machine Simplex. Cette machine, qui se construit pour de faibles puissances, se caractérise par la forme spéciale de sa chaudière qui n'est qu'un long tube en fer contourné en spirale, dans une cheminée en tôle de fer dont l'intérieur est revêtu de briques. A l'extérieur de cette cheminée se trouve un petit réservoir d'eau qui s'échauffe au contact des parois et qui possède un robinet permettant l'écoulement dans un entonnoir dont la tubulure va aboutir à une boîte à clapet d'aspiration d'une

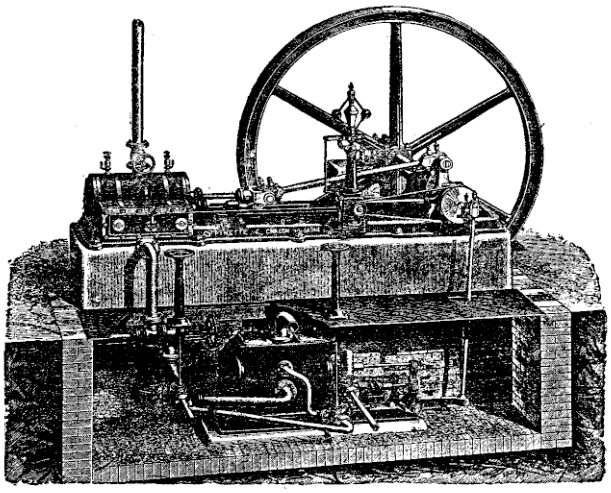


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pompe alimentaire. Le plongeur de cette pompe est formé par le prolongement de la tige du piston de la machine, et en marche l'eau est injectée en une pluie fine dans le tube en suspension dans lequel elle circule en sens inverse des gaz chauds. La vapeur qui se forme se rend dans le cylindre à vapeur où elle produit son effet utile.

Un régulateur à force centrifuge règle automatiquement l'introduction de la vapeur dans le cylindre et la surveillance de la machine peut être confiée à n'importe qui, tout ses organes et sa conduite sont simples. Sa mise en pression ne demande qu'une dizaine de minutes.

Machine horizontale à action directe, à détente variable par le régulateur et



à condensation. — On peut, en plaçant horizontalement le cylindre de la machine à vapeur,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

supprimer le balancier comme dans les précédentes, On obtient alors la *Machine à action directe* qui occupe peu de place, offre plus de stabilité que les verticales; on peut donner une très grande vitesse au piston sans craindre les ébranlements; les fondations à faire ne sont pas considérables et tous les organes sont faciles à visiter. La condensation peut se placer en dessous comme cela est indiqué sur la figure ou en face du cylindre à vapeur.

Watt connaissait cette disposition, mais il ne l'employa jamais, craignant l'inégalité d'usure par le frottement du piston aux divers points de la surface intérieure du cylindre quand il est placé horizontalement L'expérience a montré qu'il ne fallait pas s'exagérer cette influence.

Machines Compound. Depuis un certain nombre d'années, et surtout en vue du service de la navigation à hélice, on a modifié les machines de Woolf en mettant les manivelles des cylindres à 90° l'une de l'autre (fig. 1) en sorte que les points morts ne coïncident

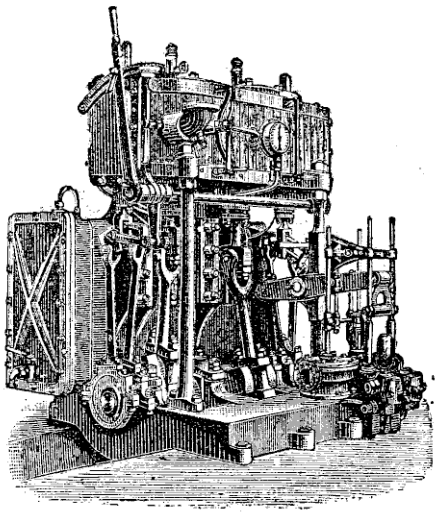


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus, ce qui nécessite un réservoir de vapeur d'un certain volume intercalé entre les distributions des deux cylindres. Ce type de moteur s'est beaucoup répandu sous le nom de *machine compound*, appellation qui est souvent appliquée à tort à toutes les machines de Woolf, dont les machines compound ne sont qu'une variante. Possédant les qualités des machines de Woolf et procurant une plus grande uniformité de mouvement, elles peuvent être menées à de très grandes vélocités, en restant très économiques de consommation. L'enveloppe de vapeur est toujours appliquée, sauf dans quelques machines de très petites dimensions.

Les figures 2 à 4 représentent trois positions

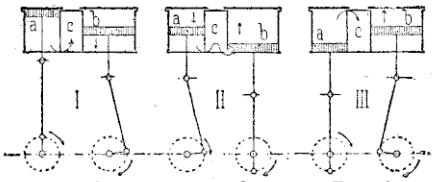


Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

d'une machine compound verticale, à l'aide desquelles il est facile de comprendre le fonctionnement de ces machines. Dans la position I, le volume de vapeur compris sous le piston *a* du petit cylindre (haute pression) devra s'écouler pendant le mouvement descendant du piston dans le grand cylindre (basse pression) ; mais on ferme l'admission au grand cylindre avant que l'échappement commence au petit, et cette vapeur d'échappement s'écoule alors dans le réservoir intermédiaire jusqu'à ce que le grand piston soit arrivé au bas de sa course. Dans ce réservoir, on lui fournit une nouvelle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quantité de chaleur au moyen d'un chauffage à vapeur.

La position II représente le piston *b* du grand cylindre au bas de sa course; la vapeur passe alors du réservoir *c* et du petit cylindre *a* sous le piston *b* pour le faire remonter. Quand le piston *a* atteint sa position limite III, ou un peut avant, on ferme à nouveau le grand cylindre et la vapeur qu'il renferme se détend jusqu'à fin de course, tandis que de l'autre côté du piston *b*, il y a communication avec le condenseur.

Pour obtenir d'une machine compound le maximum de travail, il faut maintenir la pression, dans le réservoir intermédiaire, égale à la pression finale dans le petit cylindre, et pour cela, il suffit de faire le volume de l'introduction au grand cylindre, égal au volume final du petit cylindre. Mais il est préférable d'augmenter un peu l'admission au grand cylindre et de diminuer le volume du petit, en tolérant à la sortie du petit cylindre, une légère chute de pression de 0 k. 3 à 0 k. 5. La perte de travail, conséquence de cette irrégularité, est faible.

Il suffit en pratique, de donner au réservoir intermédiaire un volume double de celui du petit cylindre, pour que les variations de pression y soient négligeables.

Malgré cela, on peut admettre que même en marche normale, une machine compound développe un travail moindre, d'environ 5 à 6 %, qu'une de Woolf, des mêmes dimensions et vélocité, et il faut en tenir compte dans le calcul.

Mais il ne s'en suit pas que le rendement économique soit moins bon; au contraire, il est généralement meilleur, ce qui tient à ce que les pertes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par refroidissement en sont notablement diminuées, les chutes de température étant moindres dans chacun des cylindres et surtout dans le petit, qui reçoit la vapeur neuve.

Dans les machines de navigation, les deux cylindres sont munis de tiroirs ordinaires à recouvrement, conduits par des coulisses de Stephenson, qui se manœuvrent ensemble par le même relevage. Dans quelques machines, une disposition spéciale permet de faire varier la position de l'une des deux coulisses par rapport à l'autre, pour obtenir une marche plus régulière.

Dans les machines fixes, les distributions des deux cylindres sont à détente variable et celle du petit cylindre est commandée par le régulateur, tandis que pour le grand, elle est variable à la main, pour éviter la complication.

Le *réservoir intermédiaire* (*receiver* en anglais) est souvent une simple conduite de grand diamètre reliant les deux cylindres. Dans les machines verticales, il est quelquefois formé de l'enveloppe de vapeur qui entoure le petit cylindre, ce qui est très défectueux.

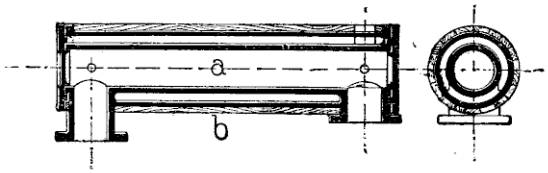


Fig. 5

Sa capacité est au moins égale au volume du petit cylindre et au plus, au volume du grand cylindre.

La surface de chauffe du réservoir est égale à 1 fois ou 1 fois 1/2 la surface intérieure du grand

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindre. La figure 5 représente le mode de construction d'un réservoir intermédiaire d'une machine compound à pilon. Il se compose d'un tuyau en forme d'U renversé, de $0^m,150$ de diamètre intérieur, reliant directement les boîtes à vapeur des deux cylindres. La partie médiane *a* de ce tuyau est réchauffée par une circulation de vapeur de la chaudière dans l'espace *b*. Dans la disposition de la figure 6, qui est une coupe horizontale, le réservoir se compose d'un cylindre à cloison intérieure dont l'enveloppe *a*, faite en tôle, renferme la chemise de vapeur destinée à réchauffer la vapeur intérieure. Cette dernière traverse le réservoir en tournant la paroi intérieure *b*. Dans l'enveloppe deux tuyaux servent, l'un à l'arrivée de la vapeur, l'autre à l'écoulement de l'eau de condensation. L'enveloppe doit toujours être entourée d'un corps mauvais conducteur de la chaleur (feutre, bois, amiante), tant sur les côtés que sur le fond.

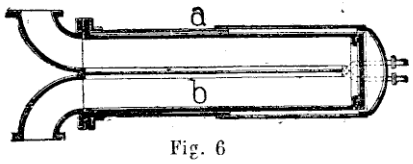


Fig. 6

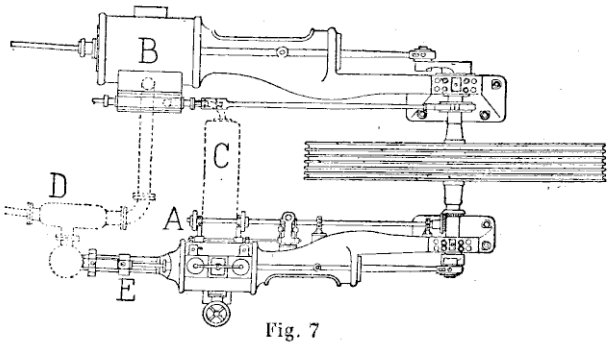


Fig. 7

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chacun des cylindres est muni d'une chemise de vapeur prenant directement sa vapeur dans la chaudière.

La disposition relative des deux cylindres varie considérablement. Tantôt ils sont côte à côte (ce qui est le plus fréquent) comme dans les figures 2 à 4, tantôt bout à bout ; souvent aussi ils forment deux machines séparées, réunies par le récipient réchauffeur. Cette combinaison est surtout avantageuse pour transformer une ancienne machine en une machine compound plus puissante, par l'adjonction du grand cylindre et de son mécanisme.

La figure 7 représente une machine compound de ce dernier type, provenant des ateliers de Gœrlitz.

A est le cylindre à haute pression ; B celui à basse pression ; C le réservoir intermédiaire et D le condenseur dont les pompes sont commandées en E par la tige du piston du petit cylindre.

La machine compound tend de plus en plus, malgré les critiques intéressées, à remplacer la machine à cylindre unique. Dans un avenir prochain, la machine à haute pression et à triple détente remplacera la machine compound. Comme la grande, la petite industrie doit s'efforcer de rechercher la force motrice économique jointe à la simplicité des organes et à la modicité du prix d'achat.

Machine Averly. La théorie démontre la nécessité, pour une marche économique des machines à vapeur, de l'emploi de la détente prolongée dans les cylindres et du réchauffement pendant cette période de détente, mais en pratique il a été reconnu que l'on ne doit pas dépasser dans un seul

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindre une détente de 4 à 5 fois le volume initial introduit sans qu'il y ait perte par suite des condensations et du faible travail final qui, dans certains cas est moindre que celui dû aux résistances passives.

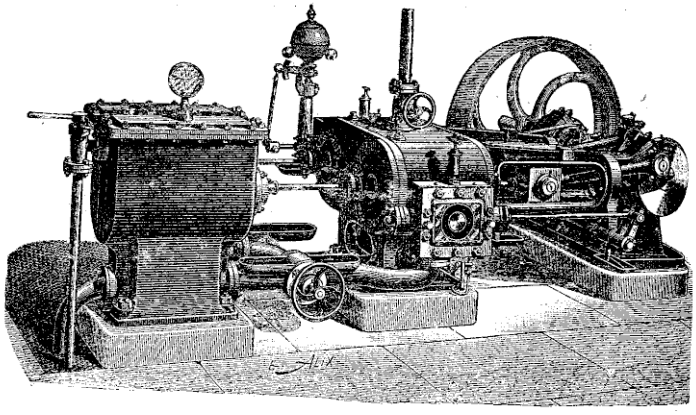
Pour résoudre ce problème, certains constructeurs appliquent des organes compliqués de distribution à déclics ou à ressorts qui peuvent donner des introductions brusques et faibles, mais ils se heurtent toujours à cette limite maximum de détente.

La machine *(compound)* aujourd'hui bien en faveur, a l'avantage de permettre cette détente très prolongée et ce réchauffement effectif, sans aucune complication d'organes; elle permet donc d'utiliser complètement les hautes pressions des générateurs, ce qui est une condition indispensable pour une marche économique; elle consiste en deux ou plusieurs cylindres de volumes inégaux, dans lesquels la vapeur passe successivement, se détendant dans chacun d'eux. Avec deux cylindres, comme on l'a vu page 198, on croise les points morts et l'on emploie un réservoir intermédiaire que l'on peut réchauffer facilement et qui remplit pour le deuxième cylindre, l'office de générateur. Par suite de ces dispositions spéciales de réchauffement, de meilleure utilisation de la vapeur et de la condensation, de diminution des fuites des pistons et de la perte des espaces nuisibles, la machine compound est plus économique que toute machine à un seul cylindre, même avec le même degré de détente: c'est ce qui justifie son emploi exclusif pour les puissantes machines de la navigation maritime.

Les Anglais qui ont donné ce nom de compound

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à ce type, en construisent maintenant même pour de petites puissances, 3 à 4 chevaux, à deux cylindres. La figure représente un moteur de ce genre



de la force de 11 poncelets 25 (15 chevaux), à condensation et à détente variable par le régulateur, construit par M. *Averly*, de Lyon.

Le petit cylindre a 150 millimètres de diamètre et le grand 250 ; le nombre de tours par minute est de 145 ; la vitesse linéaire des pistons n'est que de $1^{m},240$ par seconde et dans les cas urgents, tout en marchant dans de bonnes conditions économiques, on peut faire produire à la machine un travail de 30 % supérieur au travail normal. Le groupement des organes y est ingénieux et l'accès facile ; la vapeur se distribue aux cylindres au moyen de tiroirs ordinaires sans complication, ce qui est très important au point de vue de l'entretien et des réparations.

Les points morts croisés suppriment complètement les chocs, permettent, sans danger, un plus grand nombre de tours à la machine et diminue les dimensions du volant et de l'espace occupé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les **Machines Barbat**, verticales ou horizontales, qui fonctionnent avec quatre ou huit cylindres, ne sont que des machines compound, dans lesquelles les bielles sont supprimées, et dont la distribution totale ne s'opère qu'au moyen d'un seul excentrique commandant deux coulisses de changement de marche à point d' scillation fixe.

Machines Corliss. La première machine de ce type date de 1850, puis ce dernier fut successivement modifié par M. *Corliss.*

Dans ces machines les quatre tiroirs cylindriques sont commandés par un même excentrique, en sorte que l'admission est limitée entre 0 et 0,4 ; d'ailleurs l'admission à pleine course peut aussi avoir lieu. Le mécanisme de commande des tiroirs présente une

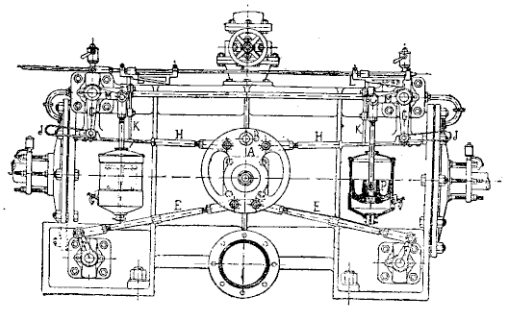


Fig. 1

foule de variantes. La figure 1 représente le type Corliss dit *à bielles suspendues*, encore souvent employé à l'étranger. Un plateau conducteur A, mis en oscillation par la barre d'excentrique qui s'articule en B, communique un mouvement continu d'oscillation aux manettes F, F, des tiroirs d'échappement. Les manettes G, G, des tiroirs d'admission sont reliées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au conducteur par l'intermédiaire de déclanchements : la bielle H est suspendue à son extrémité, au moyen d'un ressort J, à un petit maneton situé à l'extrémité de la manette G. Après l'un des points morts du conducteur, la manette est repoussée par un ergot faisant corps avec la bielle H. L'admission s'ouvre alors, et la bielle H va en s'élevant, avec le maneton qui la soutient, jusqu'au moment où elle est arrêtée par l'intermédiaire d'un verrou K, glissant librement, et qui vient buter contre un plan incliné L. La bielle H est alors dégagée d'avec la manette, malgré le ressort J ; et un poids P, agissant sur un bras de levier M, ramène brusquement le tiroir dans sa position de fermeture. Le poids forme piston et comprime sous lui, au moment de sa chute, une certaine quantité d'air qui fait matelas et amortit le choc. Souvent on remplace l'action de la pesanteur par l'effet d'un ressort. La position des plans inclinés L dépend du régulateur, en sorte que la détente est entièrement sous la dépendance de cet organe.

Les figures 2 et 3 représentent le type Corliss dit de 1867, ou *lame de sabre,* le plus connu en France. x et x_1 sont les tiroirs d'admission, y et y_1 ceux d'échappement. Le conducteur A est placé en avant du cylindre. La liaison de chacun des tiroirs d'admission avec le conducteur a lieu par l'intermédiaire d'une bielle E portant un piston à air O, d'un cliquet F, d'un levier cintré G, et d'une bielle H. Lorsque le cliquet F se rapproche du cylindre, l'admission se produit ; pendant ce temps, la queue du cliquet va en se rapprochant de l'arête d'un couteau K, dont la hauteur est déterminée directement par le régulateur. Au contact du couteau, le cliquet

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bascule, et la bielle E est vivement rappelée en avant par l'action du ressort à lames L, qui se débande; l'admission se trouve ainsi fermée.

Fig. 3

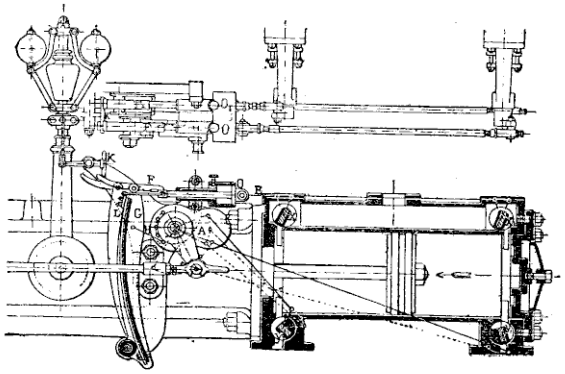


Fig. 2

L'ensemble d'une distribution Corliss flatte l'œil; on dirait qu'elle marche avec une précision mathématique ; c'est un tout de pièces mécaniques qui demandent beaucoup de soin, dans l'ajustage, la trempe et surtout le dégauchissage ; en somme, une distribution de ce genre ne doit être confiée comme exécution qu'à de bons ouvriers et ne doit être réglée que par des monteurs capables.

En 1865, MM. *Spincer* et *Ingliss* modifièrent la machine Corliss, modification qui elle-même fut remodifiée par MM. *Cail et Cie*.

Machine Cail et Cie. Cette machine qui est une variante du type Corliss modifié, a été étudiée et construite sur les plans du savant ingénieur, M. *Mesnard*. Ayant eu l'avantage de travailler à la construction de l'une d'elles, il m'a donc été possi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ble d'en examiner le mécanisme et le fonctionnement de bien près.

Ces machines, qui semblent marcher avec précision comme un mouvement d'horlogerie, sont d'une exécution parfaite et tous les détails sont étudiés avec le plus grand soin, ce qui prouve par là que cette maison, aussi bien au point de vue du mérite de ses ingénieurs que de ses chefs pratiques, reste l'un de nos premiers ateliers de construction de France.

La figure 1 montre à droite une coupe du cylin-

Fig. 3 Fig. 4

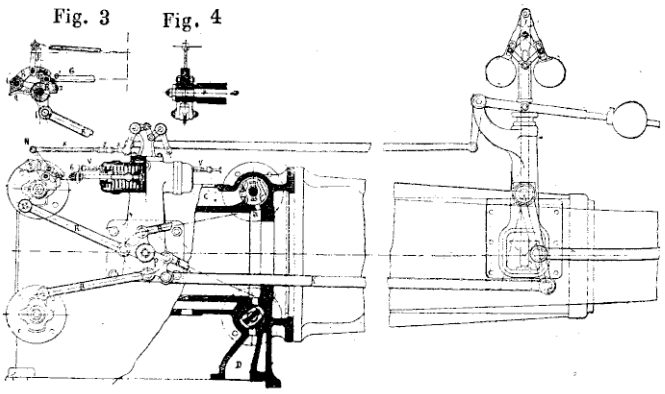


Fig. 1 Fig. 2

dre et à gauche une élévation du mécanisme complet de la distribution. Ce mécanisme *(Traité de Mécanique théorique et appliquée*, de M. Hergot, ancien ingénieur de l'usine Cail) se compose de :

Deux capacités cylindriques A et B, venues de fonte avec le cylindre et alésées suivant une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal de la machine reçoivent chacune un distributeur ou tiroir.

Le distributeur supérieur A de droite, lorsque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

son arête *b* vient démasquer la lumière *a*, opère l'admission de la vapeur contenue précédemment dans un grand conduit C. Le distributeur inférieur B opère l'échappement : à cet effet, il porte, en son milieu, un espace libre que la vapeur traverse pour se rendre en D, et un tuyau la dirige ensuite au condenseur.

Deux autres distributeurs remplissent les mêmes fonctions à l'extrémité opposée du cylindre.

Pour actionner les distributeurs, ceux-ci portent, en leur milieu, une tige prismatique terminée par une partie cylindrique qui traverse, par un presse-étoupes, les couvercles d'avant fermant hermétiquement les capacités A et B; les couvercles d'arrière sont pleins. Un plateau central P, placé au milieu du cylindre et mobile autour d'un axe horizontal, reçoit un mouvement d'oscillation au moyen d'une barre K, commandée par un excentrique. A ce plateau sont articulées les têtes de quatre bielles R, dont les autres extrémités sont reliées à des leviers portés par les tiges des distributeurs.

L'échappement de la vapeur se produisant toujours dans les mêmes conditions, déterminées préalablement, les deux leviers sont calés sur leur axe.

Les périodes d'admission devant, au contraire, varier dans les limites les plus étendues, examinons le dispositif spécial à cette machine, qui permet d'arrêter automatiquement l'introduction de la vapeur. Les figures 3 et 4 comportent ce dispositif. Sur la tige F, de chacun des distributeurs d'admission est calé un disque E recevant l'extrémité de la tige G d'un piston enfermé dans une caisse cylindrique appelée *boîte à choc;* un puissant ressort à boudin, comprimé entre ce piston et le couvercle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la boîte, tend toujours à ramener le disque E à fond de course, vers la droite; ce disque porte, sur sa circonférence, un petit grain en acier O' encastré et faisant légèrement saillie.

Un levier double II', formant chape. est fou sur le moyeu de E, et il est relié à l'une des bielles R qui le fait osciller d'une manière continue. Entre les joues II' vient se loger une pièce à queue H, munie d'un petit bloc O, en acier, portant une encoche qui peut venir se loger dans la saillie O'. Sur la figure 1, ces pièces sont en contact et l'enclanchement est produit.

La bielle entraîne donc, dans son mouvement, le disque E, et par suite, le distributeur d'admission qui, en tournant, détermine l'introduction. Il suffit donc, pour arrêter cette introduction, de rompre l'entraînement des pièces qui sont O et O', car le ressort de rappel agira pour ramener instantanément le disque E à sa position initiale. Le levier J, terminé par une came et articulé dans une mortaise pratiquée dans l'épaisseur de H, est chargé de cette fonction. Lorsque l'enclanchement vient de se produire (fig. 1), ce levier est très incliné : il se relève graduellement, entraîné à sa partie inférieure par H; la came qu'il porte vient s'appuyer contre la surface cylindrique extérieure du disque E, et cette came agit pour soulever la pièce H jusqu'à ce que l'encoche O sorte de O'. A cet instant, le déclanchement est produit; le ressort rappelle brusquement le disque E auquel est relié le distributeur, et l'admission est interrompue.

Suivant la position occupée par le point N, le déclanchement se produit plus ou moins tôt et le degré de détente se trouve modifié.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La bielle XX est en deux parties, reliées par un écrou *y* à deux filetages contraires pour permettre le réglage de sa longueur.

Deux petits cylindres V, gradués extérieurement, font connaître la durée de l'admission; pour cela une clavette à tête, faisant partie de la tige du piston G, entraîne dans son mouvement vers l'extérieur, un petit disque portant une tige qui se déplace à l'intérieur des petits cylindres. Cette tige est munie d'un index qui indique, sur une échelle, le degré de détente.

Un ressort Q agit à l'extrémité du levier à queue H pour que le contact soit assuré sur le disque E, et une petite rondelle en caoutchouc Z évite le bruit que produirait la pièce H en tombant sur le disque à chaque enclanchement. Le régulateur (fig. 2) est du système *Andrade;* le bâti de la machine est à baïonnette et coulé d'une seule pièce avec le palier de l'arbre moteur, les glissières sont cylindriques et concentriques à l'axe du cylindre et les patins présentent une large surface d'appui.

Ces machines peuvent, sans crainte d'accidents, développer momentanément un travail double de celui qu'elles doivent produire. Elles consomment environ 1 k. 300 gr. de charbon par heure et par poncelet indiqué, avec une vaporisation de 7 k. 8 d'eau par kilogramme de combustible brûlé.

Machine système Farcot. Le premier type de ces machines, qui ne sont qu'un genre Corliss, était de MM. *Bède* et *Farcot*. Les espaces nuisibles sont notablement diminués par la disposition indiquée (fig. 2), et qui est semblable à chaque extrémité du cylindre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

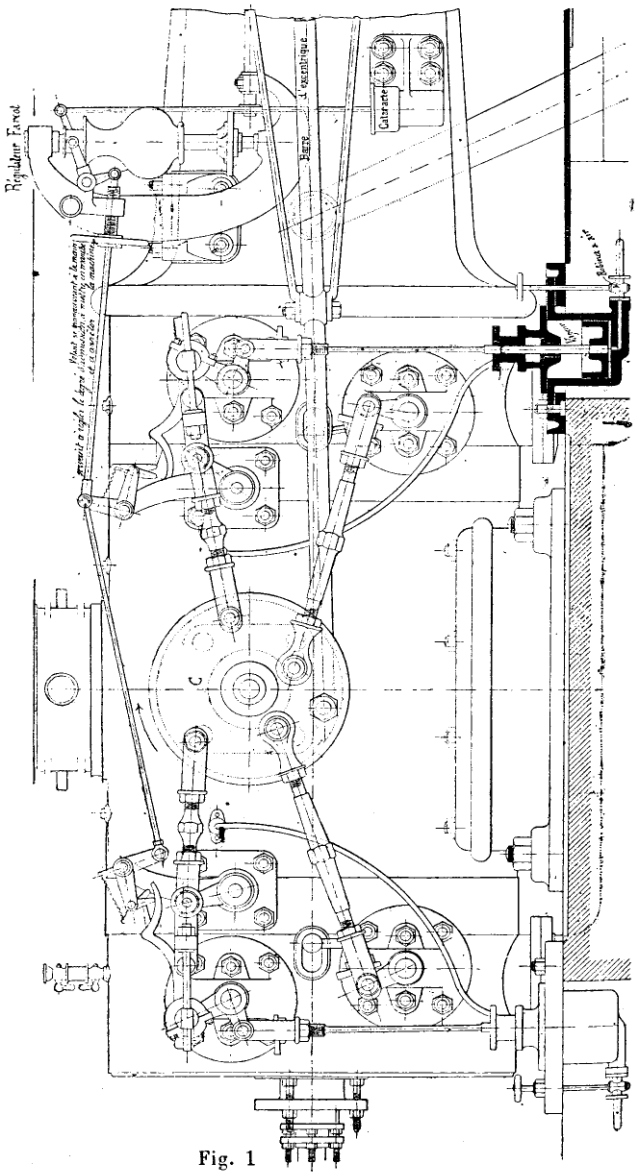


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A est le distributeur d'admission, B est celui d'échappement, formé d'un demi-cylindre dont la marche est réglée de façon à éviter le piston lorsqu'il arrive à fin de course. Un seul plateau G (fig. 1), comme dans le système Cail, commande les quatre bielles des distributeurs ; seulement, au lieu d'être placé dans l'axe horizontal de la machine, il se trouve un peu au-dessus. Les boîtes à choc, désignées sous le nom de *ressort-vapeur* sont verticales, et les ressorts à boudin sont remplacés par la vapeur dont l'introduction est réglée automatiquement, ce qui permet d'obtenir une fermeture rapide et sans bruit.

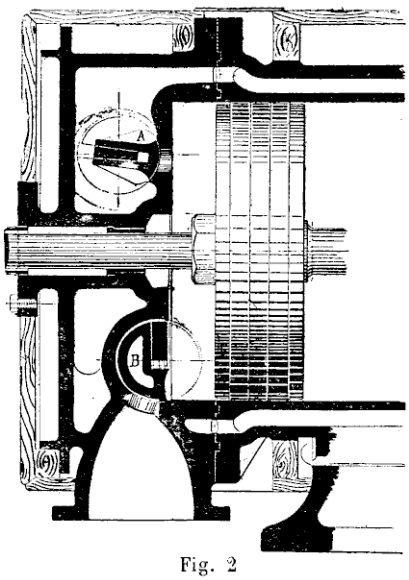


Fig. 2

Machine système Whelock. Ce type de machine (fig. 1 et 2) est caractérisé par la position de ses distributeurs, qui se trouvent à la partie inférieure du cylindre.

Un seul orifice, placé à chaque extrémité de ce dernier, sert tour à tour d'admission et d'échappement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce genre de distribution est supérieur au système Corliss, et permet de marcher à une vitesse plus grande, soixante tours environ à la minute.

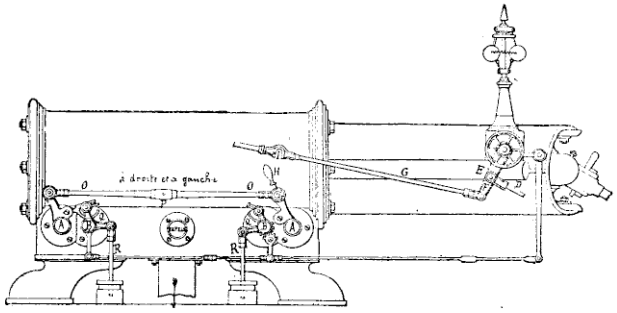


Fig. 1

Le régulateur, quoique n'ayant pas de contre-poids, agit assez vivement ; il possède deux boules qui sont bridées par un ressort, lequel s'oppose à leur écartement.

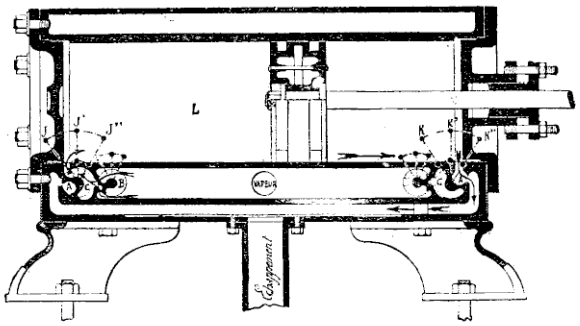


Fig. 2

A. A, distributeurs, déterminant l'admission et l'échappement de chaque côté du piston ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B, B, distributeurs, dont le but est de fermer à la vapeur à pleine pression l'espace C laissé libre autour des distributeurs AA;

D, barre d'un excentrique calé sur l'arbre moteur, et dont l'extrémité E est articulée vers le milieu du levier F ;

G, bielle s'articulant d'un côté à l'extrémité du levier F, et pouvant s'engager de l'autre côté sur le levier H, au moyen d'une encoche I, afin de pouvoir déterminer l'oscillation des leviers qui viennent prendre successivement les positions J, J', J" ; K, K', K",

O, O, barre rigide formée de deux parties, réunies par un écrou P, à deux filetages contraires, pour permettre le réglage de sa longueur.

Les distributeurs B, B fonctionnent par une combinaison de leviers à coulisse et de cliquets, et règlent automatiquement la durée d'introduction de vapeur en rapport avec le travail que la machine a à vaincre.

Sur la figure 2, on voit que la vapeur arrive par les distributeurs B et A, côté gauche du piston, et agit à pleine pression ; de l'autre côté le distributeur B arrête l'introduction, et la vapeur s'échappe comme l'indique la flèche.

A ce moment, le levier F tire la bielle G et entraîne les distributeurs de gauche à droite, mouvement qui a pour effet d'arrêter en temps voulu l'introduction de la vapeur en L, et de produire la détente jusqu'à ce que la lumière d'échappement soit démasquée ; alors, sur la droite, le distributeur B, avant d'ouvrir la communication à la vapeur, permet de produire une courte compression pen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dant que le piston continue sa course pour recommencer en sens contraire.

A l'extrémité de chaque levier Q, est suspendu, par une tige R, un poids ou piston lourd qui coulisse à frottement doux dans une boîte à air, au fond de laquelle est ménagé un petit trou dont l'ouverture peut être réglée facilement pour maintenir la chute du poids.

Machines à soupapes. Les distributions à soupapes, longtemps confinées aux machines d'élévation d'eau ou d'extraction, sont appliquées avec succès, surtout dans les machines Sulzer et analogues, aux grandes machines motrices.

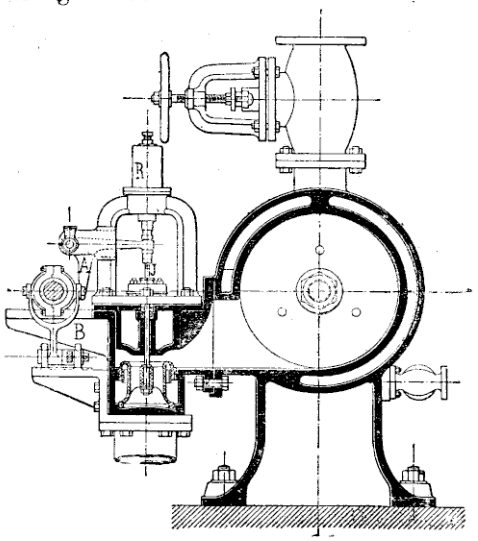


Fig. 1

Les quatre soupapes équilibrées, d'abord placées latéralement, ce qui est plus commode à comman-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

der, se placent maintenant, comme les tiroirs Corliss, au-dessus du cylindre pour l'admission, et au-dessous pour l'échappement.

Les figures 1 à 3 représentent une machine à soupape du premier type (Société de Nuremberg). Parallèlement à l'axe du cylindre, se place un arbre de distribution, commandé depuis l'arbre du volant au moyen d'un engrenage d'angle à 45°. Sur cet arbre son situées quatre cames, une vis-à-vis de

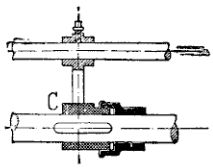


Fig. 2

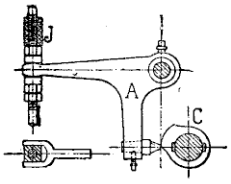


Fig. 3

chaque soupape, et ces cames C (fig. 2 et 3) manœuvrent les soupapes au moyen d'un levier A, dont le bras vertical porte une touche en acier (ou un galet), s'appliquant constamment sur la came. Le bras horizontal du levier forme fourchette pour saisir la tige J de la soupape. Pour éviter le retard que pourrait apporter à la fermeture le frottement de la boîte à étoupes, on charge la tige J, au moyen d'un ressort à boudin, agissant en même temps sur un piston à matelas d'air.

Les cames d'admission ne sont pas calées sur l'arbre de distribution, mais font corps avec une douille qui peut glisser sur l'arbre, le long d'une clavette; elles sont taillées en surface héliçoïdale sur leur pourtour, de manière que la durée de l'admission varie avec leur position; mais le côté d'ouverture, qui détermine l'entrée de la vapeur, est rectiligne. L'avance à l'admission est ainsi cons-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tante, tandis que le moment de la fermeture varie suivant la quantité dont la came s'est déplacée sur l'arbre.

Le mouvement de glissement de la douille est déterminé par le régulateur, au moyen d'un levier à fourchette B, engagé dans une rainure de la douille, et directement commandé depuis le manchon du régulateur, par une combinaison de leviers.

Les figures 4 et 5 représentent le dernier type Sulzer, exposé à Paris en 1878; la distribution permet de faire varier l'admission de 0 à 0,9, et fonctionne également bien avec de grandes vitesses de piston. La figure 4 indique le principe du déclanchement : *a* est la queue du levier de la soupape, oscillant autour de son axe ; cette queue forme une palette ajustée en arc de cercle, sur la palette glisse un sabot *b*, relié au mécanisme de commande, et qui se meut suivant des courbes déterminées, dont l'une est tracée sur la figure. Toutes ces courbes se déforment légèrement en se déplaçant, suivant la direction xx_1. Dans son mouvement suivant la courbe, le sabot ouvre la soupape lorsqu'il va dans le sens yy_1, et il se dégage peu, en s'avançant dans le sens xx_1. Les courbes se déplacent du côté x, pour augmenter l'admission, et du côté x_1 pour la diminuer.

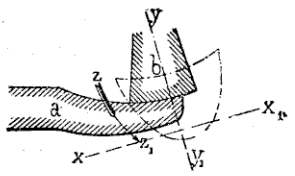


Fig. 4

La courbe est parcourue dans le sens zz_1 : la vitesse avec laquelle le sabot arrive au contact de la palette est très faible, mais elle augmente ensuite très vivement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 5 représente l'ensemble du mécanisme de distribution. Parallèlement à l'axe de la machine tourne l'arbre de distribution, dont le mouvement a lieu suivant la flèche, et qui a la même vitesse que l'arbre du volant. Deux excentriques C mène chacun une soupape d'admission G et une soupape d'échappement H. La barre d'excentrique B est gui-

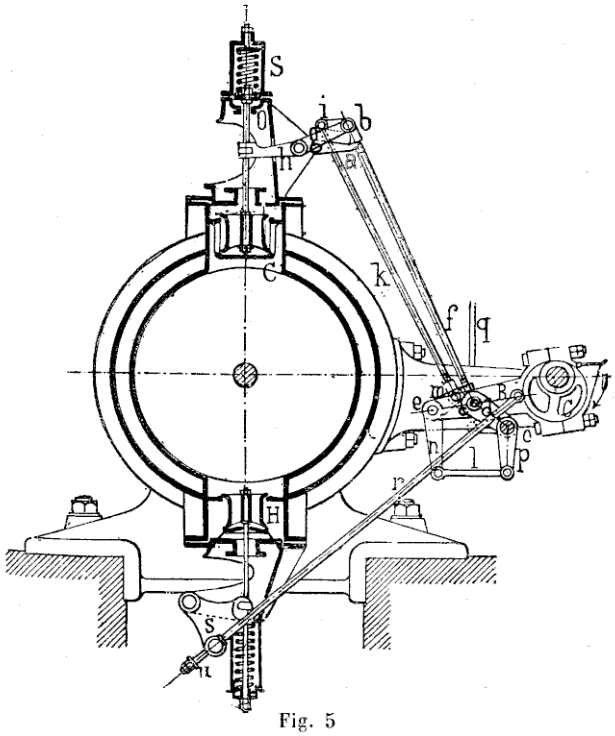


Fig. 5

dée au moyen de deux petites bielles *d*, articulées en *c*, et tournant autour d'un point fixe, qui est l'axe de l'arbre de détente *o;* il en résulte que le point *e* décrit une courbe à peu près ovale. Le point *c* sert en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

même temps d'articulation à la bielle *f*, qui élève et abaisse l'axe *b* du sabot *a* : cet axe se meut sur un arc de cercle, étant relié à un point fixe par deux petites bielles *g*, entre lesquelles se trouvent le levier à palette *ah*. Le sabot forme levier coudé, et son extrémité *i* est reliée, par l'intermédiaire d'une bielle *k* et d'un levier coudé *mn*, au point *e* de la barre B ; c'est la bielle *k* qui produit le déplacement latéral du sabot, d'après le degré d'admission voulu par le régulateur, et pour cela, elle est mise dans la dépendance de cet organe par une petite bielle *l*, articulée à un bras *p*, calé sur l'arbre *o*, lequel oscille avec le manchon du régulateur, au moyen de la tringle *q*. L'arête du sabot *a* est ainsi plus ou moins déplacée vers l'extrémité de la palette, et laisse échapper celle-ci à un instant qui dépend de la position d'équilibre du régulateur.

La soupape d'échappement est commandée par la tringle *r*, et par un levier coudé *s*, au moyen d'un emmanchement à douille *u*, qui a le jeu nécessaire pour permettre à la tringle de continuer son mouvement une fois la soupape fermée.

Machine Collmann. La figure 1 représente l'ensemble d'une machine de ce système lequel présente de nombreuses variantes, mais dans toutes, le principe est le même. Les soupapes de distribution sont placées à chacune des extrémités du cylindre, à côté l'une de l'autre (fig. 2), la soupape G servant à l'admission et la soupape H à l'échappement.

Le mouvement est pris par un excentrique ou par une manivelle sur l'arbre de distribution A, dont la vitesse est la même que celle de l'arbre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

principal. Quand les organes du mécanisme ont la position représentée dans la figure, le piston se trouve au point mort avant. Pendant que la manivelle C décrit le demi-cercle inférieur — le mouvement ayant lieu dans le sens de la flèche — elle

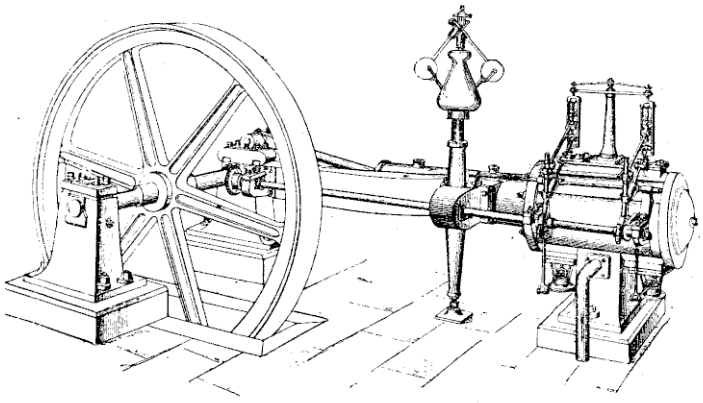


Fig. 1

commande l'admission ; elle agit, au contraire sur l'échappement, pendant qu'elle décrit le demi-cercle supérieur.

Cette manivelle actionne une bielle B qui est reliée à un levier coudé LK, dont le bras L commande directement la soupape d'échappement. A cet effet, la tige de cette soupape porte une mortaise dans laquelle passe le bras L du levier. Le bras K décrit des oscillations dont l'amplitude correspond à la pleine admission. L'admission partielle résulte du dispositif suivant : sur le prolongement de la bielle B coulisse un manchon E, relié par la bielle J à l'articulation au milieu de deux petites bielles M, M_1, articulées à genou. La position du manchon E sur la bielle B est commandée par le régulateur, lequel

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

agit sur l'arbre R, et déplace E par l'intermédiaire du levier Q et de la bielle P. Les deux bielles articulées M, M_1, sont logées dans une fenêtre de la tige F de la soupape, et tandis que l'une est réunie en M_1 à l'œil du bras K du levier LK, l'autre est

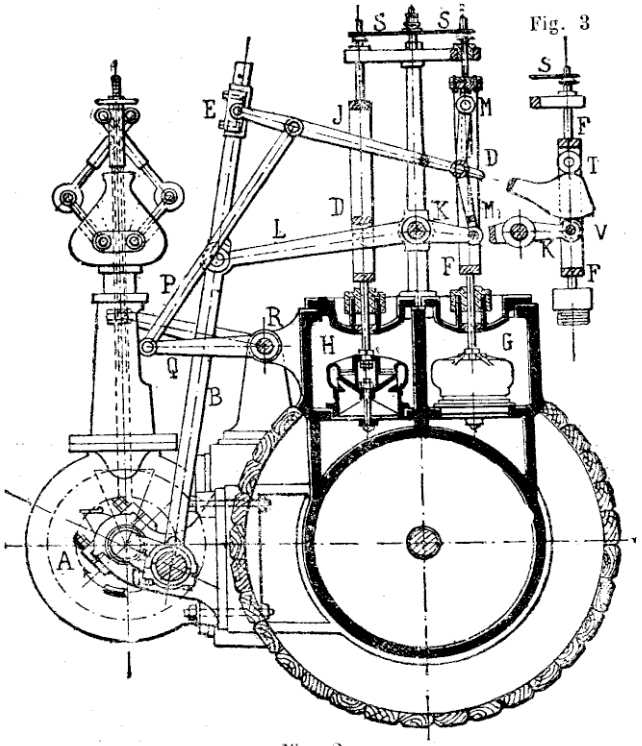


Fig. 3

Fig. 2

articulé en M à une traverse à coulisse, pouvant glisser dans l'intérieur de la mortaise, ce qui permet la continuation du mouvement descendant du levier K, même après la fermeture de la soupape.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 3 représente une autre disposition du mécanisme de commande de la soupape d'admission. La bielle J se termine ici par une tête élargie, à contours courbes, recevant un mouvement de va-et-vient entre les deux petits galets V et T, fixés l'un à l'extrémité du bras de levier K, et l'autre entre les deux flasques de la tige de la soupape. L'amplitude de ce mouvement est réglée par la position du manchon E. Le jeu de la soupape est analogue à celui qui résulte du mécanisme précédemment décrit.

La fermeture des soupapes est produite par l'abaissement des bras du levier LK; elle est de plus assurée par l'action du ressort S. Cette fermeture se faisant sans choc, on évite l'emploi de coussins d'air, mais, par contre, on perd l'avantage de la fermeture instantanée de l'admission.

Machine horizontale *avec distribution par soupapes et détente variable au régulateur* (fig. 1 et 2), de la Société des Ateliers de Construction de la Meuse. La vapeur est distribuée dans le cylindre moteur par quatre soupapes équilibrées, actionnées par des excentriques ou des cames, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un plateau comme celui qui est figuré (fig. 1). Les soupapes de décharge sont placées à la partie inférieure du cylindre pour faciliter l'évacuation de l'eau et des matières étrangères. Les soupapes d'admission sont placées sur le dessus du cylindre. L'avance à la décharge et le degré de compression sont réglés par un calage convenable de l'excentrique et des leviers de commande.

La durée de l'admission et, par suite, le degré

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'expension de la vapeur est variable antomatiquement. Le mécanisme qui produit le déclic de la soupape est mis au point voulu par un régulateur à force centrifuge.

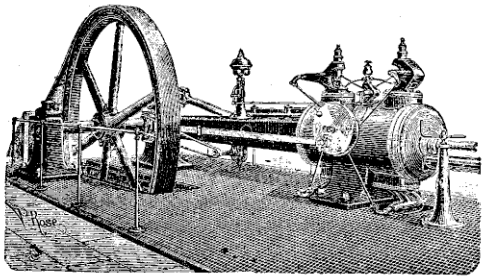


Fig. 1

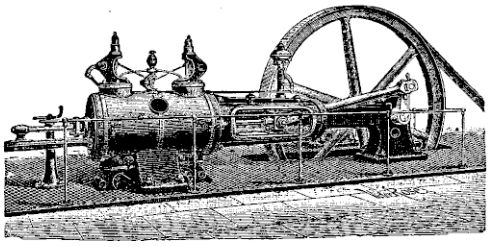


Fig. 2

La virgule de déclic est logée dans un cadre fort léger et monté sur la tige de la soupape d'admission. Ce cadre porte au sommet le piston amortisseur du dashpot et latéralement les guides qui assurent son mouvement rectiligne. La tige de la soupape et son presse-étoupe sont en bronze. La tige est attachée au cadre par deux écrous qui permettent à la soupape de tourner. Ces écrous servent aussi à régler la distribution.

La virgule tourne autour de son pivot de suspension, mais elle s'appuie sur la face supérieure du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cadre par l'intermédiaire d'un coussinet élastique. La virgule et le levier d'attaque portent chacun un grain en acier fondu pour remédier à l'usure.

Après le déclic et la chute de la soupape, la virgule revient en place par son propre poids ou par un petit ressort attaché au cadre.

La partie inférieure du cadre est disposée de telle façon que le levier de distribution provoque la fermeture de la soupape si, par une résistance quelconque, la soupape restait suspendue après la période d'admission.

Le mouvement de déclic est produit par la petite bielle qui part du pivot inférieur de la virgule et va s'articuler à la tête du piston de la cataracte qui est mise en jeu par le régulateur. C'est la position plus ou moins élevée de cette tête qui règle le point de déclic de la virgule et produit par conséquent une admission de vapeur plus ou moins prolongée.

L'autre soupape d'admission se comporte de la même manière que celle que je viens de décrire.

Lorsque le plateau distributeur est commandé par une coulisse et deux excentriques de distribution, le sens de rotation de la machine peut être changé facilement avec un levier de changement de marche ordinaire.

Ce mécanisme réalise donc avec un petit nombre d'organes, très légers, très simples, peu coûteux, facilement accessibles, un bon système de distribution de vapeur avec admission variable automatiquement, que la machine soit à changement de marche ou sans changement de marche.

La force, absorbée pour mouvoir les organes distributeurs, est presque nulle; un machiniste, sans l'aide d'aucun levier à vapeur, manœuvre avec

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la plus grande facilité deux machines conjuguées de 1^m,120 de diamètre et 1^m,600 de course aux pistons.

Les résultats obtenus avec cette machine au charbonnage de la Haye à Liège comme précision de manœuvre, rapidité de marche, économie de combustible et facilité d'entretien sont réellement remarquables, telle est la raison pour laquelle ce type de machines a fixé mon attention. Les dimensions des organes sont très généreuses et assurent la parfaite conservation du moteur.

Elles est appliquée avec le plus grand succès dans toutes espèces d'industries telles que: éclairage électrique, transport de force par l'électricité, fabriques de glaceries, ateliers mécaniques etc.

Machine Riedinger. Dans ce système (fig. 1), les soupapes sont conduites, comme dans la machine Collmann, pendant toute la durée de l'ouverture, tant à la levée qu'à la descente. On a donc pu pareillement supprimer les coussins d'air et réduire la charge sur la soupape, à la valeur nécessaire pour surmonter les frottements dus aux presse-étoupes.

Un arbre S, parallèle à l'axe du cylindre, sert à donner le mouvement au mécanisme de distribution. La commande des soupapes d'admission et d'échappement d'une même extrémité du cylindre est faite par une coulisse de Fink CC, dont le point d'oscillation est en D, à l'extrémité d'un levier coudé A, articulé au point M.

Les points C, C_1, décrivent des arcs de cercle, autour du point D comme centre, lequel oscille lui-même autour du point M. La tige Z reçoit par suite un mouvement alternatif de montée et de descente,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et coulisse à sa partie supérieure dans une petite douille P_1 articulée à l'extrémité du levier H. Elle se termine par un arrêt P qui entraîne avec lui la douille du levier H, pendant le mouvement descendant de Z.

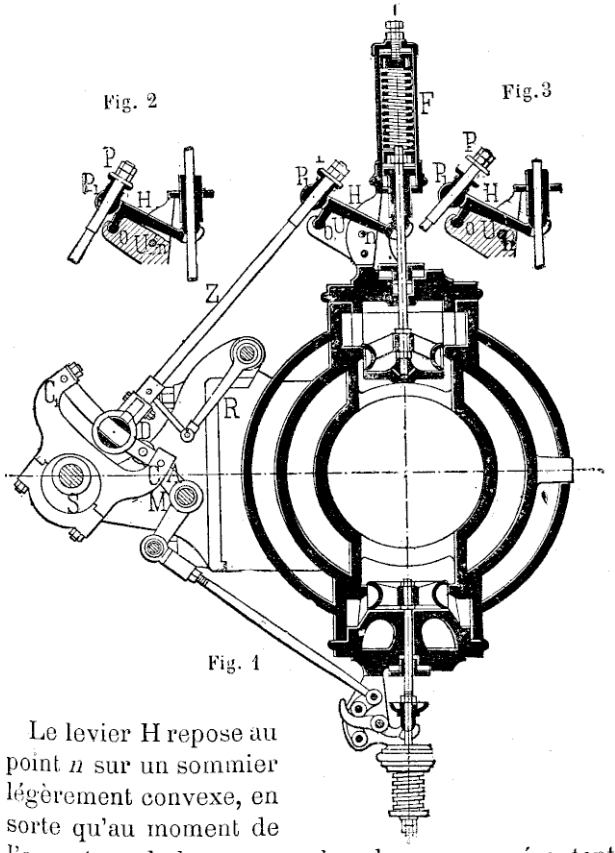


Fig. 2 Fig. 3

Fig. 1

Le levier H repose au point *n* sur un sommier légèrement convexe, en sorte qu'au moment de l'ouverture de la soupape, les choses se présentent comme il est indiqué sur la figure 1. Dès que l'ouverture se produit, le point d'appui du levier se dé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

place rapidement sur la surface courbe jusqu'à ce qu'une saillie du levier soit venue reposer dans l'encoche *o* du sommier U (fig. 2). Le rapport des bras de leviers est alors renversé, et pendant que P continu son mouvement descendant, le soulèvement de la soupape s'opère très rapidement.

Quand Z reprend le mouvement ascendant, le ressort à boudin F produit la fermeture de la soupape en abaissant le levier H dont le point d'appui se déplace alors à nouveau du point *o* jusqu'à la position de repos *n*. Le rapport des bras de leviers est donc encore renversé, et la soupape vient reposer sur son siège avec une vitesse réduite, ce qui supprime le choc.

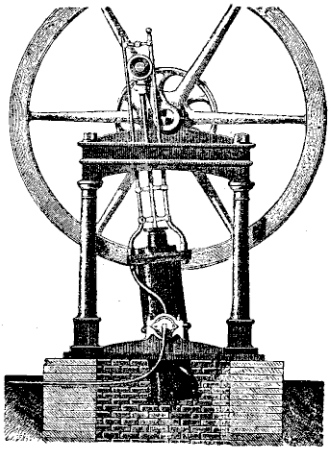
A la fin de la course ascendante de l'excentrique, l'arrêt P de la tige Z s'écarte de la douille P_1 du levier H (fig. 3). En déplaçant la tête de la tige Z sur la coulisse au moyen du levier R, commandé par le régulateur, on change le degré de détente. L'arc CC_1 de la coulisse ayant pour centre le point que la douille P_1 occupe sur la tige Z au moment de l'ouverture de l'admission, l'avance à l'admission reste la même, quelle que soit l'admission.

Malgré tous les soins théoriques et pratiques donnés aux distributions à soupapes, leur étanchéité, comme le dit avec raison M. de La Harpe, n'est généralement pas toujours très bonne, et les espaces nuisibles sont plus forts que dans les systèmes Corliss et dérivés.

Machine à cylindre oscillant. Un constructeur français, M. *Cavé*, suivant les idées imaginées par M. *Mauby*, en 1817, importa et construisit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des machines de ce genre, afin de supprimer la bielle et de relier directement la tige du piston à la manivelle de l'arbre moteur. Le cylindre des machines oscillantes est porté par des tourillons creux qui servent, l'un de lumière d'admission, l'autre d'échappement, et la distribution se règle par un tiroir comme dans les machines ordinaires. Le cylindre des machines oscillantes peut être disposé verticalement ou horizontalement.



Le cylindre des machines construites par M. Cavé oscillait sur un axe situé au milieu de sa longueur, tandis que M. *Fèvre* ingénieur de la Maison *Derosne* et *Cail* est le premier qui ait construit des machines dont le cylindre oscillait sur un axe situé à l'extrémité de sa longueur.

Ce type de machines est à peu près abandonné aujourd'hui dans l'industrie, il n'est plus guère employé que dans la navigation où l'on rencontre encore assez souvent des machines possédant deux cylindres oscillants.

Machine à vapeur à grande vitesse, système **Westinghouse** (fig. 1-2). Cette machine est une des plus appréciées, car elle ne demande que peu d'entretien et de place, et son usure,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

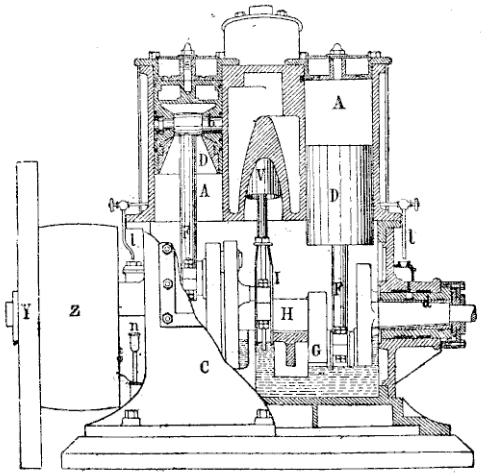
quoique peu sensible, ne nuit pas à son bon fonctionnement.

Ces avantages sont dus à la disposition générale de la machine, qui se compose de deux cylindres verticaux AA, placés à côté l'un de l'autre, et au-dessus de l'arbre moteur H. Les manivelles G sont calées à 180°, et sont reliées aux pistons DD par des bielles FF, dont les tourillons *b* sont fixés dans l'intérieur des pistons, qui sont du reste très longs. Cette disposition supprime l'emploi des glissières et empêche l'ovalisation des cylindres. Le tiroir à piston V est placé dans la boîte à vapeur B entre les deux cylindres, et est commandé par l'excentrique I. Ce tiroir distribue la vapeur alternativement dans les deux cylindres, et toujours au-dessus des pistons. Il en résulte que les bielles sont toujours soumises à des efforts de compression. La bielle fixée au piston, qui reçoit l'action de la vapeur, est poussée vers le bas, tandis que l'autre est poussée vers le haut par l'arbre moteur; les deux bielles appuient donc toujours sur l'arbre, et le jeu, qui pourrait exister dans les articulations, ne peut jamais donner de secousses.

Tout le mécanisme est renfermé dans le bâti C. Seules les extrémités de l'arbre, portant la poulie Z, et les volants Y sont à l'extérieur. Entre les cylindres et la boîte à vapeur, se trouve un réservoir d'huile O qu'il suffit de remplir chaque jour pour assurer le graissage complet et absolu de tous les organes. L'huile s'écoule par les tuyaux *l* sur les paliers *d*, et, après les avoir lubrifiés, descend dans le bas du bâti qui peut être en partie rempli d'eau. Les manivelles et l'excentrique trempent ainsi dans un bain d'huile, et en tournant, projettent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

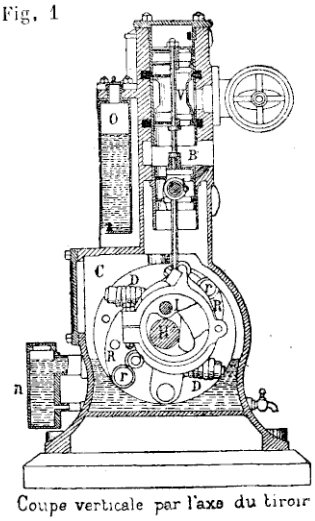
cette dernière sur toutes les parties de la machine.



Coupe verticale par l'arbre du moteur

Fig. 1

De cette façon, la petite quantité d'huile qui a servi aux paliers sert une seconde fois à graisser les autres parties de la machine. Lorsque la quantité d'eau, provenant de la condensation, augmente dans le bâti, elle s'en va par le siphon *n* sans entraîner l'huile. On voit donc que le graissage est absolument automatique et économique.



Coupe verticale par l'axe du tiroir

Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le régulateur de la machine est à force centrifuge. Il est placé sur l'arbre moteur à côté d'une des manivelles. Il agit, par l'excentrique, sur la distribution, c'est-à-dire sur la détente. Le régulateur se compose de deux poids RR, articulés en *r*. Ces deux poids s'écartent et rapprochent le centre de l'excentrique du centre de l'arbre moteur. Il est donc facile de régler au préalable la vitesse à laquelle le moteur doit marcher et l'admission à donner. En ralentissant, les poids sont rappelés par les ressorts D, et augmentent la course de l'excentrique, et par suite du tiroir de distribution.

Ces machines consomment peu de vapeur, surtout si on les fait marcher à haute pression. Elles supportent du reste aisément une pression de 12 kilogs.

Je citerai aussi comme mémoire la machine *Willans* qui en Angleterre est devenue pour ainsi dire le type unique des stations centrales électriques.

Machines Armington-Sims. Ces machines (fig. 1) sont spécialement étudiées pour marcher à

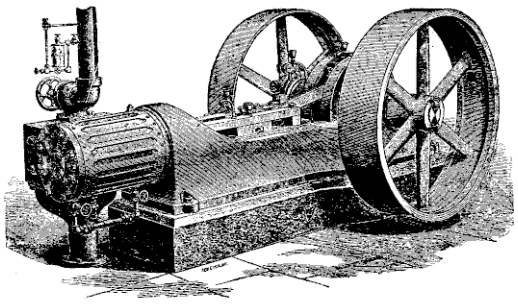


Fig. 1

grande vitesse et commander sans intermédiaire des machines à rotation rapide, telles que dynamos,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pompes centrifuges, transmissions rapides, etc. Ces machines se font remarquer par la douceur de leur marche aux allures les plus rapides et par leur régularité. On les fait simples, compound, tandem, horizontales ou verticales, à condensation ou sans condensation, depuis 6 poncelets (8 chevaux) jusqu'à 750 poncelets (1000 chevaux).

Dans ces machines le cylindre (fig. 2) est boulonné à la tête du bâti et peut se dilater librement sous l'influence de la chaleur. Le tiroir en forme de piston est léger, bien équilibré, toujours entouré de vapeur vive. Il admet rapidement la vapeur au cylindre sans chute d pression jusqu'à la fin de l'admission.

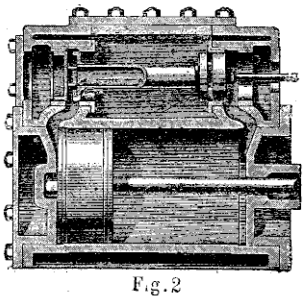


Fig. 2

Les figures 3 et 4 démontrent la parfaite admission de la vapeur, la rapidité de fermeture, aussi grande qu'avec le meilleur système à déclic.

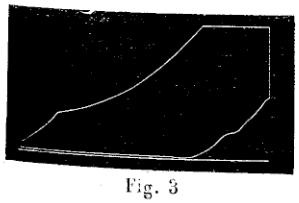


Fig. 3

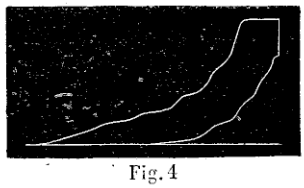


Fig. 4

Les grandes surfaces frottantes, l'absence de pression sur les glaces, rendent ces tiroirs très durables surtout avec un bon graissage. Au point de vue purement pratique, ils sont faciles à réparer ou à remplacer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le régulateur (fig. 5 et 6) se compose de :

1,1, poids agissant sur des axes fixés dans les bras de la poulie ou du volant fixé sur l'arbre.

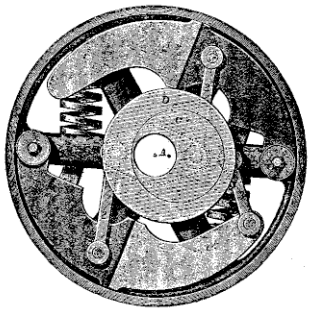


Fig. 5

C Excentrique attaché aux poids au moyen des bielles 2,2.

D Excentrique attaché à l'un des poids au moyen d'une bielle 3.

Les deux excentriques ensemble forment l'excentrique commandant le tiroir.

La figure 5 représente la machine marchant trop vite, la force centrifuge entraîne les deux poids à leur limite extrême.

La figure 6 représente la machine marchant trop lentement et la force centrifuge devenant inférieure à l'effort produit par les ressorts, les poids sont ramenés au centre. A et B, dans ces deux cas, indiquent les positions relatives des centres de l'arbre et des excentriques combinés.

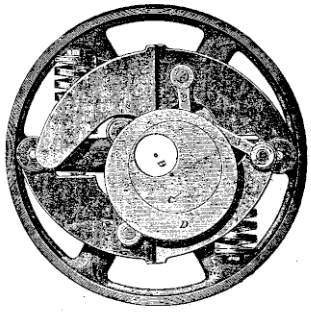


Fig. 6

A, moindre excentricité, moindre admission; B, plus grande excentricité, plus grande admission.

L'avance à l'admission avec ce régulateur spécial

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

demeure presque constante pour tous les degrés de détente.

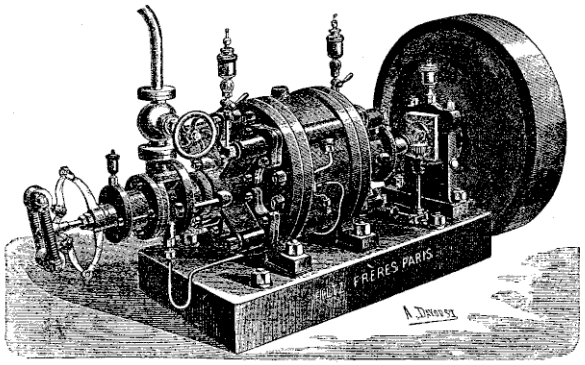
Machines rotatives. Ce type de machine diffère des précédentes par le mécanisme qui lui est tout à fait particulier. Le principe en a été donné par *Watt* en 1782. La pièce sur laquelle agit directement la vapeur, correspond au piston des machines ordinaires, cette pièce reçoit un mouvement directement circulaire et continu, les organes intermédiaires sont supprimés.

Comme il existe une quantité considérable de types de ces machines et que l'industrie n'en fait guère usage par rapport à des défauts tout à fait pratiques, je me bornerai à citer comme mémoire celle de *Bishopp* adoptée dans la marine russe, les machines *Hodson*, *Dolgorouki*, celle de l'américain *Behrens* qui a fonctionné pour la première fois à Paris en 1867 et qui a été perfectionnée par M. *Péteau* et a donner la description de celle de M. *Filtz* qui est toute nouvelle et qui est déjà très appréciée.

Machine à piston héliçoïdal Filtz. Cette machine se compose d'une enveloppe cylindrique avec deux fonds rapportés aux deux extrémités. Le tout est traversé par quatre ou six obturateurs rectangulaires fractionnant le cylindre en quatre ou six compartiments. Dans le cylindre se trouve un piston héliçoïdal à double inclinaison et les obturateurs sont placés à cheval sur la nervure héliçoïdale, déterminant de cette façon un point d'appui au fluide moteur qui en sens inverse agit sur les parois du piston et occasionne le mouvement de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rotation et donne la force recueillie directement sur l'arbre, ce dernier étant solidaire du piston. Le fluide moteur est amené par un canal ménagé au centre de l'arbre et se trouve distribué par le piston lui-même dans son mouvement de rotation.



Cette machine est caractérisée par l'action directe du fluide moteur sur l'arbre, supprimant de cette façon tous les mouvements intermédiaires, les organes distributeurs et les espaces nuisibles, ce qui augmente la durée et donne un très grand rendement, ayant pour résultat un fonctionnement économique. Le mouvement est parfaitement équilibré, de là, absence totale de trépidations et l'installation ne nécessite de ce fait aucune maçonnerie. Pour la navigation elle ne nuit pas à la durée de la coque du navire.

Ses petites dimensions et son faible poids relatif à sa force permettent de l'installer dans un emplacement très restreint et par ses mouvements très robustes elle peut résister à une pression très élevée. Par la simplicité de sa construction et de son

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fonctionnement, toute personne sans connaissance spéciale peut la conduire.

1° Rendement constaté aux essais 75 %.

2° Des essais de consommation faits sur des moteurs de différentes forces ont donné 9, 14 et 15 kilogrammes de vapeur par poncelet-heure suivant la force du moteur.

Dimensions.— Moteur de 40 poncelets : 1^m,10 de longueur, 0^m,70 de largeur, 0^m,80 de hauteur, poids 400 kilos.

Moteur de 75 poncelets : 1^m,40 de longueur, 1^m,08 de largeur et 1 mètre de hauteur, poids 700 kilogrammes.

Résistance aux essais 20 à 22 kilogrammes par centimètre carré.

Machines demi-fixes. Si une machine est destinée à travailler longtemps dans le même lieu, il y a intérêt à ce que son installation tienne à la fois des machines fixes que nous venons de voir et des locomobiles que nous verrons plus loin. Ces machines portent alors le nom de *demi-fixes* ou *portatives* et sont fixées sur de légères maçonneries. Les types de ces machines varient à l'infini, et elles peuvent être horizontales ou verticales et posséder le même mécanisme que les machines fixes. Leur chaudière peut être également tubulaire, verticale ou horizontale, c'est selon la puissance que l'on désire obtenir.

Elles tiennent peu de place, peuvent se transporter toutes montées, mais conviennent plus spécialement pour les petites forces et pour les petites

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

industries qui peuvent être appelées à changer de local.

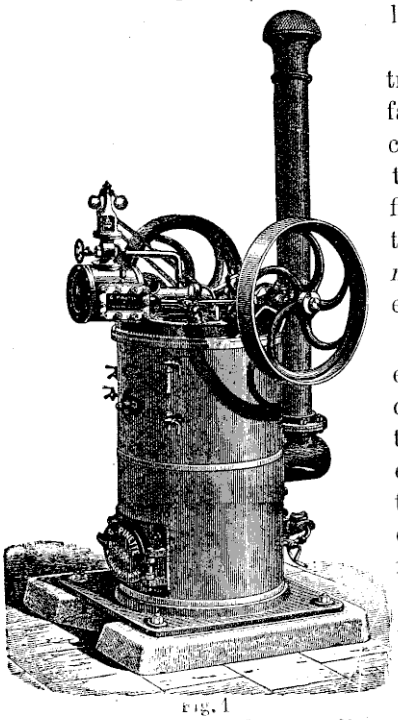


Fig. 1

Beaucoup de constructeurs-mécaniciens fabriquent de ces machines dans d'excellentes conditions. Les figures 1 et 2 représentent celles de M. *Pinette* de Chalon (Saône-et-Loire).

Celle de la figure 1 est très facile à conduire et à entretenir, très peu encombrante et peut s'installer partout où l'on a besoin d'une faible force motrice.

Celle de la figure 2 possède une chaudière qui se compose d'un corps vertical avec tubes pendantifs et d'un corps horizontal traversé par quatre tubes de gros diamètre. Cette disposition permet de conserver les avantages des chaudières à tubes pendantifs, avantage consistant en une *surface de chauffe exposée directement à la flamme, une évaporation très active, des tubes faciles à nettoyer et à remplacer*. En y ajoutant

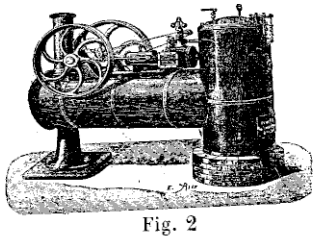


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un corps horizontal traversé par les gaz chauds, le tirage direct est supprimé et la chaudière vaporise *rapidement et économiquement.*

Dans les chaudières tubulaires à *Té* ordinaires, la majeure partie de la surface de chauffe existe dans les nombreux tubes de petit diamètre, et comme il est complètement impossible de les nettoyer extérieurement, il en résulte qu'au bout de peu de temps ils sont recouverts d'une couche de dépôt. Par conséquent, la chaleur se transmet difficilement, de plus la flamme ne peut pénétrer dans ces tubes, car la température y étant trop basse elle s'éteint et la combustion est incomplète. Dans cette chaudière au contraire, les tubes restent constamment propres, grâce au courant dû à l'ébullition dans les tubes pendantifs, et grâce aussi à la facilité de nettoyage des tubes du corps horizontal qui peuvent également se démonter.

Le dessus de la chaudière s'enlève et permet de nettoyer complètement les tubes pendantifs et pour nettoyer les parties de la chaudière enveloppant les tubes, il y a quatre autoclaves rendant le travail on ne peut plus facile.

La boîte à clapets est combinée de façon à permettre de réchauffer l'eau d'alimentation; la pompe aspire constamment, mais à l'aide d'un robinet placé dans l'axe de cette boîte à clapets, on peut envoyer l'eau aspirée dans la chaudière ou bien la faire retomber dans le bac à eau, et c'est en retombant dans ce bac qu'elle se mélange avec la vapeur de l'échappement. Un robinet à soupape, placé à la jonction des deux tuyaux, permet de régler l'arrivée de la vapeur de l'échappement, pour éviter de trop élever la température de l'eau dans le bac d'alimen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tation, ce qui empêcherait à la pompe de fonctionner.

Le régulateur agit sur un cylindre équilibré et son action est bien plus efficace qu'avec un papillon.

Pour varier la vitesse de régime de la machine et sa force, il suffit de tourner à gauche ou à droite en le soulevant, un chapeau molleté placé au sommet du régulateur.

Lorsqu'on allume la chaudière, la pression monte *très rapidement,* mais il est bon de continuer à chauffer pendant quelques minutes, car malgré que l'on ait de la pression, l'eau du corps horizontal n'a pas encore une température correspondant à la pression du corps vertical, et à la mise en marche, cette pression baisse un peu, mais elle se relève aussitôt et se maintient largement au-dessus des besoins de la force à transmettre.

On donne le nom de **Locomobile** à une machine à vapeur montée sur chariot, lequel peut se transporter d'un endroit à un autre. Sa différence avec les précédentes consiste en ce que la chaudière et les organes de la machine ne font qu'un seul ensemble. Ces machines rendent de très grands services pour les travaux d'agriculture, de construction, en un mot, dans tous les endroits où la force motrice n'est demandée que pendant un laps de temps plus ou moins long. Le mécanisme en est très simple afin d'en rendre les réparations et la conduite faciles.

La locomobile a été importée d'Amérique par les Anglais qui les premiers en firent usage et dont l'exemple fut suivi par la France. Leur force moyenne normale est d'environ 5 à 10 chevaux,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais on en construit qui atteignent jusqu'à 100 chevaux et même plus.

Le premier constructeur à qui revient le mérite d'avoir introduit dans notre pays ce genre de machines, est M. *Christophe-François Calla*, né à Paris en 1802, mort à Nice en 1884. Son père *Etienne Calla*, fondeur et mécanicien était élève et un ami de *Vaucanson*.

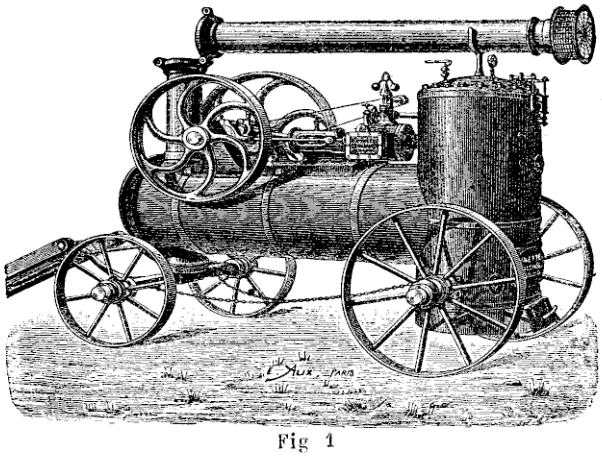


Fig 1

Après le Concours agricole qui suivit en France l'Exposition de Londres, *Calla* eut des concurrents intelligents et travailleurs, tels que *Lotz*, *Duvoir-Albaret*, *Cuming*, *Rouffet*, *Gérard*, *Thomas et Laurens*, *Damey*, *Hermann-Lachapelle*, *Ch. Glover*, *Pinette*, etc., qui ont toujours exposé des types particuliers ayant leur valeur.

Comme il serait trop long de faire une description de chacun d'eux, ce qui m'entraînerait trop loin, ces machines étant toutes construites sur les mêmes principes à part quelques modifications de détails

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

apportés par les constructeurs, je me contenterai de donner (fig. 1) l'ensemble d'une locomobile de 6 poncelets (8 chevaux), sortant des ateliers de M. *Pinette*.

La chaudière timbrée à 7 kilogrammes est du même type que celle de la figure 2, page 448, elle est également munie de tous les appareils exigés par la loi et possède les mêmes avantages, la construction est excellente et les dispositions avantageuses, elle est très légère et la facilité du nettoyage du générateur permet de vaporiser toujours dans des conditions économiques. Le mécanisme est placé au-dessus de ce dernier tout en laissant à celui-ci la faculté de se dilater. A sa partie supérieure se trouvent les soupapes de sûreté réglementaires et la porte du cendrier sert de registre pour régler le tirage. La surface de la grille est très grande, la boîte à feu très spacieuse et le tout disposé pour brûler toutes espèces de combustibles; houille, coke, bois, sciure de bois, tannée, bagasse, tourbe, etc.

L'alimentation peut se faire au moyen d'une petite pompe ou d'un injecteur.

Tout l'ensemble de l'appareil est porté par 4 roues et l'avant-train, mobile autour d'une cheville ouvrière, est muni de deux limons auxquels on peut atteler un cheval.

La machine ne possède pas de condenseur ce qui nuirait à la mobilité et serait une complication.

En Angleterre, la locomobile dans les fermes est installée à la cuisine et c'est la cuisinière qui devient chauffeur et mécanicien, aussi c'est un vrai plaisir de voir comme elle est entretenue, elle est propre et brille comme une batterie de cuisine.

En France où les grandes exploitations sont plus rares, qui empêcherait qu'une locomobile soit la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

propriété d'un village et que chacun puisse s'en servir à son tour. C'est pourtant sur cette pente que nos cultivateurs devraient marcher, mais ils sont généralement trop enracinés dans leurs vieilles idées, pour comprendre ce qui est leur bien.

2° MACHINES LOCOMOTIVES

On désigne sous le nom de *locomotive* une machine à haute pression munie de son générateur et portée sur un chariot qu'elle fait déplacer. Elle est utilisée pour remorquer des convois avec une vitesse plus ou moins grande.

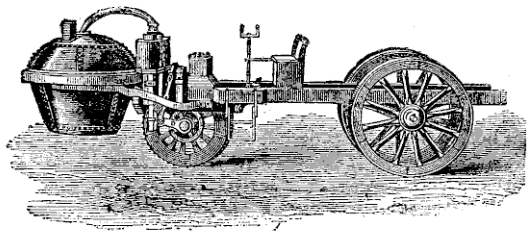


Fig. 1

L'invention des locomotives et celle des machines à vapeur proviennent de la même source : faciliter l'exploitation des mines. C'est le Northumberland et le pays de Galles le berceau de l'industrie des chemins de fer.

Le premier essai d'une voiture à vapeur remonte à 1769. Ce fut *Cugnot* ingénieur français qui en conçut l'idée (fig. 1) et la fit exécuter à Paris. Cette voiture marchait à raison de 4 kilomètres à l'heure et se dirigeait difficilement.

En 1802, *Trewithick* et *Vivian*, en Angleterre, en construisirent une autre qui traînait un poids de 10 tonnes à raison de 8 kilomètres à l'heure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On croyait alors que l'adhérence sur des rails unis n'était pas suffisante pour empêcher le glissement des roues.

En 1804, *Olivier Evans* en construisit une à Philadelphie en Amérique.

En 1811, *Blenkinsop* construisit pour le Chemin de fer de Middleton à Leeds, les premières locomotives qui aient fait un service régulier. L'un des rails de la voie possédait une crémaillère, sur laquelle agissait une roue dentée actionnée par deux pignons armés chacun d'une manivelle mise en mouvement par une bielle rattachée à la tige du piston d'un cylindre vertical placé sur la chaudière. Les manivelles étaient disposées à angle droit pour faciliter le passage des points morts.

En 1812, *Chapman* remplaça la crémaillère par une chaîne sans fin tendue parallèlement aux rails. En 1813, un ingénieur, *Brunton*, remplaça la chaine sans fin par des espèces de jambes mobiles mues par le moteur et qui faisaient avancer la voiture. A la même époque, *Blacket* prouva que l'adhérence des locomotives sur les rails pouvait s'obtenir en donnant un poids suffisamment considérable, pourvu qu'on fit supporter cette pression à l'essieu des roues motrices. L'année suivante, 1814, Georges *Stephenson* et *Dodd* construisirent une locomotive (fig. 2) dont les trois paires de roues étaient reliées par une chaîne sans fin, et en 1825, *Hackworth* remplaça cette chaîne par une bielle d'accouplement, puis les rails en fonte qui fléchissaient sous de fortes charges, furent remplacés par des rails en fer, lesquels aujourd'hui sont généralement en acier. Malgré tout cela, ce ne fut qu'en 1829, que *Marc Séguin*, par l'invention des chaudières tubulaires, résolut

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le problème de la locomotion à vapeur, au lieu d'une vitesse de 6 kilomètres à l'heure, on obtint tout à coup la vitesse inespérée de 40 kilomètres.

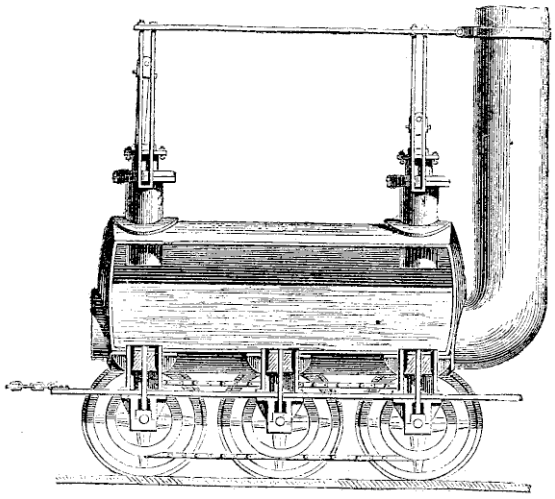


Fig. 2

Si nous devons à Marc Séguin l'invention de la chaudière tubulaire, on peut dire avec la même assurance que Hackworth, Pelletier et G. Stephenson sans être les inventeurs du tirage par le jet de vapeur, dont l'emploi en avait été signalé par un français *Mannoury-Dectot*, sont du moins les premiers qui en ont fait une application industrielle.

Marc Séguin était un neveu de Montgolfier, l'inventeur des ballons, il était directeur du Chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, le premier qui fût fait en France. La traction s'y opérait à l'aide de machines à vapeur fixes, échelonnées de distance en distance et qui tiraient les voitures de voyageurs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au moyen d'un câble qui s'enroulait sur un treuil. Plus tard on fit usage des locomotives anglaises et et c'est en les étudiant que Marc Séguin découvrit son invention. Quant à Georges Stephenson, c'était un simple ouvrier mineur, fils d'un ouvrier chauffeur qui conquit, malgré tout, par son intelligence et son travail une éminente place dans l'élite des ingénieurs anglais et de plus il eut la

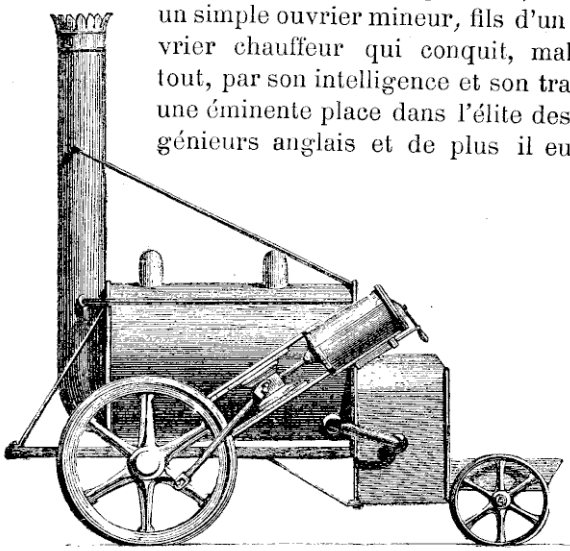


Fig. 3

satisfaction de voir son fils Robert atteindre et dépasser sa propre réputation.

La locomotive de Stephenson, *la Fusée* (fig. 3) remporta le prix de Liverpool, elle remorquait un poids de 13 tonnes avec une vitesse de 24 kilomètres à l'heure ; en transportant 36 voyageurs, elle atteignait la vitesse de 40 kilomètres.

Depuis, d'immenses progrès ont transformé la locomotive, la pratique et la théorie ont à l'envi porté, pour ainsi dire, à la perfection l'ensemble et les détails de ce moteur si puissant et si rapide.

Une locomotive se compose de trois parties bien

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

distinctes : 1° le générateur de vapeur ou chaudière, 2° le moteur qui se compose de deux machines accouplées et 3° le chariot qui supporte tout l'ensemble.

La chaudière, qui est toujours tubulaire est décrite à l'article *Chaudière*, elle ne varie que par des principes de détails qu'il serait trop long d'énumérer ici.

Le *moteur* se compose toujours de deux cylindres disposés horizontalement ou légèrement obliqués de chaque côté de la boîte à fumée et souvent de quatre. Les tiges de piston sont articulées avec chaque bielle au moyen d'une crosse ou tête de piston qui est guidée dans son mouvement par des glissières. L'autre extrémité de chaque bielle est reliée à l'essieu des roues motrices au moyen des manivelles qui sont disposées à angle droit pour faciliter le passage des points morts. Le réglage de l'introduction de la vapeur dans les cylindres se fait au moyen d'un régulateur, à papillon ou à tiroir. Quant à la distribution, elle se fait au moyen de tiroirs qui sont à recouvrement et à détente manœuvré chacun par un excentrique et une coulisse pour permettre de renverser la marche. Après avoir agi sur les pistons, la vapeur s'échappe par la cheminée et provoque le tirage, ce qui est une des principales causes de la puissance des locomotives.

Le *chariot* sur les côtés est formé par deux longues et fortes pièces de fer ou d'acier, appelées *longerons*, et plusieurs traverses destinées à les réunir. Celles qui sont aux extrémités sont en bois ou en métal, munies de un ou de deux tampons de choc. Ce châssis, qui sert à supporter toute la machine repose, par l'intermédiaire de ressorts de suspen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sion en acier, sur les essieux des roues maintenues en place au moyen des boîtes à graisse et de pièces en fer ou en acier appelées *plaques de garde*, qui sont quelquefois venues de forge avec le longeron même.

Je ne m'occuperai pas d'énumérer tous les types de locomotives dont l'ensemble du reste est toujours à peu près le même, ni d'en décrire les qualités ou les défauts, je me bornerai tout simplement à les passer en revue d'une façon sommaire en les divisant en trois classes : les locomotives à *voyageurs*, les locomotives à *marchandises* et les locomotives *mixtes*.

Locomotives à voyageurs. Le vrai type d'origine des machines à voyageurs à grande vitesse c'est celui (fig. 1) imaginé par *Crampton*, en 1847.

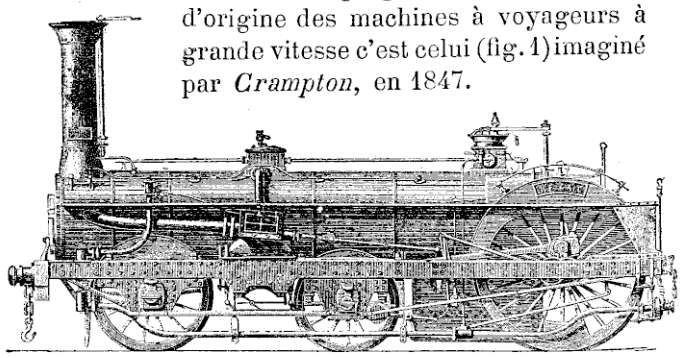


Fig. 1

Ces locomotives ont fait le service pendant très longtemps sur les principales lignes françaises puis ont été remplacées successivement par des types spéciaux à chaque Compagnie.

Les figure 2 et 3 représentent un autre modèle à quatre roues couplées avec deux roues porteuses à l'avant et deux à l'arrière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

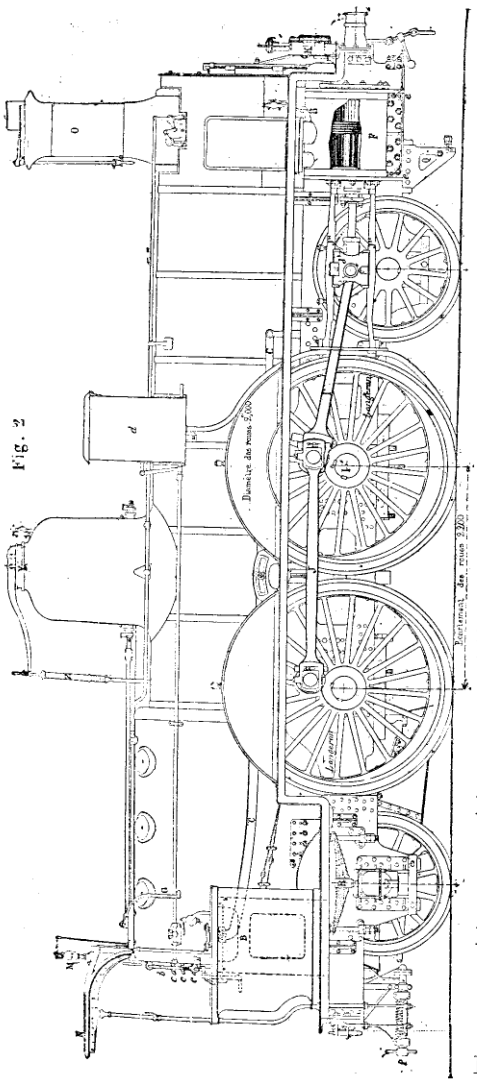


Fig. 2

A Tuyau recevant la vapeur en *a* dans le réservoir et se bifurquant en *a'*, pour la conduire aux deux cylindres qui renferment les pistons moteurs.

B Changement de marche à vis.

C Barre de changement de marche.

D Grille du foyer.

D' Cendrier.

E Tuyau d'échappement de la vapeur lorsqu'elle a agi sur les pistons.

F Cylindre en fonte renfermant le piston moteur.

F' Barres d'excentrique et coulisse de distribution.

F'' Tiroir.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

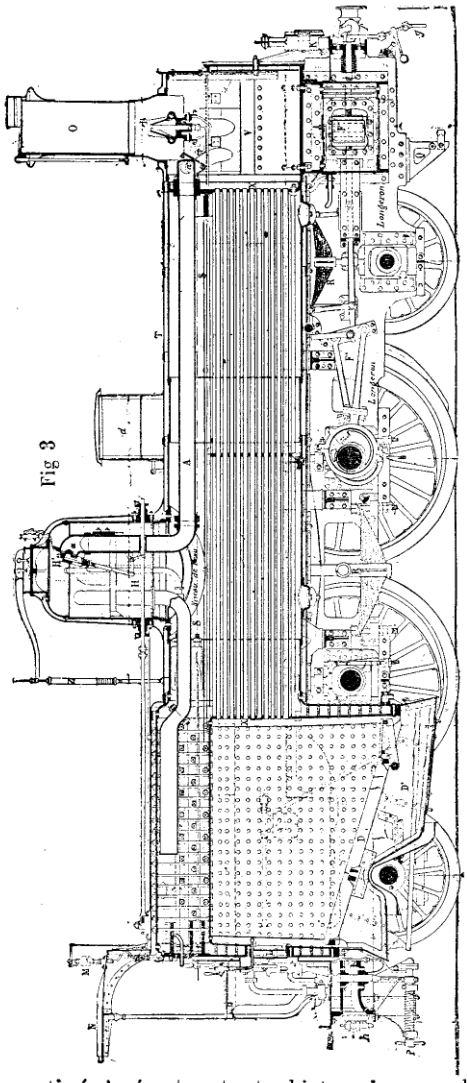


Fig 3

G Levier du régulateur.
H Réservoir de vapeur.
H' Régulateur.
I Essieu moteur.
I' Bielle motrice.
J Bielle d'accouplement.
J' Tête de piston.
J" Glissières.
K Lampe à réflecteur.
L Porte du foyer.
M Sifflet.
N Abri.
O Cheminée dans laquelle se dégage la fumée ainsi que la vapeur qui s'échappe du cylindre.
P Tuyaux conduisant l'eau du tender à l'injecteur pour l'alimentation de la chaudière.
Q Chasse-pierres destiné à écarter tout objet qui encombre la voie.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

R Ressorts qui supportent la chaudière.
S Corps de la chaudière.
T Chemise ou enveloppe de la chaudière destinée à diminuer la perte de chaleur.
U Injecteur.
V Boîte à fumée dans laquelle débouchent les tubes,
X Tubes ouverts aux deux bouts et se terminant d'une part à la boîte à feu, de l'autre à la boîte à fumée. Ces tubes ont pour objets de transmettre la chaleur du foyer à l'eau de la chaudière et à la vaporiser.
Y Soupape de sûreté.
Z Etui contenant des ressorts à boudin destinés à régler le jeu des soupapes.
b Indicateur du nivau de l'eau.
ccc Robinets jauge.
d Sablier manœuvrée par une tringle à la portée de la main du mécanicien.
ee Robinets purgeurs manœuvrés par une tringle à la portée de la main du mécanicien
f Crochet d'attelage.
g Tendeur d'attelage.
h Attelage du tender.

Locomotive Compound. La *Nouvelle locomotive Compound à quatre cylindres et à grande vitesse de la Compagnie des chemins de fer du Nord.*

Augmenter la vitesse des locomotives, fait souvent peur et peut être considéré de prime abord comme dangereux. Au point de vue théorique et pratique, je réponds carrément non. Mais il faut bien se pénétrer de prendre en considération chacun pour leur valeur, tous les facteurs employés: Surtout bonne voie et c'est ici que l'on peut citer la parole prophétique de Robert Stephenson « *Donnez-moi une voie solide, irréprochable, et j'y ferai marcher des trains à cent milles à l'heure* »; machine bien étudiée, et enfin conduite journalière, dirigée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par des hommes intelligents, sérieux, dévoués et tout à leur travail.

Aujourd'hui, comme vitesse normale de marche, nous avons perdu du terrain en nous laissant devancer par quelques-uns des pays voisins, sans parler de l'Amérique qui a atteint plus de 155 kilomètres à l'heure, dans des essais il est vrai.

Les trains les plus rapides de France sont sans contredit ceux de la Compagnie du Nord, c'est pourquoi j'ai pris comme modèle, le type des nouvelles machines de cette Compagnie, étudiées par son savant ingénieur, M. *Dubousquet*, ingénieur en chef du Matériel et de la Traction.

A l'origine les trains express de la Compagnie du Nord étaient remorqués par des machines *Crampton* (la dernière vient de disparaître); ensuite par des machines à deux essieux et à cylindres intérieurs, désignées sous le nom « d'*outrance* ».

Ces machines commencèrent leur service vers 1870, elles avaient alors à l'avant un essieu porteur qui fut remplacé en 1877 par un bogie. (On désigne sous le nom de bogie un avant-train mobile qui permet le passage dans des courbes de petit rayon sans avoir à redouter un déraillement.)

Puis par la suite leur puissance fut accrue par l'élévation du timbre de la chaudière qui fut porté à 11 kilogrammes et l'augmentation du diamètre des cylindres.

Ce qui précède devenant encore insuffisant par rapport à la charge et à la vitesse des trains qui augmentaient, il fut décidé et arrêté la création d'un type de locomotives compound à grande vitesse (fig. 1 à 6) lesquelles furent mises en service en 1891. Dans ces machines, les cylindres à haute pres-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sion sont à l'extérieur du châssis, les cylindres à basse pression à l'intérieur, et les boîtes à tiroir de ces dernières sont à l'extérieur de façon à en permettre la visite.

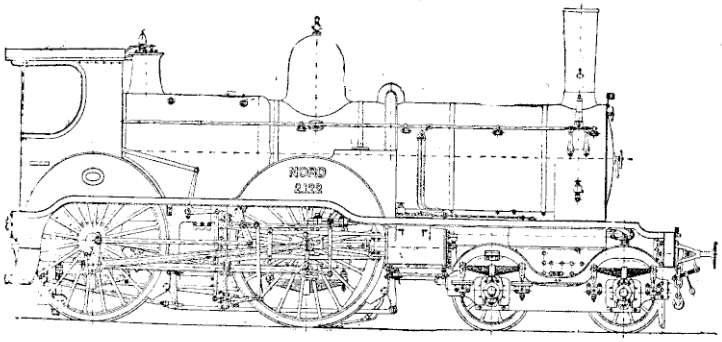


Fig. 1. — Élévation.

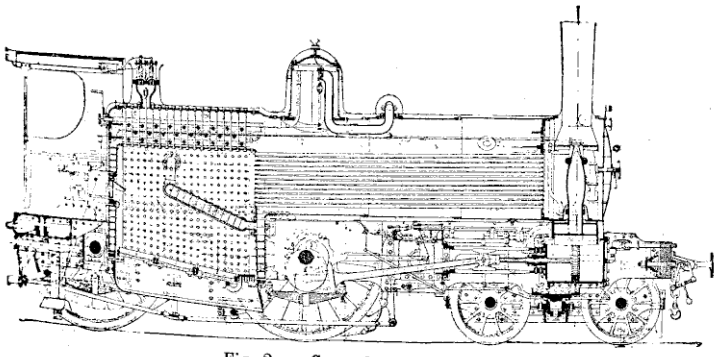


Fig. 2. — Coupe longitudinale.

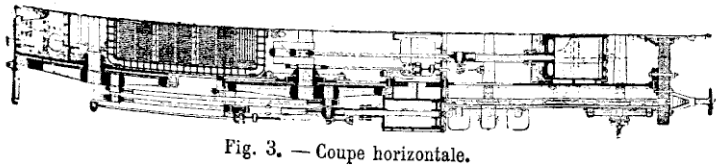


Fig. 3. — Coupe horizontale.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La vapeur arrive d'abord dans les petits cylindres, passe dans un réservoir intermédiaire situé sous la boîte de fumée, et de là se rend aux grands cylindres. Ce réservoir est commun et fondu avec les grands cylindres qui sont d'une seule pièce.

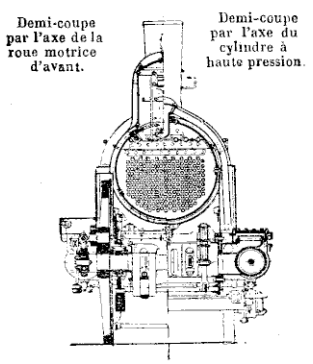


Fig. 4

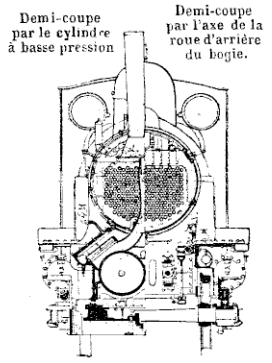


Fig. 5

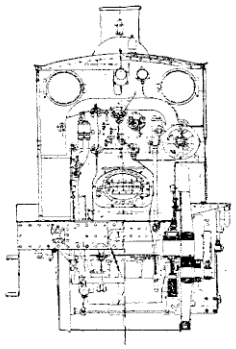


Fig. 6
Vue d'arrière.

Les cylindres d'avant commandent l'essieu qui vient après l'avant-train et les cylindres d'arrière commandent celui d'arrière. Les roues motrices d'avant ont été munies de la sablière à vapeur *Gresham*.

Pour les trains rapides ou express, il était utile d'éviter autant que possible les pertes de temps dues au démarrage et à l'arrêt. Dans ce but, les manivelles motrices au lieu d'être calées à 180° très bonnes positions au point de l'équilibre des pièces en mouvement, font entre elles un angle de 162° de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

façon à ce que l'admission de la vapeur dans l'un ou l'autre cylindre soit toujours assurée.

L'admission de la vapeur du générateur au réservoir intermédiaire n'étant pas suffisante pour produire le démarrage dans toutes les positions, cette vapeur créant une contre pression importante derrière les pistons des petits cylindres, il a été remédié à cet inconvénient en envoyant directement dans la tuyère d'échappement la vapeur sortant des petits cylindres.

Cet échappement direct s'obtient à la volonté du mécanicien au moyen de deux appareils faisant fonction de robinets à trois voies. Ces appareils sont montés sur les tubulures des cylindres à basse pression aboutissant au réservoir intermédiaire et sont fixés aux longerons.

Chaque tuyau d'échappement des cylindres à haute pression débouche dans une boîte en fonte A (fig. 7) par une garniture métallique, laquelle fait joint et permet quoique cela la dilatation du tuyau. Ce dernier peut être mis en communication, ou, avec la tubulure précitée, ou avec le tuyau T d'échappement dans l'atmosphère, au moyen d'une lanterne cylindrique B en fonte qui peut se mouvoir d'un quart de tour pour obtenir la position convenable. Pour effectuer ce mouvement

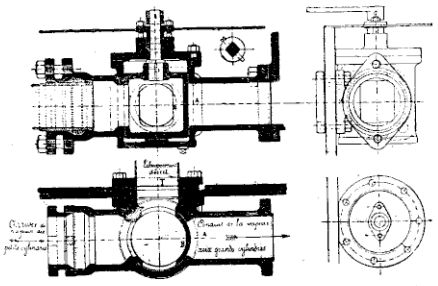


Fig. 7

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lanterne est munie d'une tige *t* qui traverse une garniture métallique J. Commander ces tiges par un système de tringles et leviers eut été compliqué, c'est pourquoi la solution a été résolue en introduisant de la vapeur dans un cylindre de petit diamètre placé sous la chaudière, de façon à pouvoir déplacer dans un sens ou dans l'autre le piston qu'il renferme et agir par l'intermédiaire de sa tige, sur les clefs des deux robinets. Avec cet ingénieux appareil, l'effort de traction au démarrage peut-être porté à 10000 kilogrammes; la pression au réservoir étant maintenue à 6 kilogrammes.

De plus ce dispositif permet quatre fonctionnements différents de la machine :

1° Fonctionnement en compound.

2° Fonctionnement en machines indépendantes, l'une à 14 kilogrammes, l'autre à 6 kilogrammes pour les démarrages.

3° Fonctionnement avec les petits cylindres en cas d'avaries aux grands.

4° Fonctionnement avec les grands cylindres dans le cas d'avaries aux petits.

La chaudière est en tôle de fer et les viroles ont 18 millimètres d'épaisseur, elle est timbrée à 14 kilogrammes (celles de la Compagnie P.-L.-M. sont timbrées à 15 kilogrammes) et a été étudiée en vue d'une grande production de vapeur, le foyer renferme un bouilleur Tenbrinck; la surface de chauffe directe non compris, ce dernier est de 13^{mq},80.

Le corps cylindrique est de forme télescopique, le dôme ou réservoir de vapeur est placé sur la virole d'arrière et la prise de vapeur s'y fait à l'aide de deux tiroirs superposés, disposition favorable à la mise en marche et au laminage facultatif de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur prise dans la chaudière. Les deux soupapes de sûreté sont situées à l'arrière de la boîte à feu, et sont à charge directe. L'échappement est variable par le système de valves généralement employé.

Le mécanisme proprement dit, ne présente rien de spécial, les deux mécanismes de distribution sont du système *Walschaert* et peuvent être liés ou indépendants à la volonté du mécanicien. Ce résultat est obtenu de la manière suivante (fig. 8) : deux changements de marche à vis sont placés à côté l'un de l'autre, et commandés par un même volant monté sur la vis de changement de marche des cylindres à basse pression.

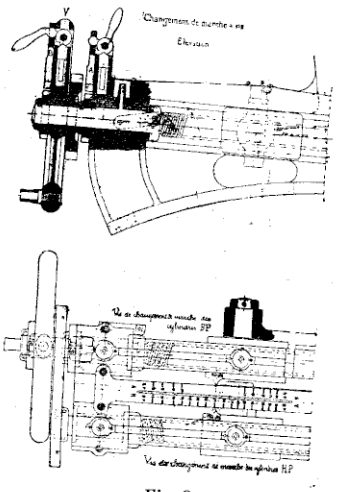


Fig 8.

Ce volant V fait corps avec un pignon R de 20 dents et les deux pièces peuvent être calées ou rendues folles sur la partie lisse de la vis par la simple manœuvre du cliquet B pour fixer leur position à un cran quelconque. Enfin un second pignon R' également de 20 dents et engrenant avec le premier, est calé à l'extrémité de la vis de changement de marche des cylindres à haute pression.

Quand le volant V est calé sur son axe par le cliquet B, on obtient en le manœuvrant, et en partant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des points morts coïncidents, des admissions toujours égales entre elles dans les deux groupes de cylindres; c'est ce qui a lieu spécialement pour le démarrage à fond de course.

En marche, les variations d'admission dans les cylindres à haute pression peuvent être obtenues sans changement d'admission dans les cylindres à basse pression par le déclanchement du verrou.

Fonctionnement des changements de marche :

Pour la mise en marche des deux groupes de cylindres HP et BP; déclancher le cliquet d'avant A et enclancher celui d'arrière B.

Pour la mise en marche des cylindres d'arrière HP, seuls : enclancher le cliquet d'avant A et déclancher celui d'arrière B.

Pour empêcher tout mouvement des deux vis de changements de marche; enclancher les deux cliquets A et B.

Dimensions principales de la machine :

Poids de la machine à vide . . .	43,800^{k}
Eau dans la chaudière et combustible sur la grille	4.000
Poids de la machine en service . .	47.800
Diamètre moyen de la chaudière . .	1^{m},260
Timbre de la chaudière.	14^{k}
Nombre des tubes	202
Longeur des tubes	3^{m}, 900
Diamètre intérieur des tubes . . .	0 , 040
Surface de chauffe des tubes (intérieur)	98^{m2}980
Surface de chauffe du foyer et du bouilleur TB	13 , 575
Surface de chauffe totale	112 , 555
Surface de la grille	2 , 040
Diamètre des cylindres d'admission .	0^{m},340
Diamètre des cylindres de détente .	0 , 530

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Course des pistons	0m,640
Diamètre des roues motrices . . .	2 , 114
Diamètre des roues porteuses. . .	1 , 040
Ecartement des essieux extrêmes . .	7 , 330
Longueur totale de la machine . .	9 , 885
Largeur » » . .	2 , 640

Le châssis de la machine est formé par des longerons en fer de 28 millimètres d'épaisseur, entretoisés entre l'essieu moteur d'avant et le second essieu du bogie, par une sorte de cage en acier coulé de 0m,680 de longueur. Cette pièce sert également de support à sa partie antérieure, aux glissières de tête de piston et à sa partie supérieure, aux coulisses de distribution du mouvement intérieur. L'avant-train articulé est disposé comme ceux des autres locomotives de la même Compagnie; ses longerons sont extérieurs aux roues.

La machine est munie du frein à vide actionné par deux éjecteurs qui sont logés dans la boîte à fumée. Les quatre roues accouplées sont freinées par des sabots commandés par deux sacs de frein, système *Hardy*, placés à l'avant du tender.

La plate-forme du mécanicien, chose souvent négligée par certaines Compagnies et à tort, porte un abri dont la toiture est munie d'une lampe pour un excellent éclairage de la boîte à feu.

Enfin d'après les expériences, il a été démontré que le travail de ce type de machine dépasse 750 poncelets (1000 chevaux) sur les pistons. Ce résultat a été obtenu à tous les voyages d'essais, avec le combustible ordinaire et sans forcer en aucune façon l'allure de la machine, hors des limites régulières. (Pour plus de détails voir l'*Extrait de la Revue générale des Chemins de fer*, Juin 1892).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La Compagnie des chemins de fer d'Orléans a employé pendant longtemps des locomotives compound à deux cylindres, un petit et un grand, étudiés par M. *Mallet* (la vapeur après avoir agi dans le petit cylindre, passe dans un réservoir intermédiaire et de là au grand cylindre) ; mais actuellement elle les a supprimées de son service.

Il faut bien remarquer qu'à la place de deux ou quatre cylindres, on peut très bien en employer trois et dans ce cas la vapeur après avoir agi dans le cylindre central va agir dans les deux autres placés de chaque côté et les manivelles sont alors calées à 120°.

Locomotives à marchandises. Ces machines ne sont pas destinées aux grandes vitesses, mais par contre, elles sont destinées à traîner de lourdes charges. La figure 1 en représente un type tel qu'il était à l'origine et qui est encore actuellement en service, ayant reçu depuis sa construction toutes les nouvelles modifications qui pouvaient lui être appliquées.

Au Chemin de fer du Nord on fait usage de machines à grand foyer avec tender lié à la machine et que l'on désigne sous le nom d'*Engerth* (ingénieur autrichien).

Sur le même chemin de fer on remarque aussi un modèle de machines à marchandises tout à fait exceptionnel, c'est la machine à quatre cylindres et à douze roues couplées (fig. 2) de M. *Petiet* (ancien ingénieur en chef de cette Compagnie). Les trois premières paires de roues sont commandées par les cylindres d'avant et les trois autres par les cylindres d'arrière. Le diamètre des roues est de $1^{m},065_2$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotive à marchandises pour petite vitesse et lourdes charges.

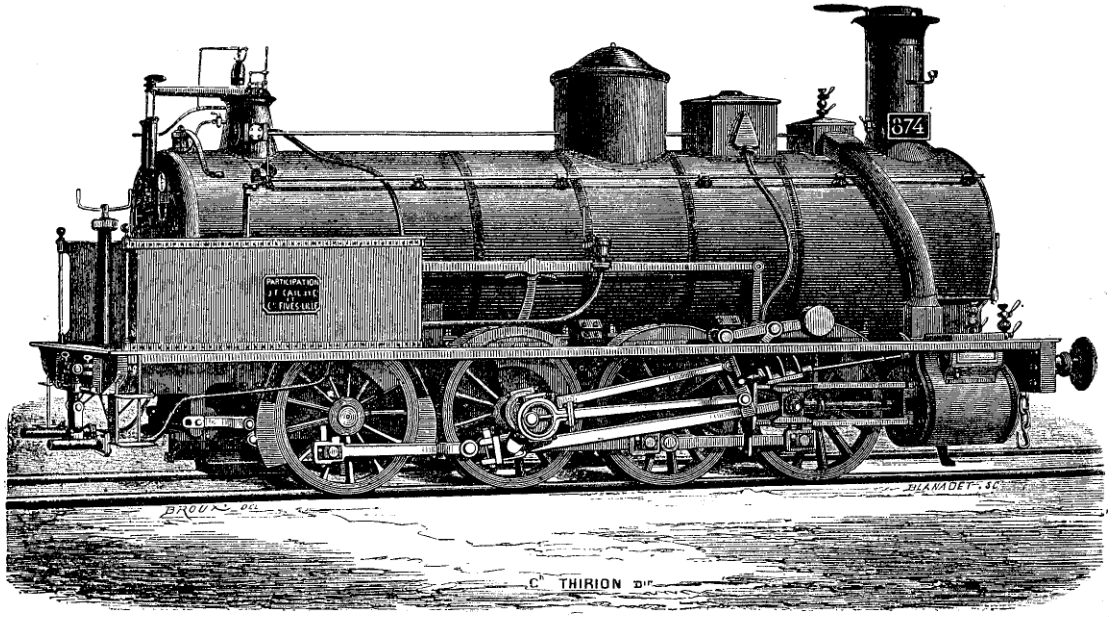


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'écartement des essieux extrêmes 6 mètres et les fusées de ces derniers ont un jeu latéral de 30 millimètres dans leurs coussinets pour permettre à ces machines de pouvoir sans difficulté passer dans des courbes de 200 mètres de rayon.

Le réservoir de vapeur est remplacé par un long tube sécheur placé sur la chaudière et vu la grande hauteur de la machine, la cheminée est disposée horizontalement et son extrémité est recourbée.

Ces locomotives quoique plus légères que les *Engerth* ont une adhérence plus grande par suite

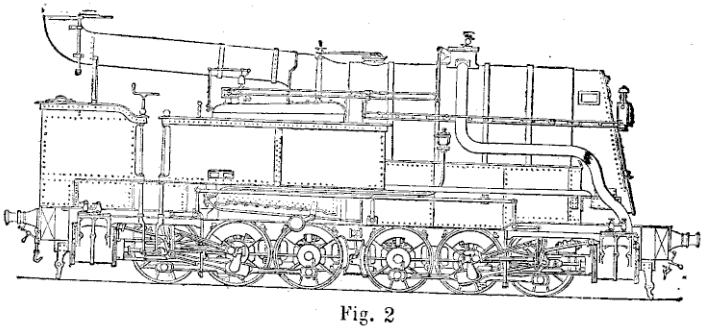


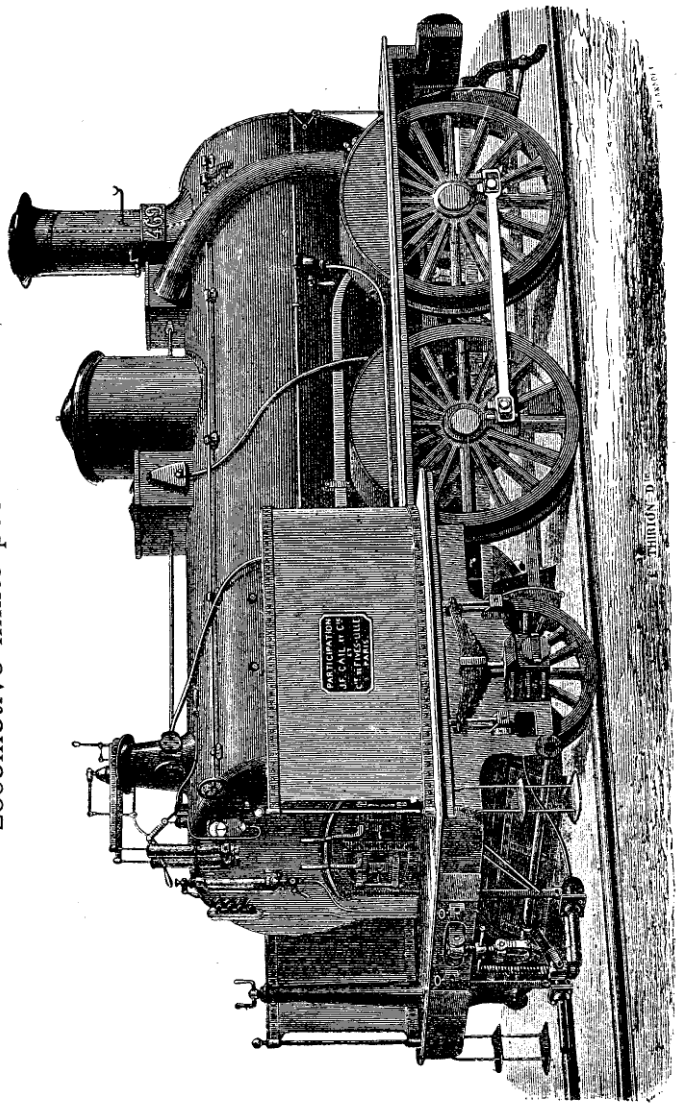
Fig. 2

des six essieux chargés de 55.000 kilogrammes environ, au lieu de 40.000 kilogrammes pour celle que donnent quatre essieux chargés des précédentes.

Locomotives mixtes. On donne le nom de *mixte* aux machines affectées spécialement à un service *omnibus*, c'est-à-dire pouvant marcher à une vitesse de 50 kilomètres à l'heure en remorquant 20 à 30 voitures et vagons.

La figure ci-contre représente le type de 1860 encore en service dans nos compagnies et qui a reçu au fur et à mesure de sa rentrée à l'atelier pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Locomotive mixte pour service omnibus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Elévation du Tender.

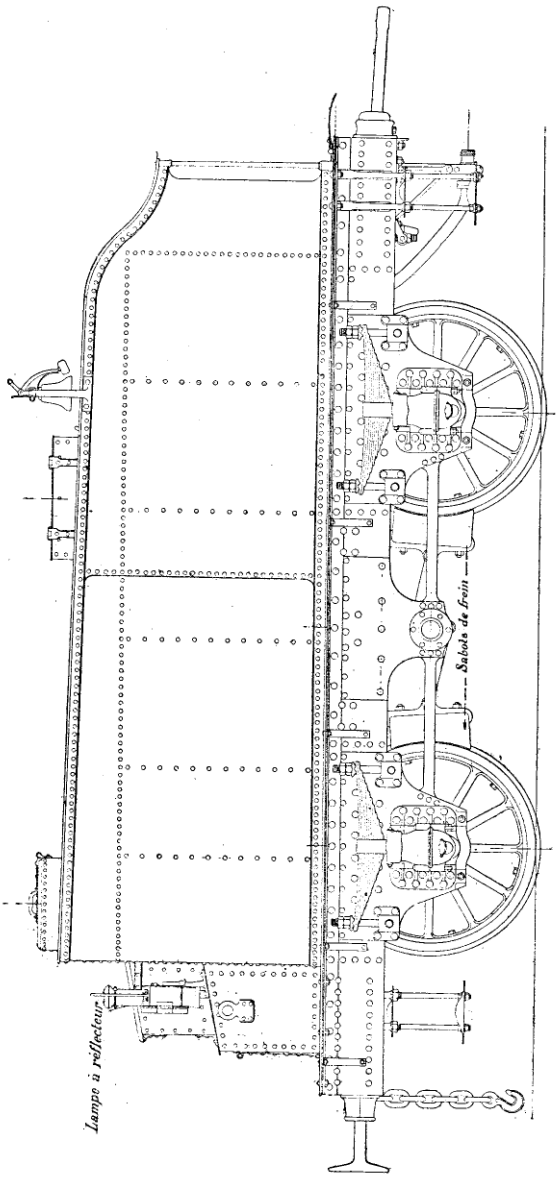


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vue en plan du Tender.

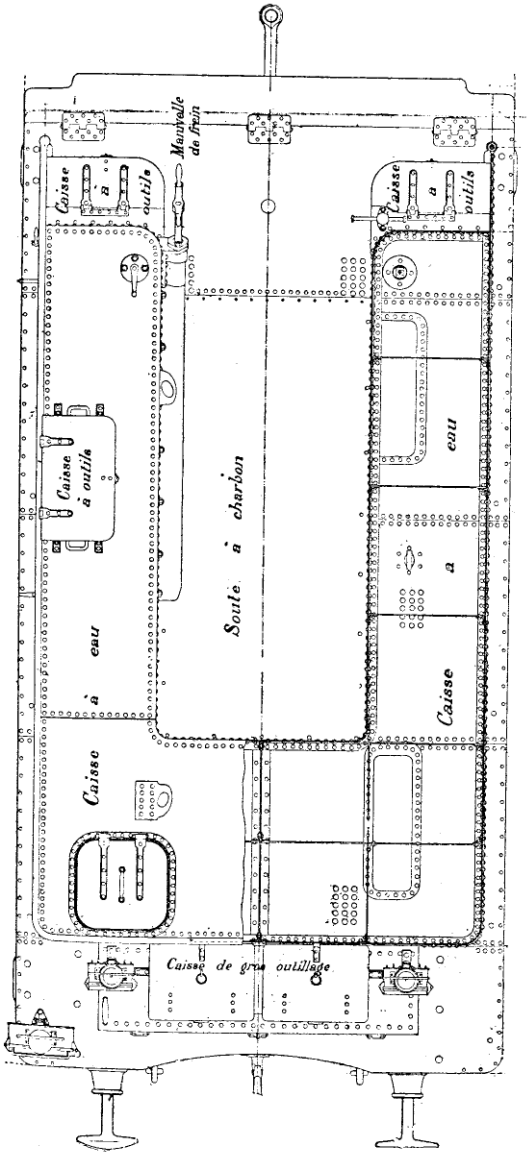


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

réparations importantes, les modifications nouvelles. Le plus généralement ces machines sont montées sur six roues, dont quatre couplées de $1^{m},500$ de diamètre environ et deux porteuses. Quelquefois elles sont à cylindres extérieurs, mais le plus souvent et pour éviter un porte à faux trop considérable des bielles d'accouplement on les fait à cylindres intérieurs, essieu moteur coudé et châssis intérieur aux roues.

Tender. On désigne sous le nom de *tender* (fig. 1 et 2) une voiture spéciale accrochée derrière la locomotive et qui est un accessoire indispensable à cette dernière, en un mot, c'est un chariot d'approvisionnement.

L'eau (dont la quantité varie de 6000 à 16000 litres suivant la puissance ou l'activité des machines) est emmagasiné dans une caisse en tôle consolidée par des cornières et qui forme le fond et les côtés de la voiture. Le milieu est réservé au combustible, dont la charge varie entre 1000 et 5000 kilogrammes. De plus, à l'avant, sur les côtés et à l'arrière, des caisses spéciales sont réservées pour recevoir les outils indispensables en cas d'accident, les effets du mécanicien et du chauffeur, l'huile, la graisse, diverses pièces de rechange, s'il y a lieu, etc., dont le poids total moyen est de 3 ou 400 kigrammes. Quant au poids total des tenders, d'après les données ci-dessus, il est facile de voir qu'il est très variable, aussi en rencontre-t-on qui ne pèsent sous charge que 15000 kilogrammes, tandis que d'autres pèsent 35000 kilogrammes.

La caisse à eau porte à sa partie supérieure généralement deux orifices (avec couvercles) placés à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaque angle d'arrière et destinés à recevoir les bouches qui amènent l'eau qui doit la remplir. Au-dessous de chacun de ces orifices se trouve une sorte de panier en cuivre rouge appelé *crépine* et percé d'une multitude de petits trous. Ces paniers ont pour but de retenir les matières solides en suspension.

C'est vers l'avant et sur le fond de la caisse à eau que prennent naissance les deux tuyaux d'aspiration pour l'alimentation.

Le tender porte toujours un frein manœuvré par une manivelle à la portée de la main du mécanicien et du chauffeur.

Machine-tender. On désigne sous ce nom des machines qui desservent un faible parcours et qui portent avec elles leur eau et leur combustible.

Le tender est complètement supprimé et remplacé par des caisses en tôle disposées de chaque côté de la machine et destinées à recevoir l'eau et le charbon. En outre ces machines doivent toujours être munies d'un frein assez puissant pour pouvoir les arrêter le plus vivement possible.

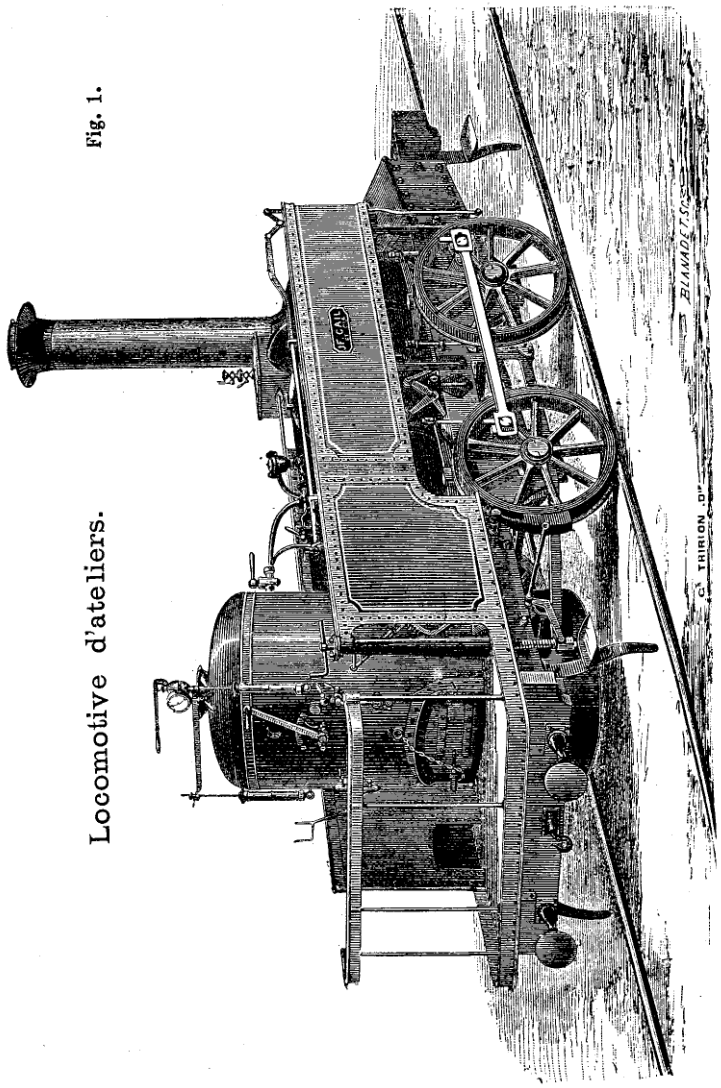
Dans cette catégorie de machines peuvent rentrer celles employées sur les chemins de fer de ceinture, de banlieue, et sur les lignes en construction, etc.

Celles dites *d'ateliers* qui font le service dans tous les grands centres industriels et dont la figure 1 nous donne un exemple, laquelle est employée depuis très longtemps par l'usine Cail pour son service intérieur à Paris.

La figure 2 représente une locomotive compound, système *Mallet*, construite dans les ateliers de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 1.



Locomotive d'ateliers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M. *Decauville* et étudiée spécialement pour circuler sur la voie militaire, et offrant une puissance de traction en rapport avec cette nouvelle voie.

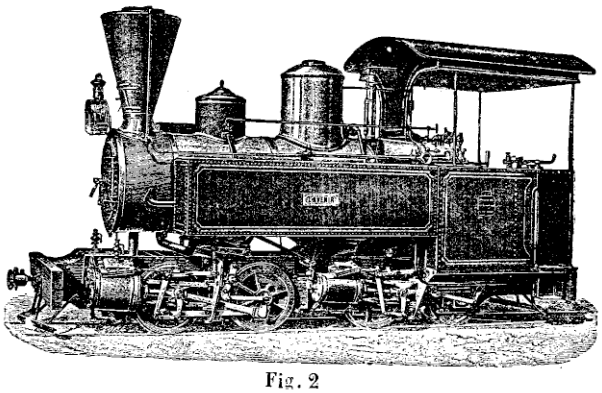


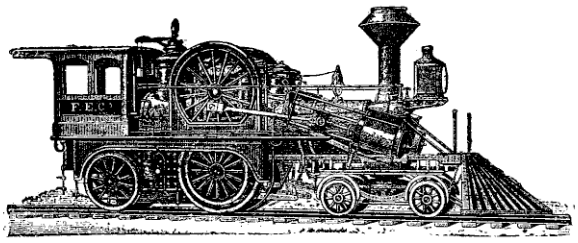
Fig. 2

Cette locomotive qui a quatre essieux, est articulée pour passer dans des courbes au rayon de 20 mètres et peut gravir des rampes allant jusqu'à 8 %. En palier et ligne droite elle peut traîner 280 tonnes et cette puissance va en diminuant graduellement, étant encore de 10 tonnes sur rampe de 6 % et de 5 tonnes sur rampe de 8 °/₀. Elle pèse 9 tonnes 1/2 à vide (12 tonnes en ordre de marche). Par suite de l'application du système compound, les quatre essieux sont moteurs, le train d'arrière fixé à la chaudière étant muni de deux cylindres qui reçoivent la vapeur à 12 atmosphères et le train d'avant muni de deux cylindres d'un plus grand diamètre dans lesquels la vapeur vient encore agir à 5 atmosphères ; il en résulte de ce système une économie de combustible de 15 %. L'établissement spécial du foyer, lui permet à volonté de brûler, du charbon, du bois ou du pétrole.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce type de locomotives qui développe 56 poncelets (environ 75 chevaux) est certainement le plus puissant qui ait encore été construit pour voie de $0^{m},60$ et qui permet d'entreprendre sur cette voie des exploitations très intéressantes en pays accidenté.

Locomotives américaines. Les machines américaines aussi bien employées pour les trains de



voyageurs que pour les trains de marchandises diffèrent des types ordinaires européens en ce que leur avant est supporté par un train de quatre roues mobile autour d'une cheville ouvrière, ce qui permet aux essieux d'avant de prendre une direction oblique par rapport à ceux d'arrière et facilite ainsi le passage dans des courbes de petits rayons.

La cheminée est évasée et recouverte d'une toile métallique qui laisse passer la vapeur et la fumée, mais arrête les étincelles qui proviennent de la combustion du bois. Cette forme de cheminée se rencontre aussi dans quelques unes de nos machines européennes où le bois et la tourbe sont préférés par économie au charbon.

A l'avant se trouve le *(cow-catcher)* chasse-bœuf destiné à écarter le bétail de la voie.

La cabine du mécanicien est assez bien comprise pour le garantir des intempéries.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Celle représentée par la figure ci-dessus a été construite par M. *Fontaine* et peut donner une vitesse de 130 kilomètres à l'heure sans pour cela employer des roues d'un grand diamètre, ce qui diminue la stabilité de la machine.

Je borne là mon examen rapide sur les pricipaux genres de locomotives me réservant de traiter en détail dans un ouvrage spécial tous les types de machines françaises et étrangères.

Avant de terminer pour les locomotives, je vais donner quelques explications sur des expressions employées et qui ne sont généralement pas bien comprises.

On nomme mouvement de *roulis*, un mouvement de va et vient autour d'un axe parallèle à la voie. Une des causes principales de ce mouvement, est une voie irrégulière, car il est facile de comprendre que si les rails ne fléchissent pas avec la même valeur par suite des défectuosités de cette dernière, cela donne lieu à des réactions qui sont favorisées par les ressorts de suspension et la machine s'incline alternativement à droite et à gauche.

Ce mouvement n'est pas très grave, il peut être annulé presque complètement, en entretenant bien la voie et en faisant bander convenablement les ressorts de suspension.

On nomme mouvement de *galop* un mouvement d'oscillation autour d'un axe horizontal perpendiculaire à la voie. Il provient le plus souvent d'une voie irrégulière, et encore plus de l'inclinaison des cylindres et d'une charge trop faible supportée par les essieux extrêmes. Il est facile de réduire ce mouvement dans de notables proportions, en donnant à l'axe des cylindres une direction horizontale,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en faisant bander suffisamment les ressorts de suspension et en faisant une répartition convenable de la charge sur les différents essieux.

Le mouvement de *tangage* est une série d'oscillation d'avant en arrière et réciproquement, causées par les réactions qu'exerce la vapeur sur les fonds AV et AR de chaque cylindre, et par les forces qui résultent de l'inertie des masses des pièces animées d'un mouvement alternatif. Ce mouvement ayant lieu dans le sens de la voie n'est pas très dangereux.

Enfin le mouvement *de lacet* est le plus important de tous, c'est un mouvement de va et vient autour d'un axe vertical qui passe par le centre de gravité de la machine et qui s'ajoutant au mouvement normal de translation, fait que la machine avance ainsi que tout le train en serpentant, ce qui est très nuisible pour la voie et peut donner lieu à des déraillements.

Ce mouvement provient du manque de symétrie dans le chargement de position des pièces en mouvement situées de chaque côté de la machine.

On atténue d'une manière suffisante, les mouvements de tangage et de lacet pour assurer la sécurité de la marche, en plaçant des contrepoids convenablement déterminés, aux roues motrices à l'opposé des boutons de manivelle. Ces contrepoids sont venus de forge avec les roues.

Sans entrer dans plus de détail, je dirai seulement que M. *Nollau*, ingénieur allemand fit dès 1847 des expériences pour déterminer ces différents mouvements, et le lecteur qui pourrait avoir besoin de renseignements complets sur ce sujet, n'a qu'à consulter les mémoires MM. *Le Çhatelier*, *Ivon Villarceau*, *Resal*, *Couche*, *etc.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotives (Détermination de la vitesse des). En supposant que les roues ne glissent pas et que le diamètre des roues motrices soit de deux mètres. A chaque coup double de piston, la machine avancera d'une quantité égale à la longueur de la circonférence de ces roues, soit :

$$2^{m},00 \times \pi = 6^{m},28$$

et si la machine donne par exemple trois coups doubles à la seconde, on aura :

$$6^{m}28 \times 3 = 18^{m},84$$

chemin parcouru en une seconde ; mais comme une heure se compose 3.600 secondes, on aura :

$$18^{m},84 \times 360 = 67^{km},824 \text{ mètres}$$

en chiffres ronds 68 kilomètres à l'heure comme vitesse.

Locomotives (Calcul de la traction et force des). La vapeur qui agit sur les pistons ne peut se transmettre à tout un train qu'autant que l'adhérence des roues motrices de la locomotive est suffisante et c'est cette adhérence (qui se compose de la pression des roues motrices exercée sur les rails et du coefficient de frottement) qui limite par conséquent la puissance de traction d'une locomotive.

Il faut aussi tenir compte de la position de l'essieu moteur par rapport à la verticale qui passe par le centre de gravité de la machine, plus il sera rapproché de cette verticale, plus la pression sera considérable puisqu'il supportera une portion plus grande du poids total de la machine.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C'est pour augmenter cette pression de la locomotive sur les rails que l'on utilise les bielles d'accouplement qui relient les roues motrices aux autres paires de roues.

Ainsi par exemple si toutes les roues d'une locomotive sont reliées entre elles, de cette façon la pression sur les rails sera égale au poids total de la machine.

Puissance adhérente des roues de locomotives

En Été dans de bonnes conditions.	1/4	du poids supporté par les roues motrices et accouplées
En hiver dans les brouillards	1/10	
» par très mauvais temps	1/20	
Dans les conditions moyennes.	1/6	

Par les temps humides pour éviter le patinage des roues, on fait usage d'un appareil appelé sablier (fig. 2, p. 461) qui permet d'envoyer à l'avant des roues motrices du sable fin sur les rails.

Prenons par exemple un essieu moteur sans accouplement qui supporte 12.000 kilos sa puissance de traction sera égale à :

$$\frac{12000}{6} = 2.000 \text{ kilogrammes}$$

mais comme le rapport du tirage à la charge sur la voies ferrées est de $\frac{5}{1000}$ le train que cette machine pourra entraîner sera de :

$$2.000 \times \frac{1000}{5} = 400 \text{ tonnes environ.}$$

Il est bien entendu que ce chiffre n'est qu'une moyenne et que par un temps humide par exemple

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec une charge pareille les roues peuvent *patiner* ou *voler sur place* pour parler plus pratiquement.

Il y a encore bien d'autres facteurs à considérer; par exemple, une voie qui n'est pas horizontale, qui n'est pas bien droite, qui présente des courbes plus ou moins grandes, la résistance de l'air, etc.

Il a été démontré qu'à une vitesse de 65 kilomètres à l'heure, le moteur exerce un effort d'environ 10 kilogrammes par tonne à traîner; plus, il doit se traîner lui-même.

Il est donc facile de se rendre compte par ce que nous venons d'examiner, quelle puissance considérable développe une machine de ce genre.

Prenons donc une locomotive à voyageurs qui transporte 10 voitures pesant ensemble 100 tonnes à une vitesse de 65 kilomètres à l'heure et prenant pour le transport de la machine elle-même un effort moteur de 800 kilogrammes, la force totale de traction transmise aux roues motrices devra être de:

$$(100 \times 10) + 800 = 1800 \text{ kilogrammes}$$

et le travail du moteur par seconde sera de:

$$\frac{1800 \times 65000}{3600} = 32{,}500 \text{ kilogrammètres}$$

La locomotive devra par conséquent avoir une force de :

$$\frac{32\ 500}{100} = 325 \text{ Poncelets } (433 \text{ chevaux vapeur environ}).$$

Le lecteur qui aurait besoin des formules de puissance et de résistance des machines locomotives n'a qu'à se reporter au *Guide du mécanicien*, par MM. Lechatelier, Flachat, Petiet et Polonceau et au *Traité élémentaire des chemins de fer*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotives routières. Je dirai un mot aussi sur les locomotives routières, qui sont destinées à circuler sur les routes ordinaires. Elles ont été conçues et essayées bien avant l'invention des chemins de fer. Malgré tous les perfectionnements apportés, ce n'est guère que vers 1862, qu'à Londres, on put employer avec succès des locomotives du système *Bray*, En 1864, à Nantes, M. *Lotz*, tenta des

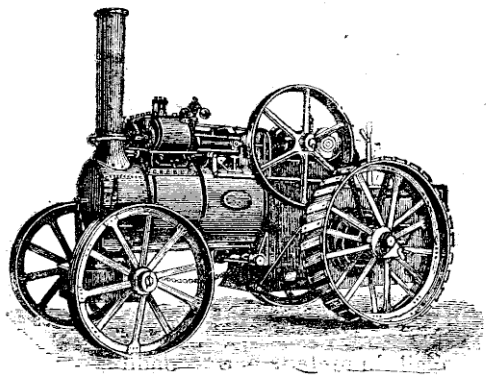


Fig. 1

expériences qui furent reprises plus tard à Paris, et donnèrent des résultats à peu près satisfaisants. Vint ensuite la locomotive routière *Larmanjat*, qui figurait à l'Exposition de 1867, et ensuite celle de M. *Albaret*, de Liancourt (Aisne), et un grand nombre d'autres, qu'il serait trop long d'énumérer ici. Les Anglais et les Américains ne sont pas restés en arrière et, à ce jour, leurs machines, dont la figure 1 en représente un type, sont dans beaucoup de cas, sinon préférables, au moins égales aux nôtres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Locomotive sans foyer, système *Lamm* et *Francq*. Un type de locomotive, unique en son genre, c'est la locomotive sans foyer (fig. 2) qui a été inventée et expérimentée en Amérique, en 1872 par le docteur américain *Lamm*, à la suite d'essais effectués antérieurement dans le but d'employer le gaz ammoniac liquéfié à la traction des voitures en général. L'introduction de ce mode de locomotion en France, par machines à vapeur sans foyer, est due à M. *Léon Francq*. De nouveaux progrès ont été réalisés depuis peu par ce dernier et par M. *Mesnard*, ingénieurs.

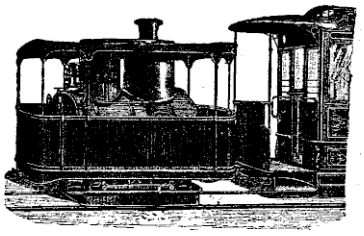


Fig. 2

Au début, le *Dr Lamm* employait une injection d'eau surchauffée (195°) dans le réservoir de la locomotive; mais, à ce moyen défectueux et pratique, M. Francq a substitué l'injection de vapeur surchauffée.

Ces machines se composent essentiellement d'un récipient cylindrique chargé d'eau chaude, à une pression maximum de 15 kilogrammes. Quant, après un voyage, la pression est descendue à environ 5 kilogrammes, on réchauffe l'eau à l'aide d'un courant de vapeur fourni par une batterie de générateurs fixes. Cette vapeur pénètre dans la masse liquide par un tuyau horizontal placé dans la partie inférieure du réservoir, et portant un grand nombre de trous dans le but de faciliter le chauffage de l'eau du récipient. Le chargement dure de 15 à 20 minutes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La vapeur, destinée à agir dans les cylindres, est prise à la partie supérieure d'un dôme surmontant le réservoir d'eau chaude, d'où elle est conduite dans un détenteur de vapeur qui ramène la pression au chiffre voulu, quelle que soit celle existante dans le récipient. La vapeur passe ensuite dans un long tube réchauffeur, traversant la masse d'eau, à haute température du récipient et se sèche complètement avant d'arriver dans les cylindres.

L'échappement a lieu dans un condenseur à air, à tubes verticaux, disposé au-dessus du récipient, à côté du dôme de vapeur, et l'eau, provenant de la condensation, est recueillie dans une caisse disposée à l'arrière de la machine.

Les cylindres, ainsi que l'ensemble du mécanisme, sont placés à l'intérieur, au-dessous du récipient, entre deux longerons en fer solidement entretoisés, et qui forment le châssis de la locomotive.

Les fusées des essieux et les boutons de manivelle des bielles d'accouplement sont protégés de la poussière et de la boue par des coussinets de forme spéciale, fermés par une rondelle en feutre.

Dans le nouveau type, le détendeur de vapeur a été réuni au régulateur d'admission, tout en maintenant indépendante l'action du mécanicien sur ces deux organes.

Les organes de ce nouveau détendeur ont été combinés de telle façon que le mécanicien peut faire varier instantanément la pression de la vapeur, suivant les exigences du travail à produire. La vapeur, ainsi détendue, passe dans un réchauffeur tubulaire, à grande surface, plongé dans l'eau chaude du récipient, où elle est séchée avant d'arriver aux cylindres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le mécanicien a sous la main tous les organes de conduite et d'arrêt. En outre d'un frein à main très énergique, ces machines sont pourvues d'un éjecteur détendeur spécial destiné à faire le vide dans la conduite des freins. Cet appareil est combiné de telle façon que, quelle que soit la pression de la vapeur dans le récipient, le vide produit dans la conduite, et par suite l'action des freins, soit régulière et uniforme.

Ces machines sont suffisamment puissantes pour remorquer un train de trois voitures (27 tonnes) sur la rampe de Saint-Germain.

Machines de marine. Avant de parler des machines de marine, je vais en deux mots faire l'historique de la navigation à vapeur.

La première idée de la navigation à vapeur est encore due à *Papin* qui, en 1695, fit construire en Allemagne un bateau d'une assez grande dimension, et qui fonctionna avec un certain succès. En 1776, encore un Français le marquis de *Jouffroy* en fit construire un autre, qui fut bientôt suivi d'un second, expérimenté sur la Saône en 1780. Née en France, la navigation à vapeur comme presque toutes les inventions, je regrette, mais il faut être juste de le dire, nous est revenue de l'étranger, d'Amérique. En 1788, *Patrick Miller*, *James Taylor et William Symington* essayèrent, sur le lac Dalwinston, un petit bateau dont les résultats ne furent pas brillants. C'est à *Robert Fulton*, ingénieur américain, qui avait étudié en France les conditions pratiques du problème à résoudre, qu'appartient la gloire d'avoir véritablement créée la navigation à vapeur. De concert avec son compatriote *Livingstone*, il fit construire un bateau en 1802, qui remonta la Seine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec une vitesse de 6 kilomètres à l'heure. N'ayant pas trouvé en France les encouragements qu'il méritait, il repartit pour l'Amérique, où il lança un autre bateau, le *Clermont*, qui fonctionna avec succès, et qui fut le point de départ de la navigation à vapeur.

Les moteurs à vapeur destinés à la navigation doivent répondre à des conditions toutes particulières. Ils doivent être très économiques en consommation de combustible, aussi légers et aussi peu encombrants que possible. Pour la plupart, ils doivent pouvoir fournir un service continu, jour et nuit, de longue durée; leurs distributions doivent être simples, pour éviter les avaries, et d'une manœuvre facile, spécialement pour les changements de marche. Comme ils n'ont pour fondation que les carlingues du navire, les déformations de la carène peuvent amener divers déplacements nuisibles aux machines, contre lesquels il faut se garder.

A part quelques petits moteurs à hélice, à cylindre unique, il n'existe pas de volant, et la masse du propulseur, spécialement pour l'hélice est trop faible relativement pour en tenir lieu. On y supplée en employant des machines à deux cylindres, accouplés à 90°, ou mieux à trois cylindres, accouplés à 120°.

Les vitesses, imposées par le propulseur, sont très grandes pour les machines à hélice, atteignant jusqu'à 88 tours, avec 4,50 *m* de vitesse linéaire du piston, pour les machines développant plus de 10,000 chevaux-vapeur dans leurs cylindres.

Les condenseurs sont à surface et on emploie des pressions de 10 à 12 *k*, les chaudières marchant à tirage forcé. La détente se fait par cascade, dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux cylindres (compound) ou dans trois cylindres successifs (triple expansion), et on a pu atteindre dans ces conditions, pour de très puissantes machines, à environ 0,600 *k* de charbon brûlé par heure et par cheval *indiqué*. (L'incertitude sur le rendement mécanique de l'appareil moteur, et la grande difficulté de mesurer la poussée réelle du propulseur, empêchent de mesurer par poncelet *effectif*).

Actuellement, toutes les machines attaquent l'arbre directement, par bielle directe ou en retour.

Machines à roues. Ces machines, les plus anciennes ne sont plus employées que pour de courtes traversées à grande vitesse, et sur les rivières où le faible tirant d'eau proscrit l'hélice. En premier lieu, on employait celles de Watt, mais étant très incommode par rapport au balancier, il fallut tourner la difficulté, de là on fit usage des

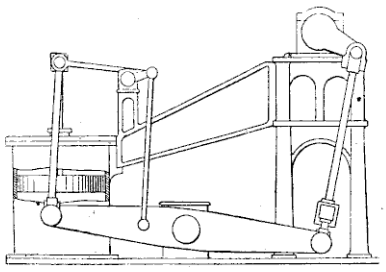


Fig. 1

Machines à balanciers latéraux (fig. 1). Le balancier, au lieu de se trouver à la partie supérieure des cylindres se trouve au niveau inférieur pour ne pas compromettre la stabilité du bâtiment ; dans le cas où le creux de ce dernier ne suffit pas pour fournir l'espace nécessaire au développement de la tige du piston et de la bielle, on peut avoir recours au *système oscillant*, avec deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindres en compound; le réservoir intermédiaire de vapeur, constitué par les tuyaux de communication des deux cylindres et l'enveloppe du grand, est assez réduit à cause de la vitesse relativement lente de ces machines (20 à 40 tours environ), on est conduit à donner aux cylindres de très grandes dimensions. On peut alors doubler la machine, en disposant les petits cylindres dans le sens horizontal; elle forme ainsi deux machines compound, dont chacune actionne l'un des vilebrequins de l'arbre, les deux têtes de piston d'une machine se trouvant côte à côte sur le tourillon.

Sur les navires de faible tirant d'eau, on emploie plutôt des machines à bielle directe, inclinées. Une bonne disposition consiste à placer le grand cylindre incliné et le petit cylindre en dessus, horizontal : leurs deux manivelles sont, côte à côte, reliées par une menotte de longueur telle que l'angle des manivelles soit égal à 90° moins l'angle des axes des cylindres, en sorte que les machines attaquent en réalité à 90° l'une de l'autre. On peut alors proportionner mieux le réservoir intermédiaire, et la purge des enveloppes de vapeur, ainsi que celles du petit cylindre, se fait naturellement. Cette combinaison permet de réduire à deux le nombre de paliers de chaque arbre, le palier extérieur étant toujours placé en porte-à-faux sur la muraille du navire, soutenu par de forts arcs-boutants et des étais latéraux. Le condenseur tubulaire est placé sous l'arbre dont il supporte les paliers.

Il est utile d'avoir un moteur indépendant pour conduire la pompe de circulation et assurer un bon vide en tous temps, particulièrement lors des ma-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nœuvres du navire, où la machine ne tourne que peu et par intervalles.

Dans la **Machine à bielle renversée** (fig. 2), le piston porte deux tiges qui se prolon-

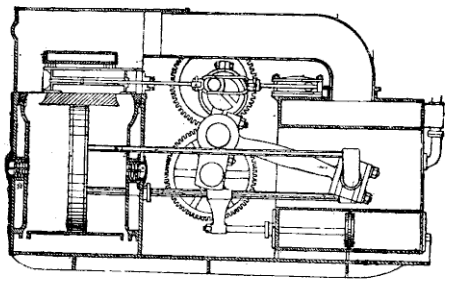


Fig. 2

gent au delà de l'arbre de couche, et sont réunies à leurs extrémités par une traverse guidée par des glissières. La grande bielle s'articule sur cette traverse, et elle se trouve située au delà de l'arbre de couche par rapport aux cylindres; c'est ce qui a fait donner à ces machines le nom de *bielle en retour* ou à *bielle renversée*.

On rencontre aussi des machines à bielles en retour dont les cylindres, au lieu d'être horizontaux, sont inclinés ou verticaux.

Dans les **Machines à fourreau** de *Penn*, le piston a une forme toute spéciale; il est muni d'un tube (fig. 3). La bielle est articulée directement au centre même du piston; elle est reliée par son autre extrémité à la manivelle de l'arbre de couche, et elle oscille dans l'intérieur du four-

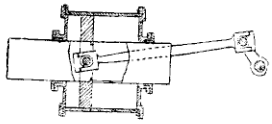


Fig. 3

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

reau. Celui-ci traverse d'ailleurs les fonds du cylindre comme une tige ordinaire de piston. Ces machines ont également leurs cylindres horizontaux, verticaux ou inclinés, et sont beaucoup employées dans la marine anglaise.

Les machines, système *Barbat*, verticales ou horizontales, à cylindres multiples, sans bielle et à changement de marche, trouvent encore leur application dans la navigation.

Machines à hélice. Sauf dans la marine militaire, ou on a tenu à placer les machines en dessous de la flottaison pour les abriter, le type pilon (fig. 1) est d'un d'un emploi général, et justifié par de nombreux avantages. La machine est abordable de tous côtés, l'ovalisation des cylindres n'est pas à craindre; l'action des enveloppes de vapeur est plus efficace, parce que leur chaleur ne se perd pas dans une grande masse de fonte étrangère aux cylindres, comme cela a lieu lorsque les cylindres sont liés aux plaques et bâtis de fondation; enfin la machine prend peu de largeur

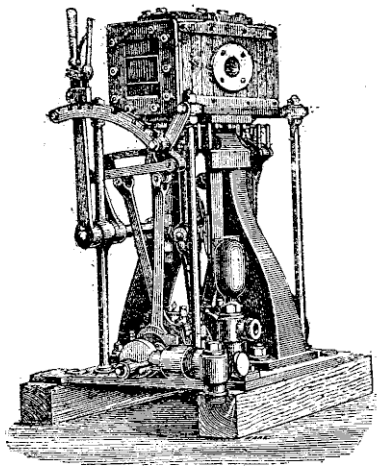


Fig 1

Les machines à triple expansion se composent,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soit de trois machines simples à pilon, dont les cylindres ont des diamètres gradués, soit de trois machines Woolf à pilon dont le petit cylindre est placé dans l'axe du premier, en dessus, avec tige commune (*tandem*). Ces machines présentent une grande régularité des mouvements moteurs, toutefois leur centre de gravité est assez élevé, ce qui, dans le roulis, fatigue les boulons de fondation et le carlingage.

Dans une machine semblable, le fonctionnement normal se fait par admission dans le petit cylindre du milieu, première détente dans deux autres petits, et détente finale dans les trois grands cylindres. Des valves permettent de modifier la circulation, et d'admettre simultanément dans les trois cylindres supérieurs, la détente se faisant dans les grands cylindres, pour chaque machine isolément (fonctionnement Woolf). La machine développe ainsi une plus grande puissance, mais consomme relativement plus.

Dans les moteurs triples de ce genre, chaque machine a sa pompe à air et sa pompe de circulation ; et même dans quelques navires, son condenseur séparé. Les tiroirs sont commandés par des coulisses de Stéphenson, toutes reliées au même relevage. Ils sont généralement à détente, par recouvrement, à double orifice. En marche normale, il y a détente, par les tiroirs, dans chaque cylindre. Dans les grandes machines, les changements de marche sont manœuvrés par des appareils auxiliaires ou *servo-moteurs*.

Une condition essentielle est que dans toutes les positions on puisse au besoin admettre la vapeur pour la mise en marche, en avant et en arrière. On

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

installe pour cela des tiroirs spéciaux, qu'on ne manœuvre qu'en cas de besoin.

Dans les grands appareils, les pompes de circulation, les pompes à air et celles d'alimentation sont conduites par un moteur séparé (*appareils de servitude*), ce qui dégage la machine principale et permet de mieux régler le vide.

Par les gros temps, le fonctionnement des machines marines devient très irrégulier, et elles subissent des *à-coups* très violents. On est obligé d'arroser en permanence, par des tuyaux disposés exprès, toutes les parties flottantes, sous peine de les voir chauffer. Pour prévenir l'emportement du moteur, principalement lorsque par suite du tangage, l'hélice se trouve hors de l'eau, on a essayé divers systèmes de régulateurs, qui sont fort délicats et demandent un soin extrême. La marine du commerce ne s'en sert presque jamais, et on se contente de régler la machine à la main, par la valve d'admission.

Les *pompes à air* sont verticales à simple effet ; on tend à supprimer les clapets de pied, ne conservant que ceux du piston et de refoulement.

Ces clapets sont le plus souvent en caoutchouc ; il paraît préférable d'employer le clapet dit *transatlantique*, formé d'un disque circulaire mince en cuivre rouge, chargé d'un faible ressort du même métal. Au centre est le guide en bronze, portant butoir. On met un grand nombre de ces clapets, auquel on donne un diamètre de 50 à 70 millimètres.

Chaque pompe à air, avec la pompe alimentaire et une pompe de cale, est commandée par un double balancier articulé sur la crosse du piston, pour réduire la vitesse linéaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machines multiples. Surtout en vue d'obtenir de grandes vitesses, on construit des navires à deux et même trois hélices, conduites par autant de machines indépendantes complètes. Elles sont quelquefois isolées, ainsi que leurs chaudières, par des cloisons étanches.

Dispositions d'ensemble. — La figure 2 représente une machine marine à triple expansion, du type le plus répandu. Sur la plaque de fondation A sont montées deux jambes portant glissières et supportant le petit cylindre. Pour le moyen et le grand cylindre, le condenseur C sert de bâti et

Fig. 2

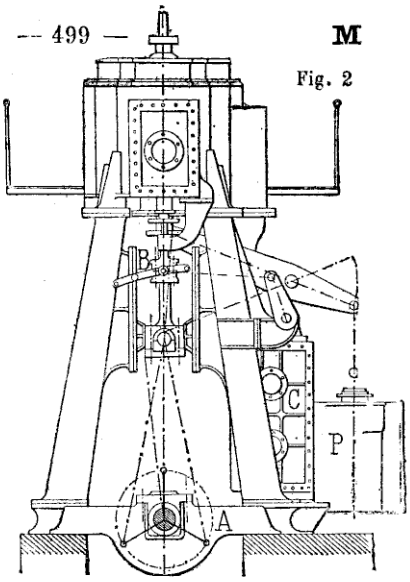
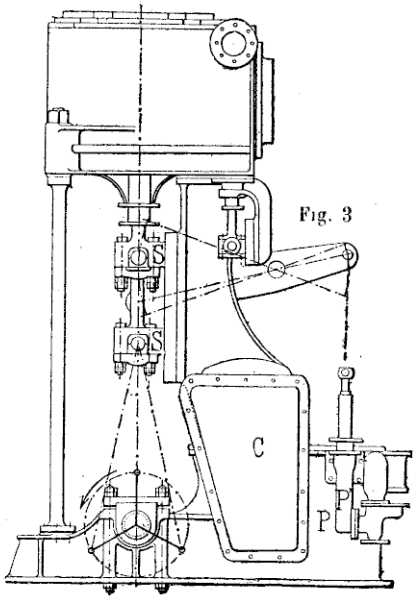


Fig. 3



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

supporte l'une des jambes. P est la pompe à air, conduite par la crosse du grand piston. Les tiroirs sont tous conduits par des coulisses de Stephenson B, et se trouvent dans l'axe de la machine, ce qui est gênant, tant pour la visite des tiroirs placés entre les cylindres, que pour le placement des chariots d'excentrique sur l'arbre à manivelles ; cet arbre se fait souvent en autant de pièces que de manivelles, et les manchons de raccord, les paliers et les manivelles y laissent peu de place disponible.

La figure 3 représente une machine d'un type plus dégagé ; les jambes d'un côté sont remplacées par des colonnes en fer, les crosses n'ayant plus qu'un coulisseau à savate S. La marche normale doit alors se faire suivant la flèche. La jambe unique du bâti est ici fondue avec le condenseur C et la pompe à air P. Dans l'exemple choisi, le mouvement des tiroirs est renvoyé latéralement, en sorte que toutes les boîtes à tiroir s'ouvrent du même bord et sont faciles à visiter. Généralement la pompe à air est commandée par le grand cylindre, et elle porte deux pompes d'alimentation P', attelées par un joug sur la tête de sa tige.

MACHINES DIVERSES

Lorsque la vapeur d'eau a agi sur les faces du piston, elle s'échappe, soit à l'air libre, soit dans le condenseur; elle possède encore une quantité de chaleur dont une grande partie est à l'état latent. Cette chaleur peut être employée à vaporiser un liquide plus volatil que l'eau, de manière à pouvoir faire servir le vapeur de ce nouveau liquide à produire une nouvelle quantité de travail. L'éther, le sulfure de carbone, le chloroforme, etc., ont été

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

expérimentés par divers inventeurs, et ont donné lieu à la construction de machines désignées sous le nom de machines *à vapeur combinées.* Ces machines sont très peu employées, à cause des précautions à prendre pour éviter les dangers d'explosion et d'incendie.

Machines à air chaud. Pour donner une idée de ces machines je dirai que jusqu'ici on n'a pas encore pu les employer pour de grandes forces, car il faut élever la température de l'air d'environ 350° pour obtenir une pression d'une atmosphère ; il est facile de se rendre compte par là des dimensions assez grandes qu'il faudrait donner aux machines. Seulement, elles rendent de très bons résultats pour la petite industrie, où l'on a souvent besoin que d'une petite force et d'un travail souvent intermittent.

Les moteurs à air chaud ne sont pas nouveaux comme on pourrait bien le croire et dès 1816 *Robert Sterling* avait imaginé une machine de ce genre.

Sadi Carnot est le premier qui en 1824 ait essayé une théorie mécanique de la chaleur tirée de l'étude de la machine à vapeur et tracé avec une sûreté de vue tellement digne d'être remarquée que les savants qui sont venus après lui y ont attaché une importance considérable.

La première machine de ce genre qui a été pour ainsi dire à peu près pratique a été construite en Amérique par *Ericson* en 1849. Après avoir obtenu beaucoup de succès, elle est maintenant pour ainsi dire complètement inconnue.

Ensuite vint celle de *Franchot* en 1855, qui n'a jamais été exécutée qu'à l'état de modèle et n'a par conséquent jamais été rendue pratique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Moteur Laubereau. Le premier type de ce moteur date de 1867.

Le chauffage peut se faire, soit en employant un combustible ordinaire, soit en employant pour les petites dimensions, une lampe ou un bec de gaz comme le représentent les figures 1 et 2.

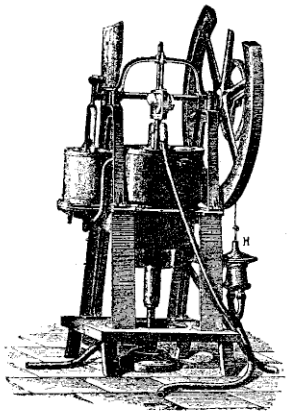


Fig. 1

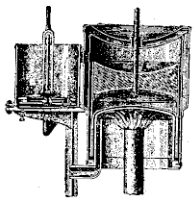


Fig. 2

L'ensemble de la machine se compose: d'un petit cylindre, dans lequel se meut le piston moteur B qui ne produit effet que sous la pression d'une atmosphère ; d'un grand cylindre qui est complètement fermé et dont la partie inférieure est en forme de cloche, la partie supérieure présente la même forme, mais possède un double fond dans lequel passe un courant d'eau froide qui est destinée à empêcher l'échauffement. Une pompe H mise en mouvement par l'arbre même de la machine établit le courant. Dans le grand cylindre se meut une masse de plâtre, maintenue entre deux parties métalliques qui viennent épouser exactement la forme de ses deux bases. L'ensemble de cette masse A est portée par une tige, qui extérieurement vient s'adapter à un cadre mis en mouvement par une came triangulaire calée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur l'arbre moteur de la machine. Le réglage des pièces est fait de telle sorte que la masse de plâtre s'élève brusquement lorsque le piston du petit cylindre arrive en bas à fond de course.

Un petit robinet placé en haut du grand cylindre sert à l'introduction de l'air et a pour but de faire communiquer la chambre à air froid avec l'atmosphère et de remplir cette chambre d'air avant la mise en marche. Pendant cette dernière il doit être fermé, le même air étant chauffé et refroidi alternativement.

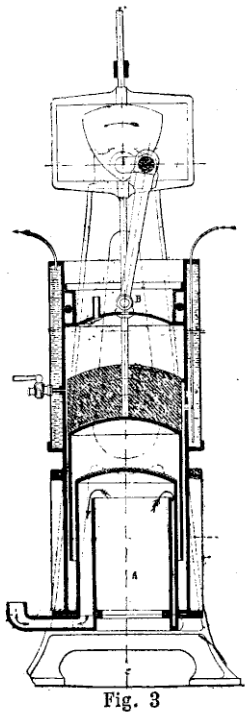
En deux mots voici la marche de la machine:

Sous l'action de la chaleur, l'air se dilate et soulève le piston A, tandis que le piston B qui subit sur sa face supérieure la pression atmosphérique descend, en même temps refoule l'air de son cylindre dans le grand. Cet air en s'échauffant contribue, toujours à soulever la masse de plâtre jusqu'au haut de sa course. A ce moment l'air chaud en excès dans le grand cylindre réagit sur le piston B et le soulève, ce qui aide le piston A à passer le *point mort* (le calage de la manivelle et du vilebrequin étant fait dans les conditions voulues). Le piston A en redescendant, tend à faire le vide au-dessus de lui, mais à ce moment, l'air chaud, qui agissait à la partie inférieure des deux pistons se précipite au-dessus de la masse de plâtre, se refroidit, diminue de volume et ne laisse par conséquent dans le petit cylindre qu'une tension plus faible que celle de l'atmosphère, ce qui a pour but de faciliter la chute du piston B et le grand piston A reprend sa course ascendante avant que B ait terminé sa descendante et ainsi de suite.

Le premier système que nous venons de voir a

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

été modifié par l'inventeur et présente actuellement une disposition comme l'indique la figure 3. Le foyer A peut comme dans le type précédent recevoir un brûleur à gaz ou un combustible quelconque et la fumée s'échappe suivant les flèches. Le piston moteur B ne frotte pas contre la paroi du cylindre, il est muni d'une bague roulante et flexible *Woodcook*; il commande au moyen d'une bielle et d'une manivelle l'arbre moteur qui possède un excentrique triangulaire à cadre sur lequel est calé la tige du piston déplaceur C. Le calage de la manivelle est fait sous un angle d'environ 90°.


Fig. 3

Examinons la marche de la machine dans le sens de la flèche et ses quatre positions par rapport aux pistons.

1° Le piston moteur B est environ au milieu de sa course lorsque le piston C, est au bas de la sienne. L'air situé au-dessous de ce dernier s'échauffe et vient soulever le piston moteur après avoir passé par l'espace annulaire inférieur.

2° Le piston moteur vient atteindre l'extrémité supérieure de sa course et le piston C est alors à mi-course dans son mouvement ascendant. Mais l'air chaud se contractant par l'effet de l'eau froide en circulation autour du cylindre, vient passer sous

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le piston C qui continue son ascension pendant que B descend.

3° Le piston B est au milieu de sa course descendante, C est donc à l'extrémité de son ascendante, l'air qui dans ce cas est refoulé par les deux pistons à la fois vient s'échauffer au contact des parois du foyer.

4° Le piston B arrive à la fin de sa course descendante, le piston C est au milieu de la sienne, l'air comprimé et chauffé réagit alors pour faire monter le piston moteur B et ainsi de suite.

Je ne parlerai pas des avantages ou des inconvénients de ce genre de machine, je dirai seulement que le calage de l'excentrique et de la manivelle ne peut guère se faire que par tâtonnement afin d'éviter des *à-coups* qui peuvent se produire en cours de marche.

Moteur Bénier. Ce moteur est basé, comme plusieurs autres, sur l'emploi d'un foyer soufflé par la production de l'air chaud ; mais il est caractérisé par l'application de moyens propres à empêcher l'échauffement excessif du piston et du cylindre. *(Portefeuille économique des machines).*

Les figures 1 et 2, représentent en élévation et en plan l'ensemble du moteur *Bénier* de 6 poncelets 75 (9 chevaux).

Le cylindre moteur est vertical et à simple effet ; le mouvement du piston est transmis à un balancier qui, au moyen d'une bielle pendentive, fait tourner l'arbre à manivelle portant le volant et les organes commandant la distribution. Un levier vertical oscillant A est actionné par l'arbre moteur au moyen d'une petite bielle. Ce levier commande le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

piston horizontal B de la pompe de compression. Ce

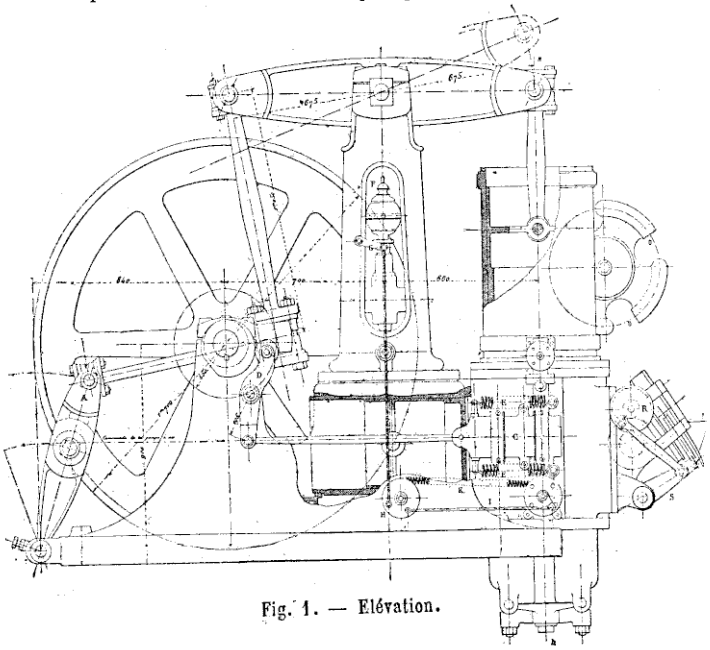


Fig. 1. — Elévation.

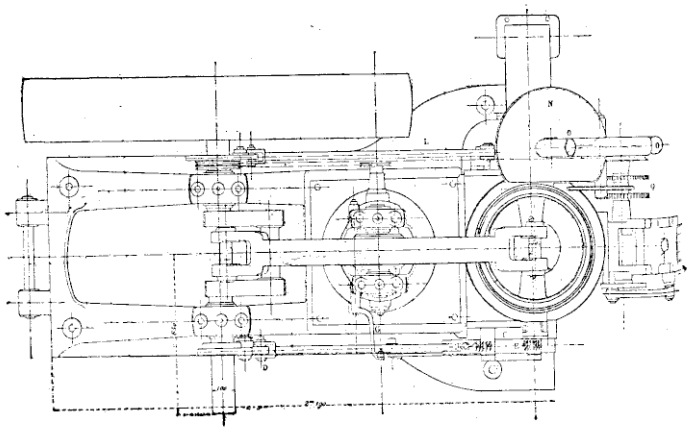


Fig. 2. — Plan.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

piston refoule l'air sous la grille du foyer installé au-dessous du piston moteur. La pompe à air est à simple effet.

Le tiroir de distribution d'air comprimé C reçoit le mouvement d'une came calée sur l'arbre à manivelle, à l'aide d'un levier articulé D, dont l'extrémité supérieure porte un galet roulant sur la came. Des ressorts à boudin E rappellent le tiroir et assurent ainsi le contact permanent du galet du levier D avec la came.

Le régulateur, à force centrifuge F, est actionné par l'arbre moteur à l'aide d'une petite courroie.

Le manchon du régulateur est relié à un levier articulé G qui soutient une tige verticale, articulée elle-même sur un disque H. Lorsque le manchon du régulateur monte, le plateau H est entraîné par le levier G, et, au moyen de la tige I, terminée par une petite manivelle, ferme plus ou moins un papillon posé sur le conduit d'air comprimé allant du tiroir de distribution au foyer. Un ressort à boudin K tend constamment à ramener le papillon à sa position ouverte.

L'échappement se fait par le soulèvement du clapet M (fig. 3), qui est produit au moment où le piston commence à descendre. Une came, placée sur l'arbre à manivelle, fait soulever le clapet au moyen d'un jeu de leviers L (fig. 2 et 3).

Le foyer soufflé devant être hermétiquement clos pendant l'ascension du piston, l'alimentation du combustible est assurée mécaniquement au moyen d'un tiroir plan. Le coke, cassé en petits morceaux, est versé (fig. 2) dans une trémie N. Une roue en fonte. portant quatre petits augets O, actionnée par l'arbre principal au moyen d'une courroie, tourne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lentement et traverse la trémie N ; chacun des augets O se charge d'un ou deux petits morceaux de coke,

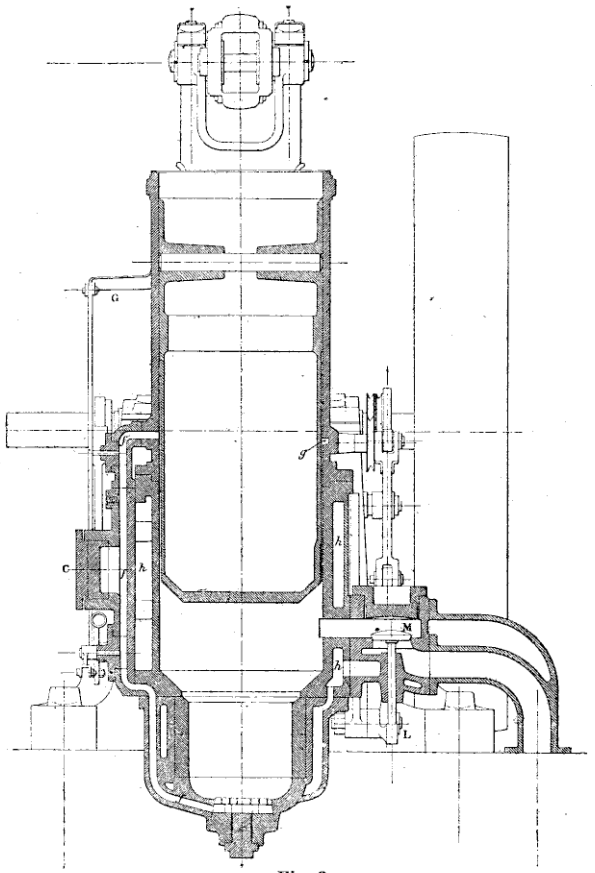


Fig. 3
Coupe verticale suivant *ab*.

et vient déverser dans la trémie P du tiroir de distribution du coke. Ce tiroir reçoit un mouvement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lent à l'aide d'une série d'engrenages Q qui commande un plateau R. Le plateau, par une courte bielle, fait osciller un levier S à l'extrémité duquel est articulée la tige du tiroir distributeur du coke.

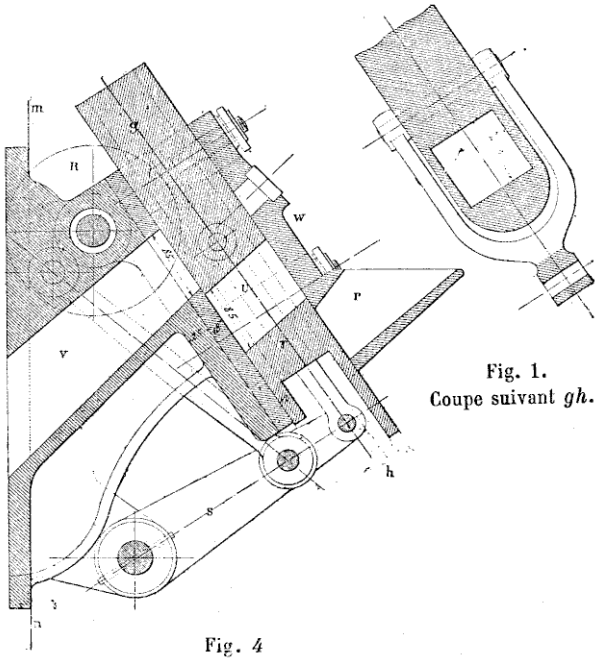


Fig. 1.
Coupe suivant *gh*.

Fig. 4
Coupe suivant *ik*.

Les détails de ce tiroir sont donnés par les figures 4, 5 et 6. Les morceaux de coke; tombés dans la petite trémie fixe P, sont pris par le tiroir T lorsque son évidement U vient correspondre au pied de la trémie dans le mouvement de descente. Le coke est entraîné dans le mouvement inverse du tiroir et tombe dans le foyer lorsque l'évidement U est arrivé à une hauteur du couloir de chute V. Une plaque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fixe W obture l'évidement U et empêche ainsi toute communication du foyer avec l'atmosphère.

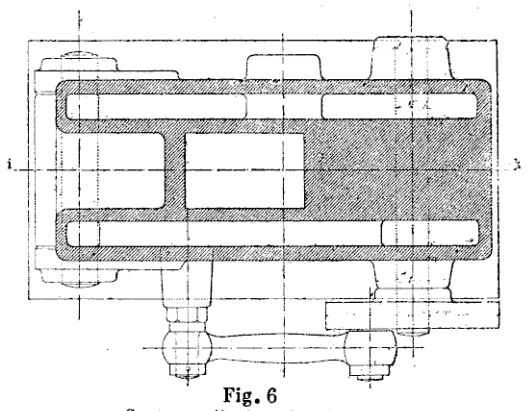


Fig. 6
Coupe verticale suivant *mn*.

Le tiroir de distribution d'air comprimé est représenté en détail par les figures 7, 8 et 9. Il consiste en une plaque de fonte X portant les évidements nécessaires et manœuvrant entre la glace verticale Y et un plateau Z destiné à maintenir le tiroir contre sa glace.

L'air atmosphérique est aspiré par la pompe à air lorsque la lumière *b* est mise en communication avec le canal *a* par la coquille *c* du tiroir. Lorsque cette communication est interrompue par le jeu du tiroir, la compression commence et se continue jusqu'au moment où le tiroir met en communication les lumières *b* et *d* par la coquille *e*. L'air comprimé arrive de la pompe à air et se rend, portion sous la grille en suivant la partie inférieure du canal *f* (fig. 3 et 7), et portion dans la rainure *g* (fig. 3), creusée dans le cylindre, par la partie supérieure du même canal.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'air comprimé qui arrive en *g*, tout autour du piston, refroidit cet organe ainsi que le cylindre, et rejette sur la grille les poussières qui tendraient à s'élever. Le piston, qui est très long, est tourné, à

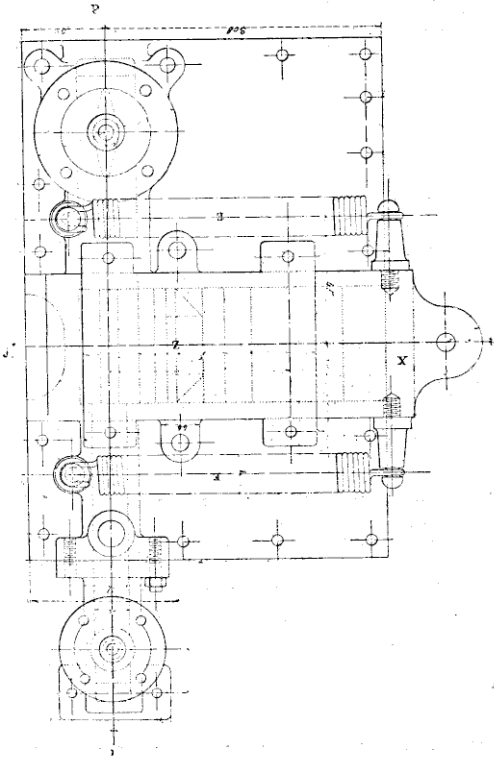


Fig. 7
Coupe suivant *cd*.

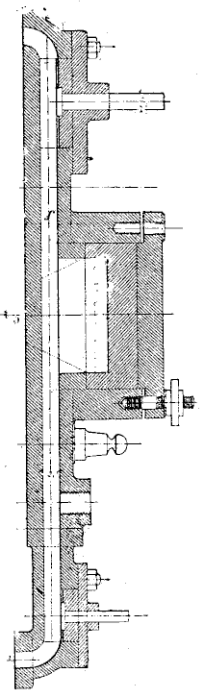


Fig. 8
Plateau de distribution d'air.

sa partie inférieure, à un diamètre un peu plus faible que l'alésage du cylindre, de façon que la partie frottante de ces deux organes soit hors de la région que peut occuper l'air chaud.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La partie inférieure du cylindre, au-dessus du foyer; est rafraîchie par un courant d'eau qui circule dans un évidement circulaire *h* (fig. 3).

Deux ressorts à boudin E, fixés par une extrémité au bâti, et par l'autre au tiroir X, ramènent le tiroir à sa position normale, qui est celle représentée figure 9.

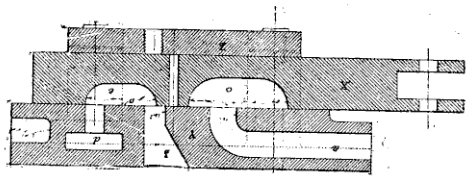


Fig. 9
Coupe suivant *ef*.

Une machine de 6 poncelets 75 (9 chevaux) pèse 4,200 kilogrammes; elle occupe une surface de $3^m,20$ en longueur sur $1^m,55$ de largeur, et une hautenr de $2^m,28$.

Je citerai encore à titre de mémoire les moteurs *Ridder*, *Cyurki*, *Hock et C^ie*, etc.

Machines à air comprimé. L'application de l'air comprimé est une idée toute naturelle et très simple qui est déjà très ancienne. Elle avait déjà été proposée il y a longtemps par plusieurs ingénieurs.

La locomotive par l'air comprimé fut mise à l'essai en 1856 par *Andraud*, aux Champs-Élysées. Il renouvelait sa provision de fluide, dont le réservoir était dans le tender, par d'autres réservoirs échelonnés sur la voie et alimentés par des moteurs naturels. Le mécanicien *Pecqueur* fit marcher également des voitures sur des rails au moyen de l'air com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

primé et il puisait cet air comprimé dans un tube fermé qui régnait le long de la voie. En 1868, *Désiré Savalle*, constructeur-mécanicien à Paris, prit un brevet pour appliquer l'air comprimé à la traction des omnibus. Un polonais *Mikarski*, a construit sur le même principe des voitures pour la C^ie^ des Tramways-Nord de Paris. Expérimentées en 1875 elles donnèrent d'assez bons résultats. La traction par l'air comprimé est très douce, la trépidation est presque nulle, aucun bruit ne se fait entendre, la manœuvre du mécanisme est très simple. Les essais qui ont eu lieu depuis ont été des plus favorables, nous verrons par la suite l'avenir réservé à l'air comprimé comme moteur, qui a pour concurrence les moteurs électriques qui aujourd'hui ont la tendance à prendre une extension assez considérable.

Pour ce qui est des machines fixes on peut employer avec avantage une machine puissante à comprimer l'air pour la distribuer ensuite à de petits moteurs analogues à des machines à vapeur, c'est pourquoi je ne m'arrêterai pas à les décrire.

Moulins à vent. En même temps que l'atmosphère est emportée d'un mouvement qui lui est commun avec la terre, des parties de cette atmosphère ont un mouvement particulier qui établit des courants d'air ; on donne à ces courants le nom de *vents*. Les vitesses du vent sont variables comme les causes qui le produisent.

La force absolue du vent n'est pas celle qu'il importe de connaître dans la pratique ; c'est la force transmise par la machine ou pour mieux dire par le moulin qu'il faut déterminer par l'expérience.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

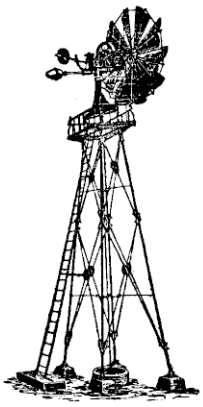
DÉSIGNATION	VITESSE par seconde	PRESSION en *kg.* par *mq.*
Vent modéré	2,5	0,765
Vent frais	4,7	2,706
Vent fort, (le plus convenable pour moulins)	7	6,000
Vent violent	15	27,560
Tempête	30	110,230
Ouragan	40	195,970
Grand ouragan	46	274,000

Le lecteur qui aurait besoin de détails comme formules, n'a qu'à se reporter aux *Notes et Formules* de Cl. De Laharpe ou au *Traité de Mécanique* de Hergot.

Le **Moteur aérifère**, construit d'une façon parfaite comme mécanique, doit pouvoir fonctionner avec les brises ou courants de $2^{m},50$ à 3 mètres; il doit être d'une douceur sans égale; la largeur des ailes et leur inclinaison doit lui donner le maximum de puissance que l'on peut atteindre; il doit s'orienter sans le secours de girouette ou autres systèmes, ce qui évite les causes de rupture; il doit fonctionner d'une façon parfaite, et surtout par les tempêtes. L'entretien mécanique de ce moteur doit être des plus faciles; les ailes doivent pouvoir se démonter et se régler. Le graissage doit se faire automatiquement dans toutes les parties, afin qu'il puisse être abandonné à lui-même pendant un certain temps. Tout en se basant sur les conditions qui précèdent, il faut bien se persuader d'en faire un appareil léger, mais d'une solidité à toute

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

épreuve, dont la figure ci-dessous peut servir d'exemple.



Quoique le moteur aérifère ne puisse donner un travail régulier et continu comme pour les besoins d'une usine, par exemple, il est très regrettable que cet appareil se répande relativement peu, mais pour ceux qui savent l'utiliser, il rend des services sérieux pour l'alimentation d'eau et peut contribuer par ses bonnes formes à la décoration des propriétés.

Les **Machines à gaz**, d'invention assez récente, donnent des résultats remarquables ; elles tiennent peu de place, s'installent partout, même aux étages supérieurs : tout foyer est supprimé, et, par conséquent, pas de fumée.

Les premiers principes des machines à gaz ont été posés par un ingénieur français, *Lebon,* vers 1800, mais les premières machines réellement pratiques ont été imaginées par M. *Lenoir*, en 1860, ces machines ont subi une série de perfectionnements avantageux dans toutes les circonstances. On en rencontre de plusieurs systèmes, dont les principaux et les plus nouveaux sont :

Motteur Otto. Ce moteur est le plus célèbre de tous, et le plus répandu; la réputation dont il jouit est bien justifiée.

Le cylindre de cette machine est horizontal; il est ouvert à son extrémité antérieure. Le piston ac-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tionne, par l'intermédiaire d'une bielle, la manivelle d'un arbre coudé, sur lequel est monté un fort volant dont le rôle est capital, attendu que, sur deux tours de l'arbre, un demi-tour seulement est moteur. En effet, la première course du piston aspire le mélange tonnant, la course arrière consécutive comprime ce mélange dans une chambre dont le volume est égal aux 4 dixièmes du volume total du cylindre; l'explosion survient alors et ramène le piston en avant, en produisant un travail moteur; puis, le piston retourne en arrière une seconde fois, et chasse les produits de la combustion. Sur quatre courses du piston, une seule est donc efficace, et le volant doit emmagasiner la force vive actualisée à cet instant pour suffire au travail résistant dépensé pendant les trois autres courses sans perdre sensiblement sa vitesse acquise. Le volant joue donc un rôle considérable dans le moteur Otto, et sa masse doit être plus grande en raison de la fonction d'accumulateur d'énergie qui lui est dévolue. (Pour plus de détails, voir le *Traité théorique et pratique des Moteurs à gaz*, de A. Witz).

Moteur à gaz Bischopp. Ce moteur, qui est le seul moteur qui puisse descendre à une faible force comme construction (3 kilogrammètres) est très simple, c'est pourquoi il est très employé pour les travaux domestiques, seulement je tiens à faire remarquer qu'il n'est pas économique, la dépense en gaz étant assez considérable.

Il se compose (fig. 1 et 2) d'un cylindre moteur A fixé sur un bâti B. Le cylindre contient un piston C dont la tige D coulisse dans une longue douille E, laquelle fait corps avec le couvercle du cylindre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

F est une bielle en retour qui vient s'articuler à une manivelle G calée sur l'arbre moteur H, sur lequel est également calé un volant I qui peut servir de poulie. J est un tiroir cylindrique mis en mouvement par un excentrique K et qui sert à l'introduction du mélange gazeux et à son échappement lorsqu'il a produit son action; L tuyau d'arrivée du gaz; M soupape d'introduction d'air; N orifice près duquel se trouve un bec de gaz destiné à l'inflammation du mélange (un autre bec O placé plus bas a pour but de maintenir le premier toujours allumé, lequel peut venir à s'éteindre par suite d'aspiration ou de crachement).

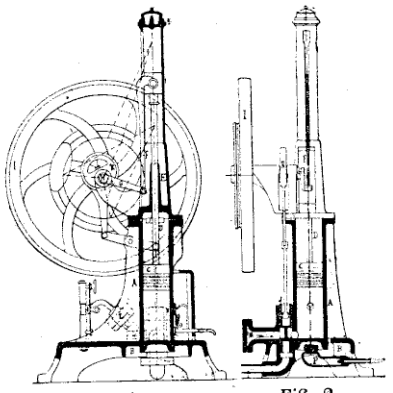


Fig. 1 Fig. 2

L'orifice N au moyen d'un obturateur à lame flexible se trouve ouvert et fermé au moment voulu.

P, petit fourneau au gaz qui a pour but de chauffer le fond du cylindre au moment de la mise en marche et dont la conduite amène également le gaz aux autres becs du moteur.

Son fonctionnement s'opère de la façon suivante :

Supposons le piston à fond de course; lorsqu'il s'élève, il aspire un mélange d'air et de gaz. Aussitôt qu'il a dépassé l'orifice N, la flamme du bec de gaz pénètre à l'intérieur du cylindre, produit l'ex-

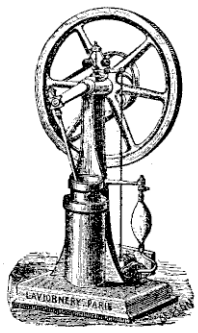
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plosion qui ferme la soupape d'arrivée du mélange et soulève vivement le piston. La bielle en retour F tire sur la manivelle G et la machine est ainsi en mouvement.

Quand le piston descend, la soupape d'arrivée du mélange est toujours fermée, les gaz de la combustion sont refoulés au dehors et lorsque le piston est à fond de course en bas, la même série d'opérations recommence.

Le cylindre de ce moteur ne s'échauffe pour ainsi dire pas, la circulation d'eau froide est par conséquent supprimée; son graissage et son entretien sont des plus simples; tout le monde peut le conduire et son installation peut se faire partout, seulement, comme je l'ai déjà dit, il n'est pas économique et si sa construction n'est pas soignée, il n'est pas rare de le voir atteindre une consommation de 4.000 litres par Poncelet et par heure.

Le **Moteur à gaz vertical Laviornery** est destiné aux appareils de petite force et peut fonctionner dans un appartement, sans bruit et sans frais d'installations.



Cet appareil, dont le volant peut être placé en bas ou en haut, est composé d'un socle en fonte maintenu par quatre boulons dans le parquet; d'un bâti cylindrique dans lequel se meut le piston qui active la bielle; d'une poulie motrice et d'un excentrique faisant mouvoir à son tour le tiroir.

Le gaz arrive dans le cylindre par la poche située

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur le côté, se mélange à l'air en passant dans une boîte à soupape et s'enflamme par le contact avec le bec d'allumage situé tout en bas du cylindre.

Le refroidissement du cylindre s'opère par le moyen de l'eau qui circule dans un réservoir entourant l'appareil. Cette eau, au fur et à mesure qu'elle s'échauffe, s'échappe naturellement par un tuyau dans un bac en tôle contenant environ 300 litres d'eau froide, et là, perd sa chaleur, puis, au bout de quelque temps, elle est employée à nouveau.

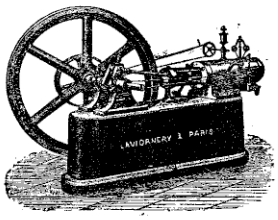
De cette façon, on peut supprimer le réservoir encombrant qui accompagnait autrefois tout moteur à gaz.

Ce moteur possède tous les avantages qu'on peut réclamer de l'emploi des petits moteurs domestiques : mise en marche instantanée dès que le brûleur est enflammé, mouvement régulier, doux et silencieux, refroidissement automatique avec un petit volume d'eau, peu de frais et peu d'embarras pour l'installation et enfin suppression de tout accident et de toute incommodité.

Moteur à gaz horizontal Laviornery *à compression, du cycle dit à deux temps.* Depuis quelques années seulement tous les moteurs à gaz inventés ont emprunté au moteur Otto la compression préalable du mélange détonant, mais pour obtenir cette compression, la plupart des constructeurs ont dû sacrifier, comme au moteur Otto, une révolution sur deux, n'ayant plus alors sur quatre coups de piston consécutifs, qu'un seul coup produisant la force motrice. Malgré l'emploi de volants très puissants, cette intermittence d'action motrice donne nécessairement aux machines une certaine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

variation périodique de vitesse, qui en rend l'application difficile aux travaux demandant une grande régularité de marche, et en particulier à la production de la lumière électrique. Quelques constructeurs sont arrivés à tourner cette difficulté et obtiennent une explosion à chaque révolution tout en comprimant préalablement le mélange ; M. *Laviornery* est parvenu de son côté au même résultat par des perfectionnements très simples et bien spéciaux à sa machine, pour l'utilisation du cycle à deux temps, dont l'un des principaux avantages sur le cycle à quatre temps est de pouvoir avec les mêmes dimensions doubler la force. Comme aspect général, le moteur Laviornery est disposé comme le moteur Otto et autres similaires, mais il en diffère essentiellement par son cycle et par ses détails.



Construit avec un nombre relativement très restreint de pièces, il ne comporte aucun organe délicat susceptible de facile dérangement. On n'y rencontre, en effet, ni cames, ni tiroir, ni tige d'excentrique, ni soupape de décharge (les fonctions de celle-ci étant remplies par le piston lui-même) et les quelques soupapes qu'il possède sont toutes automatiques.

Ses seuls organes mobiles sont un piston, sa tige, un arbre coudé, une bielle et une manivelle.

Voici la description sommaire de son fonctionnement :

Dans sa course arrière, le piston fait passer par aspiration l'air et le gaz du réservoir dans le cylin-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dre, lesquels communiquent par un orifice placé à la partie inférieure et antérieure de ce dernier, et à son retour en avant, il refoule et comprime dans le réservoir le mélange gazeux précédemment aspiré.

A l'extrémité postérieure du cylindre se trouve une chambre d'explosion qui, d'une part, communique par un orifice à soupape avec le réservoir, et, d'autre part, avec l'intérieur du cylindre par une ouverture réservée dans la partie centrale de la paroi de ce dernier, laquelle présente une forme concave.

En avant de cette paroi et lui faisant face, se trouve un retardeur ayant pour mission de diriger les produits de l'explosion vers le centre du cylindre et d'empêcher le mélange gazeux non encore détoné de se mêler aux produits de la précédente décharge.

L'orifice de communication entre la chambre et le réservoir est fermé par une soupape retenue par un ressort s'appuyant par son sommet contre la boîte de la soupape et par sa base sur le fond d'un écrou double fixé à l'extrémité de la tige de la soupape. Lorsque cette dernière est levée, le mélange gazeux, comprimé dans le réservoir par le mouvement avant du piston, s'échappe par cette soupape et passe dans la chambre d'explosion, ce qui a lieu chaque fois que l'orifice d'échappement ou décharge, dont je vais parler, étant ouvert, la pression gazeuse devient moins grande dans le cylindre que dans le réservoir.

Un tuyau transversal d'échappement, situé dans la paroi centrale inférieure du cylindre, se découvre lorsque le piston chassé en avant par une explosion, vient à dépasser son orifice. Ce tuyau donne alors

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

issue aux produits gazeux de la combustion, et la pression dans le cylindre diminuant, la soupape se soulève pour donner passage à une nouvelle charge gazeuse, qui, arrivant dans le cylindre avec pression, vient activer le refoulement de la charge précédente dans le tuyau d'échappement.

Ainsi que je l'ai déjà dit, le retardeur, en retenant la nouvelle charge, l'empêche de se mélanger à l'ancienne et de s'échapper avant l'explosion.

L'expérience démontre qu'avec un mélange à proportions telles que l'explosion soit la plus rapide et la plus violente, tous les éléments constitutifs du mélange sont instantanément consumés et qu'on obtient le maximum de travail en même temps que le minimum de dépense. C'est pourquoi M. Laviornery a disposé les orifices d'accès du gaz et de l'air dans le réservoir, de façon à maintenir dans celui-ci le mélange le plus explosible.

L'allumage est électrique, l'étincelle est obtenue par une dérivation dans la bougie, du courant induit d'une bobine, actionnée par deux piles au bichromate.

La bougie est du genre Lenoir, employée par un grand nombre de constructeurs de moteurs à gaz des plus connus.

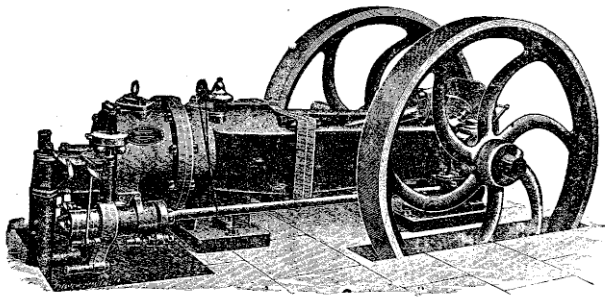
Le **Moteur Crossley** est un moteur dit à quatre temps, ou bien comme cycle, connu sous le nom « cycle Otto »; qui en réalité est celui de M. *Beau de Rochas*. La distribution du moteur se fait au moyen d'un arbre latéral et par un engrenage héliçoïdal, monté sur l'arbre principal. Cet arbre est muni de cames qui actionnent les quatre soupapes d'air, de gaz, d'allumage et d'échappement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La compression dans le moteur est portée à 5 kilogrammes, et au moment de l'explosion du mélange tonnant, elle atteint 14 kilogrammes 1/2 ; au moment de l'échappement, la pression est de 1 kilogramme et demi.

L'allumage de la charge se fait par tube incandescent. Ce tube est chauffé au rouge cerise par un chalumeau, et lorsque le gaz se trouve sous pression dans le cylindre, une soupape d'allumage vient mettre le tube en communication avec l'intérieur du cylindre et l'explosion se produit.

Au moment de la mise en marche, l'allumage est retardé ou a lieu un moment après le passage du point mort, de cette façon, le démarrage en sens inverse est évité.



Le moteur Crossley présente encore cette particularité que le cylindre est construit en deux parties, c'est-à-dire l'enveloppe d'eau en fonte ordinaire et le cylindre proprement dit, qui est formée d'une chemise en fonte spéciale et détachable.

Cette construction spéciale permet d'être certain qu'il n'existe pas de soufflures dans le cylindre même et la chemise peut se remplacer facilement sur place quand elle s'use.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les grands moteurs sont mis en marche par un appareil spécial de mise en marche automatique. Cet appareil permet de démarrer le moteur sous une partie de sa charge et évite l'emploi d'une poulie folle.

La première explosion donnée par cet appareil est assez violente pour faire vaincre au moteur 8 fois sa pleine compression.

Le moteur représenté par la figure ci-dessus est un moteur de 52 poncelets 1/2 (70 chevaux) qui peut marcher à une vitesse de 160 tours à la minute.

Je citerai encore comme mémoire les moteurs *Gotendorf*, *Kœrting* et *Lieckfeld*, *Day*, etc.

Moteur Simplex. Je ne puis terminer mon exposé rapide sur les principales machines à gaz sans dire un mot des moteurs à gaz pauvre dont le progrès n'a encore été signalé par aucun ouvrage technique et qui peuvent remplacer dans bien des cas très avantageusement la vapeur à tous les points de vue.

Les moteurs à gaz, qui sont aujourd'hui si répandus, ont été longtemps regardés comme ne pouvant s'appliquer qu'à la petite industrie, et cela pour deux raisons principales. L'on ne construisait pas encore, il y a une dizaine d'années, de moteurs à gaz d'une force supérieure à 25 chevaux, la mise en route au-delà de ces forces était difficile et les cylindres de trop grands diamètres étaient réputés défectueux. De plus, le coût du gaz de ville était et est encore tel qu'il rend l'économie de la machine à vapeur supérieure à celle d'un moteur à gaz d'une force supérieure à 10 chevaux.

Dans ces conditions, une limite avait semblé s'é-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tablir et l'on croyait admis de ne plus considérer comme pratiques les forces au gaz supérieures à 25 chevaux.

Ce fut alors que, pénétrés d'un sentiment tout autre, MM. *Delamare-Debouttеville* et *Malandin* se mirent à étudier la possibilité d'appliquer le gaz des gazogènes à la marche des machines à gaz et qu'ils eurent la satisfaction de voir leurs efforts couronnés de succès.

Dès 1885, M. *Witz*, docteur ès-sciences, put faire une série d'essais sur un Simplex de 6 poncelets (8 chevaux) et ces essais scientifiques sont les premiers que l'on ait enregistrés dans cette nouvelle voie. Les progrès se firent rapidement sentir et ces mêmes inventeurs ayant découvert un procédé fort simple de mise en route automatique, l'étude des plus gros moteurs put être entreprise avec chance de réussite.

Les ateliers *Powell*, auxquels succédèrent MM. *Matter et C*^{ie}, étant devenus les constructeurs du Simplex, construisirent successivement les types de 25, 50, 100 et 200 chevaux à cylindre unique.

Le gaz pauvre est fourni aux moteurs par les gazogènes *Buir-Lencauchez* que construisent les mêmes ateliers, il peut être produit indifféremment par l'anthracite, le coke et les charbons maigres, selon les régions où sont placées les installations.

La consommation de combustible par ce procédé est extrêmement faible, si on la compare à celle d'une force motrice par la vapeur, car l'on arrive à peine à une consommation de 650 grammes par poncelet-heure effectif au frein pour une force de 75 poncelets (100 chevaux).

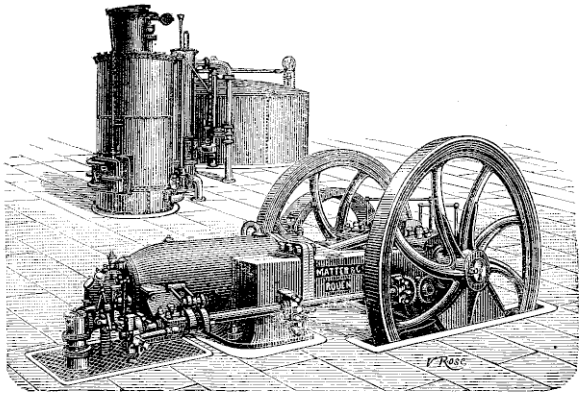
De plus, la conduite des gazogènes est beaucoup

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plus facile que celle des chaudières à vapeur et ne nécessite qu'une dizaine de minutes d'attention toutes les 6 heures.

Je n'insisterai pas sur l'avenir qui est réservé à la force motrice par le gaz pauvre, les nombreuses installations qui fonctionnent aujourd'hui sont là pour en témoigner et l'époque n'est pas éloignée où l'on verra des moteurs de 500 et 1000 poncelets entrer en lutte victorieuse avec les plus grosses machines à vapeur livrées à l'industrie.

Pour faire saisir dans leurs détails les perfectionnements apportés dans ces dernières années aux moteurs au gaz pauvre par les ateliers Matter et C^ie^ secondés de MM. Delamare-Deboutteville et Malandin, je donne une courte description du moteur et de ses appareils gazogènes en la faisant suivre des renseignements utiles pour leur application.



Moteur. — Le moteur à gaz Delamare-Deboutteville et Malandin, auquel ses inventeurs ont donné le nom de *Simplex*, est du type bien connu à quatre temps décrit par *Beau de Rochas* en 1862.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les points principaux qui font de ce moteur une machine hors pair sont :

Régulateur. — D'abord son régulateur à pendule composé de deux boules.

La boule inférieure, fixée sur une tige rigide, tend à donner à l'ensemble des oscillations bien égales dont la durée est modifiée par la boule supérieure que l'on peut éloigner plus ou moins de la première.

Aucun système de régulateur existant n'atteint la simplicité et la précision avec lesquelles fonctionne le régulateur pendule du simplex, dans lequel nulle usure n'est à redouter.

Mise en route. — Avec les moteurs de grande puissance, un moyen de mise en route automatique s'imposait. Les premiers et dès 1888, MM. Delamare-Debouteville et Malandin eurent l'idée d'introduire par un robinet spécial un mélange d'air et de gaz derrière le piston pendant la période d'inflammation (troisième temps du cycle).

Le mélange introduit, on ferme ce robinet et on fait jaillir l'étincelle électrique. Le mélange s'allume et donne aux volants une impulsion suffisante pour faire plusieurs tours pendant lesquels le mélange tonnant est aspiré par le piston, comprimé et enflammé. D'où la nouvelle impulsion plus forte et mise en route définitive du moteur.

Inflammation. — Nous venons de voir qu'à la mise en route on faisait à un moment donné jaillir une étincelle électrique, c'est, en effet, le mode d'allumage qu'ont adopté MM. Delamare-Debouteville et Malandin, et voici comment ils sont arrivés à le rendre pratique.

Le cylindre porte à l'arrière une petite plaque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

frottante munie d'une cavité dans laquelle jaillit constamment l'étincelle.

Le courant est donné par une pile spéciale et se transforme dans une bobine *Rhumkorff*. On peut régler l'étincelle, sa rapidité et sa longueur, on peut ainsi obtenir des étincelles très chaudes. C'est en grande partie à ce système particulier d'inflammation que le simplex doit ses succès d'application, tant aux gaz de ville qu'aux gaz pauvres.

J'ai dit que l'étincelle jaillissait d'une façon continue dans une petite plaque frottante. A un instant déterminé, cette plaque vient présenter sa cavité devant l'orifice du cylindre. Le mélange tonnant qui est alors comprimé entre dans cette cavité, se jette sur l'étincelle et l'explosion a lieu. On n'a plus à redouter aucun râté, l'étincelle jaillissant continuellement et l'instant de l'allumage est absolument précis puisqu'il a lieu lorsque les deux orifices se présentent en face l'un de l'autre. On est toujours maître de cet instant, car il suffit pour changer le tiroir.

Gazogène et installation. — Nous venons de voir quelques-unes des particularités qui distinguent le moteur simplex de ses concurrents. Je n'insisterai pas sur l'installation d'un simplex avec le gaz d'éclairage de ville, je dirai seulement quelques mots sur l'installation au gaz pauvre avec un gazogène Buire-Lencauchez.

L'appareil gazogène se divise en trois parties principales :

1° Le gazogène proprement dit ou foyer producteur de gaz A;

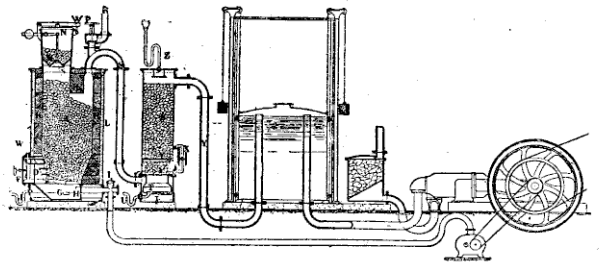
2° La colonne à coke ou laveur B;

3° Le gazomètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Conduite de la machine et du gazogène. Tous les industriels chez qui MM. Matter et Cie ont remplacé la machine à vapeur par un moteur Simplex, sont d'accord pour déclarer que la conduite de leur nouvelle machine est infiniment plus facile que celle de la machine à vapeur.

Cette unanimité s'explique aisément quand on considère que tout dans le fonctionnement du gazogène se fait automatiquement.



Le chauffeur d'une machine doit de temps en temps augmenter ou diminuer son tirage en ouvrant ou fermant le registre de la cheminée, ici le ventilateur donne toujours le vent nécessaire et à la pression voulue. Il faut veiller au niveau d'eau d'une chaudière, tandis qu'une fois réglé, le robinet qui amène l'eau sous la grille du gazogène laisse toujours entrer la quantité d'eau suffisante, laquelle eau y tombe par son propre poids, sans aucune pompe, ni injecteur. Aucun excès d'eau n'est possible car un siphon de garde laisse sortir naturellement l'eau qui serait entrée en trop.

Avec une chaudière, tous les quarts d'heure on doit mettre du charbon sur la grille, tandis qu'il suffit de remplir la trémie N du gazogène toutes les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quatre heures ou toutes les six heures, suivant la capacité du gazogène et la puissance que l'on demande au moteur.

La grille se décrasse une fois par jour et le décrassage demande environ 10 à 15 minutes.

Quant au moteur, nul autre soin à prendre que celui de remplir les godets d'huile une fois par jour, le graissage fonctionne automatiquement et les surfaces frottantes sont partout largement calculées pour mettre les organes à l'abri d'un échauffement ou d'un grippage.

On comprend d'après ce parallèle sur quoi repose et combien est justifiée l'opinion des industriels qui donnent maintenant la préférence au moteur Simplex.

Du gazomètre le gaz se rend au moteur, puis s'échappe brûlé à l'air libre après s'être détendu dans un pot d'échappement pour assourdir le bruit de son arrivée à l'air libre. Le moteur actionne un ventilateur refoulant l'air sous le foyer et un petit tuyau amène de l'eau devant la grille ; cette eau tombe goutte à goutte dans le cendrier d'où elle s'évapore à cause du rayonnement de la grille.

Le fonctionnement de l'appareil est des plus simples. Supposons-le en marche :

Le foyer A est plein de charbon incandescent. La porte du foyer F et la trémie de chargement N sont fermées. L'air arrive par la vanne de réglage I et l'eau entre par la tubulure W.

L'air traverse la masse de charbon incandescent, il y a production d'acide carbonique qui se transforme en oxyde de carbone à cause du charbon en excès.

L'eau du cendrier s'évapore, traverse également la masse du combustible, et sous l'influence de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

haute température se dissocie : l'oxygène forme de l'oxyde de carbone et l'hydrogène reste libre en très grande partie.

Le gaz produit est donc formé comme parties actives d'oxyde de carbone, d'hydrogène et de quelques hydrocarbures.

Il contient comme parties inertes, de l'azote, un peu d'acide carbonique et des traces d'oxygène.

Le gaz se rend alors par le tuyau S sous le laveur et remonte pour se rendre au tuyau Y, en sens contraire d'un courant d'eau introduit par le tuyau Z. Cette eau tombe sur le coke, se divise pour refroidir, laver le gaz et arrêter les impuretés qui auraient pu être entraînées.

Du laveur, le gaz se rend au gazomètre et de là au moteur où il est consommé comme s'il s'agissait du gaz d'éclairage ordinaire.

On peut résumer en deux mots :

1° La régularité et la rusticité du moteur Simplex sont plus grandes que celles des machines à vapeur généralement construites ;

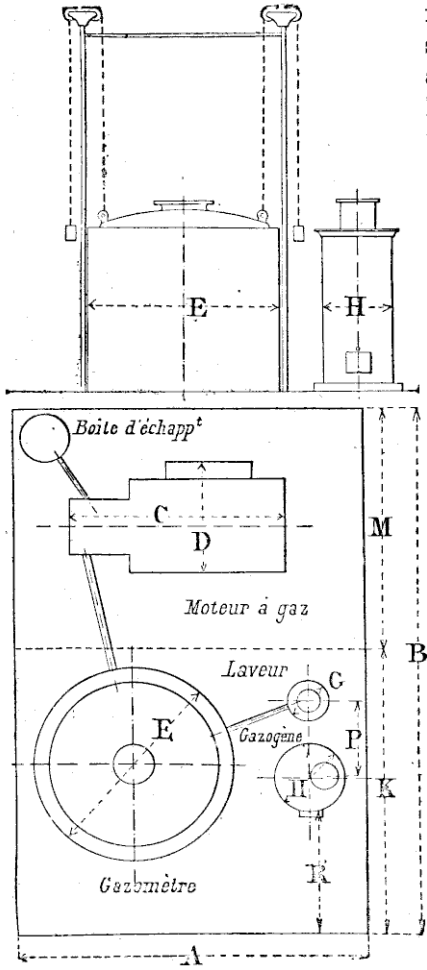
2° Le gazogène *Buire-Lencauchez* fabrique automatiquement son gaz, tandis qu'il faut une attention soutenue, et qui n'est pas sans danger pour produire de la vapeur.

Achat. — Consommation. — Economie. — Je dis en terminant que le prix d'achat d'un Simplex avec gazogène Buire-Lencauchez est à peu près le même que celui d'une Corliss avec sa chaudière.

Quant à la consommation de combustible, il faut s'attendre à une économie de 50 % sur cette même Corliss que j'ai prise comme exemple et représentant actuellement ce qui se fait de mieux en machines à vapeur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

J'ajouterai que l'on doit en plus tenir compte des réparations qui sont nulles pour ainsi dire avec le Simplex dont tous les organes sont robustes.



L'appareil à gaz ne subit aucune détérioration, ne supportant aucune pression et ne se trouvant pas au contact du feu, tandis que dans une machine du genre Corliss, le mécanisme délicat force à un entretien continuel qui ne peut être fait que par des ouvriers spéciaux. Quant aux chaudières, tous les industriels savent à quels chômages on est exposé, car dans beaucoup d'usines on trouve une chaudière de rechange pour permettre d'avoir de la vapeur tandis que l'on nettoie ou répare l'autre chaudière.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs à Gaz "Simplex" — Système *Ed. Delamare-Deboutteville* et *L. Malandin*. — Matter & C^ie^, Constructeurs à Rouen.

Moteurs à Gaz de Ville à 1 Cylindre

Puissance en chevaux vapeur effectifs :		1	2	4	6	8	10	12	16	20	30	40	60	80	100
Puissance en poncelets-vapeur effectifs :		0.75	1.50	3	4.5	6	7,5	9	12	15	22,5	30	45	60	75
Emplacement	Longueur y compris volant	1.60	1.85	2.20	2 60	2.90	3.00	3.20	3.60	3.90	4.25	4.60	4.95	5.50	6.00
	Largeur do do	0.80	0.90	1.10	1.15	1.20	1.30	1.50	1.80	1.90	2.05	2.20	2.30	2.60	2.90
	Hauteur y compris pierre et volant	1.20	1.30	1.60	1.80	1.95	2.10	2.20	2.30	2.40	2.05	2.10	2.15	2.25	2.50
Vitesse, nombre de tours par minute		240	230	220	210	200	195	190	180	170	160	150	140	130	110
Volant	Nombre de volants par moteur	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	Diamètre	1.00	1.20	1.40	1.60	1.70	1.85	1.95	2.10	2.20	2.50	2.60	2.70	2.90	3.40
Alimentation — Diam. intr des tuyaux avant le robinet de poche	Canalisation inférieure à 30m	0.026	0.033	0.040	0.050	0.050	0.060	0.060	0.072	0.080	0.090	0.100	0.110	0.120	0.150
	Canalisation supér. à 30m et infér. à 100m.	0.033	0.040	0.050	0.060	0.060	0.072	0.072	0.080	0.090	0.100	0.110	0.120	0.150	0.180
	Diamètre intérieur des tuyaux entre le robinet de poche et le moteur	0.026	0.033	0.040	0.050	0.050	0.060	0.060	0.072	0.080	0.090	0.100	0.110	0.120	0.150
Compteurs à Gaz, capacité en becs		10	20	30	60	60	80	80	100	100	200	250	300	500	600
Echappement des produits de la combustion — Diamètre intérieur des tuyaux (fer ou fonte) — Sortie du moteur		0.033	0.040	0.050	0.060	0.066	0 072	0.090	0.100	0.110	0.125	0.140	0.170	0.185	0.200
Echappement — Sortie de la boite d'évacuation		0.026	0.026	0.033	0.040	0.040	0 050	0.060	0.066	0.072	0.090	0.100	0.130	0.150	0.180
Refroidissement du Cylindre — Emploi de l'eau sous pression — Débit max. p. heure et p. cheval		Il faut compter 35 litres environ par cheval heure													
Diamètre intr des tuyaux — Arrivée		0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.020	0.025	0.030
Diamètre intr des tuyaux — Sortie		0.020	0 020	0.020	0.020	0.020	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.033	0.040	0.050	0.060
Refroidissement du Cylindre — Emploi du réservoir d'eau — Capacité d. réserv. en litres		600	900	1800	3000	3500	Pas de réservoirs, employer de l'eau courante								
Diam. intr des tuyaux fer		0.027	0.027	0.033	0.040	0.040									
Poids nets des moteurs, kgs. environ		600	800	1000	1950	2300	2700	3050	3800	4500	8000	10000	15000	20000	25000

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

MOTEUR A GAZ "SIMPLEX"

Système *Ed. Delamare-Debouteville* et *L. Malandin.*

Moteurs au gaz pauvre à 1 cylindre

Installations complètes avec Gazogènes Système "Buire-Lencauchez"

Puissance en chevaux-vapeur effectifs :	8	10	12	16	20	30	40	60	80	100
Puissance en poncelets-vapeur-effectifs :	6	7,5	9	12	15	22,5	30	45	60	75
A.....	5.40	5.50	5.70	6.10	6.40	6.75	7.10	7.60	8.2.	9.20
B.....	8.80	8.90	9.10	9.40	10.30	10.35	10.80	11.90	12.40	14.00
C.....	2.90	3.00	3.20	3.60	3.90	4.25	4.60	5.10	5.70	6.20
D.....	1.30	1.40	1.60	1.90	2.00	2.25	2.50	2.70	3.20	3.60
E.....	2.50	2.50	2.50	3.00	3.70	3.80	4.00	4.50	5 50	6.00
G.....	0.55	0.55	0.55	0.55	0.70	0.70	0.70	1 00	1.00	1.250
H.....	1.150	1.150	1.150	1.150	1.300	1.300	1.300	1.900	1.900	2.350
K.....	5.00	5.00	5.00	5 00	5.80	5.80	5.80	6 70	6.70	7.40
M.....	3.80	3.90	4.10	4.40	4.50	4.75	5.00	5.20	5.70	6.60
P.....	1.75	1.75	1.75	1.75	2.00	2.00	2.00	2.40	2.40	2.80
R.....	2.00	2.00	2.00	2.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Hauteur du moteur y compris pierre et volant	1.95	2.10	2.20	2.30	2.40	2.05	2.10	2.15	2.25	2.50
Hauteur du Gazogène..	3.00	3.00	3.00	3.00	3.50	3.50	3.50	3.80	3.80	3.80
Hauteur du laveur.....	3.00	3.00	3.00	3.00	3.50	3.50	3.50	3.80	3.80	3.80
Gazomètre de *m*3	10	10	10	15	20	25	40	50	80	100
Vitesse (Nombre de tours par minute ...	200	195	190	180	170	160	150	140	130	110
Volant (Nombre de volants p. moteur	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Volant (Diamètre.....	1.70	1.85	1.95	2.10	2.20	2.50	2.60	2.70	2.90	3.40
Consommation d'eau p. le moteur.....	Environ 35 litres par cheval-heure d° 47 d° par poncelet-heure									
Consommation d'eau p. le gazogène et son laveur.....	Environ 15 litres par cheval-heure d° 20 d° par poncelet-heure									
Consommation d'anthracite ou de charbon maigre par chev.-heure effectif, environ.....	k 1.00	k 1.00	k 1.00	k 1.00	k 0.85	k 0.850	k 0.750	k 0.700	k 0.700	k 0.650
par poncelet-heure, environ.....	1.338	1.338	1.338	1.338	1.113	1.113	1.000	0 935	0.935	0 870
Poids total de l'installation complète kgs environ.....	9000	9500	10000	11300	15500	20500	23500	31200	37200	46000

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Moteurs à pétrole. Lorsque l'on a une installation à faire nécessitant une dépense de travail peu considérable, comme dans la petite industrie, on emploie les moteurs à gaz ou à pétrole. Les conditions d'achat du gaz sont trop onéreuses, ou ce dernier manque dans la localité. C'est pourquoi on fait usage des moteurs à pétrole qui sont encore relativement peu employés en France à cause de la cherté du pétrole. Mais en Amérique et en Allemagne, ils rentrent dans l'usage courant. Leur principe est à peu près le même que celui des moteurs à gaz, en ce sens que le vide se produit dans le cylindre moteur, par l'explosion au moyen de l'électricité, d'un mélange gazeux composé de vapeurs de pétrole et d'air.

Le moteur à pétrole comprend comme principaux organes, un réservoir d'huile, un carburateur dans lequel l'huile est transformée en vapeurs, un appareil pour l'admission de l'air et son mélange avec les vapeurs d'hydrocarbures, une pompe destinée à comprimer le mélange détonnant, un cylindre, un appareil de distribution, un inflammateur, un régulateur et un appareil de mise en marche. Si l'on utilise des pétroles légers, il est facile de se passer de carburateur, l'essence étant injectée directement dans le cylindre. Tous ces moteurs sont à quatre temps à l'exception de celui du système *Brayton*, suivant le cycle *Otto*, c'est-à-dire que l'explosion se produit tous les deux tours. Au premier tour le mélange est aspiré et comprimé plus ou moins dans le cylindre par le piston, au second tour l'explosion et l'évacuation se font.

Parmi les types les plus connus *Otto*, *Brayton*, *Simplex*, *Root*, etc., figure le moteur *Durand*. Ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

moteur qui est à quatre temps et qui n'a pas de tiroir se compose essentiellement d'un cylindre, dans lequel se meut un piston, et de deux mouvements qui commandent deux tiges de soupapes. Au-dessus de ce cylindre est placé le carburateur rempli de pétrole. La carburation se fait seule, sans réglage, elle est basée sur l'emploi d'un flotteur équilibré plongeant dans le pétrole d'une quantité qui est toujours la même.

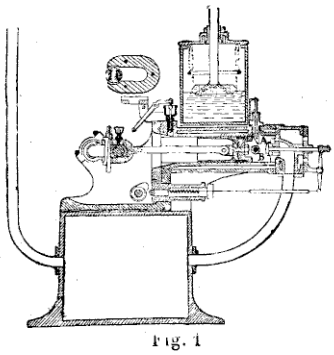


Fig. 1

L'air aspiré à la partie supérieure du carburateur par le piston est obligé pour se rendre dans le cylindre de déboucher par un tube sous le flotteur et de traverser la couche de pétrole. Il se charge ainsi de vapeurs du pétrole. Quant à l'allumage il est produit électriquement et automatiquement de la façon suivante : Une petite machine électro-magnétique mue par le moteur, fournit le courant qui est utilisé et par l'intermédiaire du pignon denté B et de l'aiguille A fournit l'allumage du mélange et par suite le vide dans le cylindre.

Un petit moteur au gaz et à pétrole qui tend à se répandre de plus en plus, vu qu'il est économique, est le moteur *Mire*, il est employé avantageusement pour la lumière électrique.

Moteur hydraulique Brotherood. Ce moteur (fig. 1 et 2) se compose de trois cylindres B

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

disposés en étoile, ou pour mieux dire formant un angle de 120°, et dont l'un se dresse verticalement. Une capacité A est commune aux trois cylindres qui sont fermés extérieurement par des couvercles.

L'arbre moteur est dans l'axe de l'étoile et est mû par une manivelle à laquelle s'attachent les bielles C des trois pistons.

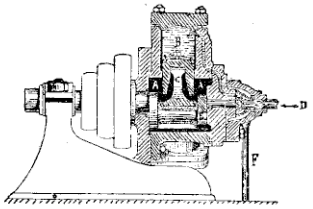


Fig. 1

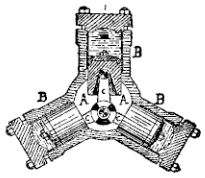


Fig. 2

Le liquide entre par la partie centrale D de l'étoile, un tiroir circulaire le distribue successivement à chaque cylindre aussitôt que la manivelle a dépassé le point mort correspondant au piston de ce cylindre.

Le tiroir ou distributeur est une soupape cylindrique S animée d'un mouvement de rotation qui lui est communiqué par une petite manivelle E. Cette soupape possède deux orifices annulaires distinctes, dont l'un en communication avec la partie centrale D sert à l'admission et l'autre à l'échappement en communiquant avec le tuyau F.

Ces machines peuvent également fonctionner avec la vapeur et l'air comprimé sans changer la distribution, aussi sont elles d'un emploi avantageux, si l'on veut obtenir un mouvement de rotation très rapide. Elles sont assez bien équilibrées, elles ne possèdent pas de volant, la transmission peut s'obtenir soit par courroies à différentes vitesses comme l'indique la figure ou par engrenages car en réalité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

il n'y a pas de point mort. Leur vitesse peut atteindre 2.000 tours à la minute, avec de l'air comprimé à 45 atmosphères, mais alors elles donnent lieu à des vibrations qui déterminent une perte sensible de travail moteur.

L'usure des axes étant très rapide, leur construction se limite à de petites dimensions, et alors elles donnent d'assez bons résultats pour actionner des ventilateurs, des essoreuses, des scies circulaires, etc. En résumé tous les appareils qui tournent rapidement peuvent être montés directement sur un arbre, afin d'éviter la perte de travail dué aux organes intermédiaires de transmission. En Angleterre ces machines sont encore employées à la manœuvre des cabestans qui remplacent les chevaux pour la traction des vagons dans les gares de triage.

Moteur hydraulique Schmidt. Ce moteur est une machine oscillante très connue. Sa distribution s'opère sur une surface cylindrique dont le centre d'oscillation est l'axe même du tourillon, comme le représente les figures 1 et 2, ce qui me

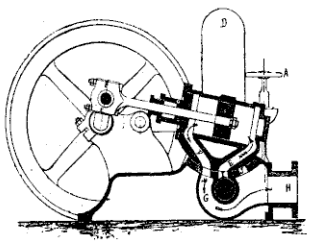


Fig. 1

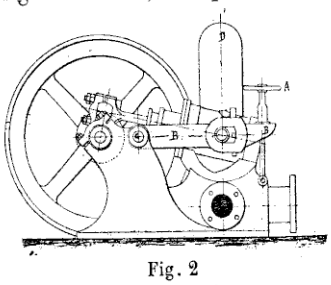


Fig. 2

conduit à faire remarquer que le serrage de la glace de distribution demande beaucoup de soin. S'il est trop fort, le travail à vaincre devient notable, sur-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tout pour les machines de petite puissance; s'il est un peu lâche, il y a projection d'eau en nappe dans tous les sens. Mais, malgré cela ce réglage est une question d'attention et d'habitude qui s'opère à l'aide d'un volant A qui agit au moyen d'un écrou sur les bras B, articulés en C et qui sont traversés par les tourillons du cylindre.

Un réservoir D fait partie de l'appareil, il est placé sur la conduite d'aspiration et est destiné à éviter les coups de bélier.

Le fonctionnement de ce moteur s'opère de la manière suivante :

L'eau arrive par l'orifice I et passe en E, tandis que l'échappement se fait par les orifices F, G et H. Lorsque le piston est arrivé au bout de sa course ascendante, le cylindre a oscillé, et l'orifice F communique avec la conduite I, alors les deux autres orifices I et J sont en regard.

Ce moteur utilise bien les fortes chutes et son emploi est très répandu dans les villes où l'eau est distribuée à très bon marché, comme à Lille ou à Bruxelles par exemple.

Moteur hydraulique Glenfield. Ce moteur est à deux cylindres oscillants (fig. 1 et 2) actionnant le même arbre coudé, de telle sorte que lorsque l'un des pistons est au point mort, l'autre est à moitié course, ce qui facilite énormément la mise en marche. L'eau arrive par une tubulure A passe par l'arbre creux B, se répand autour des cylindres dans l'espace P communiquant avec la boîte à tiroir fixe C. Aussitôt que le cylindre dans son mouvement d'oscillation, découvre l'un des orifices d'admission O, l'eau s'y précipite et arrive sous le piston F en D.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à ce que le cylindre, continuant son mouvement, le premier orifice d'admission se trouve de nouveau fermé, tandis que l'autre se découvre. L'échappement de l'eau a lieu par le conduit E, l'arbre creux et la tubulure E'.

L'arbre creux qui est aussi le tourillon des cylindres porte en I une rondelle en cuir qui forme joint,

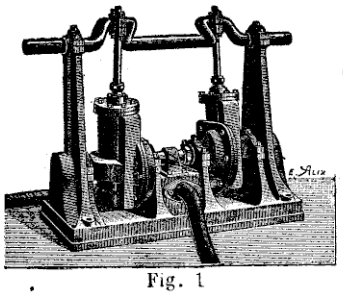


Fig. 1

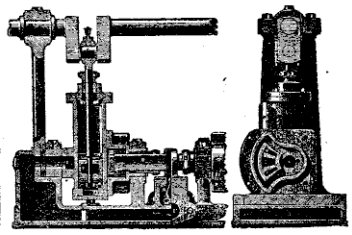


Fig. 2

I' est une rondelle en bronze qui reçoit le frottement du tourillon.

Afin d'éviter tout grippement dans le mécanisme, le tiroir est en bois de gaïac tandis que la table du tiroir est en bronze ainsi que tous les organes métalliques soumis à un frottement.

Le rendement de ce moteur diminue quand le nombre de tours dépasse 40 à la minute, il diminue avec la hauteur de chute; pour une vitesse de 40 tours, la hauteur de chute qui est nécessaire pour le fonctionnement à vide du moteur peut varier entre $3^{m},50$ et 4 mètres, la hauteur de chute utilisable est donc la différence entre la hauteur totale et 4 mètres. Mais le point le plus intéressant c'est que pour une hauteur de chute croissante avec une vitesse moyenne de 40 tours, le rendement s'élève rapidement avec la hauteur de chute. Par exemple,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec 12 mètres de chute, le rendement peut varier de 64 à 67 % et peut même atteindre 70 à 75 % avec des chutes de 18 mètres. Ce qui précède fait suffisamment voir les qualités de ce moteur qui peut vu son faible volume être installé partout et à peu de frais.

D'autres moteurs hydrauliques que je citerai simplement à titre de mémoire sont ceux de *Cooke*, *Ortmans*, *Barrat*, etc., très employés dans l'usage domestique.

MACHINES-OUTILS

C'est encore à *Soho* dans l'atelier de Watt qu'il faudrait aller chercher le type primitif de ces puissantes machines-outils ou dans les ateliers de Woolf, des Stéphenson, etc. Outre la science il faut être juste et reconnaître aux Anglais leur esprit pratique dont il ont droit d'être fier. Ils s'inquièrent sans relâche des avantages et des inconvénients de leurs machines, puisent à l'étranger tous les renseignements possibles pour les modifier, pièce par pièce s'il le faut et dans les moindres détails.

Machine à aléser. La figure 1 en représente un type construit par la maison *Dandoy-Mailliard* de Maubeuge. Cette machine est utilisée pour dégrossir et terminer l'intérieur des pièces, tels que cylindres, paliers montés, etc. Le banc est garni d'une cuirasse à chariot horizontale, mobile, automatique et à course variable, recevant les pièces à aléser. Sur ce banc est monté un chariot vertical garni d'une poupée porte-barre, une lunette mobile fonctionne à crémaillère et reçoit l'extrémité de la barre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les types de machines à aléser varient à l'infini ; il y en a de verticales, d'horizontales, d'inclinées, elles sont un peu ce que chaque atelier veut en faire. L'alésoir horizontal est généralement employé. Le porte-outils est fixé à l'arbre qui le transporte avec lui, la pièce à aléser doit être fixée solidement, bien de niveau et

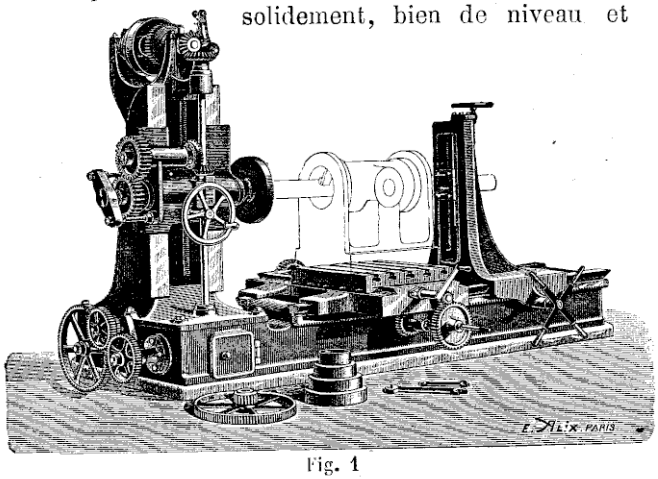


Fig. 1

réunie à son calage au moyen de chaînes si c'est possible, et fortement tendues. La vitesse des outils doit être de 4 à 5 centimètres par seconde pour la fonte, et d'autant moindre que la matière est plus dure. Le mouvement de translation est toujours communiqué à l'arbre par la machine elle-même. Les outils doivent toujours posséder leur coupe en arrière de l'axe dans la marche de son travail pour éviter le *broutage*. Ils doivent être trempés très durs, fixés solidement pour éviter qu'ils ne se dérangent, en un mot l'alésage doit être l'objet de beaucoup d'attention; pour éviter toute retouche, car je

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tiens à faire remarquer qu'il est beaucoup plus difficile d'aléser que de tourner.

On alèse quelquefois des cylindres sur des tours parallèles, le porte-lames n'a alors qu'un mouvement de rotation et c'est la pièce qui avance. Dans ce cas on est toujours guidé par la hauteur du centre des poupées au-dessus du banc, on ne peut jamais placer des pièces qui auraient un rayon extérieur plus grand que cette distance.

Quel que soit le nombre d'outils en prise, il faut les disposer de manière à leur faire partager le travail afin d'éviter leur échauffement, et des vibrations nuisibles à la perfection de l'alésage. Les outils qui décroûtent sont situés plus bas et moins avancés vers la circonférence, ce sont eux qui fatiguent le plus, mais ils laissent moins à faire aux autres et l'alésage est plus parfait. Le dernier outil doit avoir la forme d'une plane de tourneur, c'est-à-dire qu'il doit avoïr son arête tranchante parallèle à l'axe de rotation, et qu'il ne fasse pour ainsi dire, que polir la matière. Aussi quand on prend les précautions voulues, un cylindre doit être poli à l'intérieur comme une glace sans qu'on soit obligé de donner une seconde passe.

Un autre type de machine à aléser est celui représenté par la figure 2. Cette machine permet d'aléser les différents trous d'une pièce quelconque, une fois montée sur le plateau, en se conformant aux indications d'un plan côté pour les distances des centres de tous les trous. A cet effet le chariot porte-pièce à trois mouvements perpendiculaires dont deux sont réglables le long de règles divisées, et le plateau circulaire également divisé peut se fixer dans toutes les directions, suivant des angles déterminés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour aléser à leur place exacte les trous des arbres portant des pignons d'angles ou des cônes de fric-

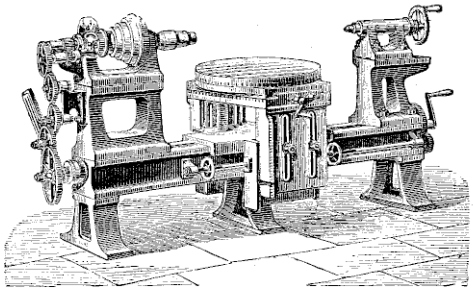


Fig. 2

tions quelconques. Les axes d'alésage faits avec cette machine sont toujours rigoureusement parallèles entre eux.

Machines à cisailler et à poinçonner. Les machines qui sont semblables comme ensemble, ne diffèrent entre elles que par la lame qui est remplacé par le poinçon, elles fonctionnent au moyen d'un excentrique ou d'une manivelle à bouton qui peut se manœuvrer à la main ou être mue par un moteur. Il est nécessaire pour obtenir un bon rendement de l'outil, que le poinçon soit constamment débrayé, c'est-à-dire qu'il ne produise son travail qu'à volonté, afin que l'ouvrier ait tou-

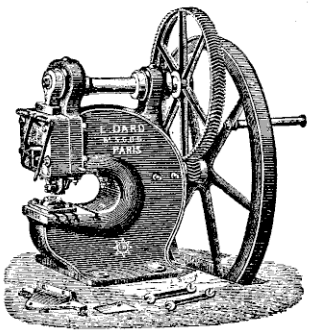


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

jours le temps de placer convenablement la pièce à poinçonner, et cela avec facilité et rapidité, tout en assurant par dessus tout une grande sécurité à l'enclanchement du poinçon. La (fig. 1) représente une poinçonneuse-cisaille avec déclanchement automatique. La machine à poinçonner doit toujours avoir ses mouvements bien graissés, propres, la matrice et le poinçon en bon état et fixés solidement.

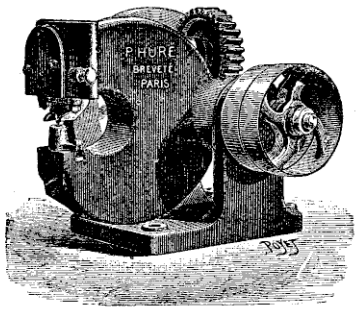


Fig. 2

Un autre type de poinçonneuse est celui représenté par les figures 2 et 3.

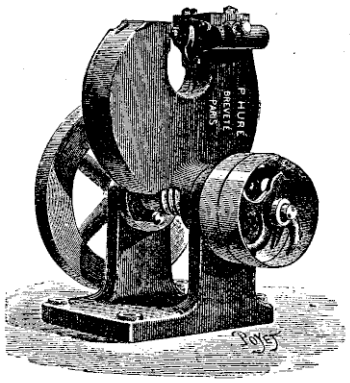


Fig. 3

Cette poinçonneuse se distingue de celles construites jusqu'à ce jour par le bâti qui au lieu d'être fixe peut se déplacer suivant un plan vertical passant par l'axe du poinçon, de sorte que le dit poinçon peut occuper dans ce plan toutes les positions exigées par la forme et les dimensions des pièces à travailler, cela sans changer ni la longeur ni la position de la courroie. Cette disposition

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

permet de poinçonner avec facilité de grandes pièces telles que réservoirs cornières cintrées, etc, sans qu'il soit nécessaire de faire de fosse devant la machine, puisque le poinçon peut toujours être placé normalement à la surface à percer.

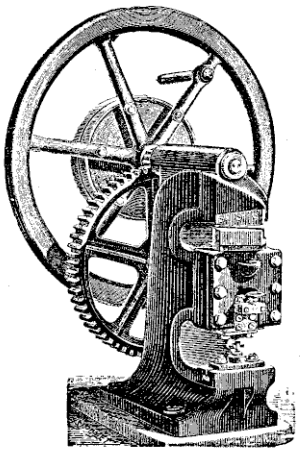


Fig. 4.

Un autre type très utile dans les petits ateliers est celui représenté par la figure 4 poinçonnant en bas et cisaillant en haut.

Les figures 5 et 6 représentent une poinçonneuse et une cisaille-poinçonneuse à levier servant d'intermédiaire entre les outils à main et les outils à la machine.

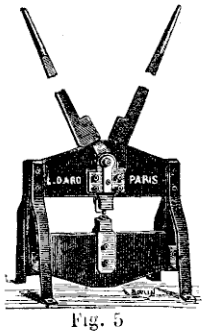


Fig. 5

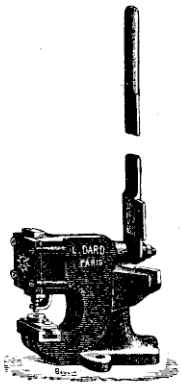


Fig. 6

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machines à diviser et à tailler les roues d'engrenages. Dans la confection des ouvrages en fonte quel que soit l'attention que l'on apporte dans la préparation des modèles et dans l'exécution de la pièce, jamais on arrive à avoir des pièces brutes d'une justesse irréprochable pour obtenir une transmission douce et sans choc. Aussi pour avoir un travail soigné est-on dans l'habitude de rediviser et de retailler toutes les dents. Ce travail se fait alors ou à la main ou à la machine.

A la main, on trace exactement sur la pièce la forme des dents; avec le burin et la lime on fait le nécessaire en vérifiant de temps à autre à l'aide d'un calibre bien juste préparé à l'avance à cet effet. Pour faire le tracé des dents, on les fait venir de fonte 2 ou 3 millimètres plus fortes dans toutes leurs dimensions, on dresse sur le tour les deux faces latérales bien d'épaisseur, puis on tourne la surface extérieure et on trace le cercle primitif. Cela fait on pointe le milieu des dents, ou on marque l'épaisseur, et avec un compas on trace les courbes qui déterminent leur forme. Si l'on a affaire à une roue droite on se sert d'une équerre à T ou à talon, dont l'une des branches s'appuie sur la face qui vient d'être divisée et l'autre sur le pourtour de la roue, on trace par des lignes parallèles la partie supérieure de la dent, en plaçant successivement cette équerre sur l'intersection des courbes avec l'arête circulaire de la roue. Cette opération demande beaucoup de soin et d'attention parce que le succès de la suivante en dépend. Celle-ci consiste à tracer sur la deuxième face la forme de la dent qui doit être identique et symétrique au tracé de l'autre face, et on a pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

repère l'intersection des traits parallèles, avec l'arête circulaire correspondante à cette deuxième face.

Une fois le tracé terminé l'ouvrier procède à l'ajustage des dents en suivant le plus exactement possible les traits indiqués.

Dans les roues d'angle, les traits qui indiquent l'épaisseur de la dent à la partie supérieure ne sont plus parallèles, ils convergent tous vers le sommet du cône. Pour les tracer on se sert d'une règle en fer qui tourne autour du sommet de ce cône en s'appuyant sur la surface extérieure des dents. On recherche la sommet du cône, en se servant d'un autre cône en bois, portant à sa partie inférieure un cylindre qui s'ajuste dans l'œil de la roue, et terminé à sa partie supérieure par une pointe en fer, sur laquelle vient se fixer la règle à tracer. En l'enfonçant plus ou moins, on arrive par tâtonnement à trouver le sommet du cône, ce qu'il est facile de reconnaître quand la règle s'appuyant sur la pointe de fer, vient s'appliquer exactement et partout sur le pourtour de la roue.

Malgré toutes les précautions et l'habileté de l'ouvrier il est impossible sur deux roues devant engrener ensemble d'avoir des résultats identiques, c'est pourquoi, pour obtenir un travail plus rigoureux et plus commode, on se sert aujourd'hui dans presque tous les ateliers de construction, des machines à diviser et à tailler les engrenages dont la figure 1 nous représente un modèle à déclanchement automatique pour roues à dentures droites, inclinées ou coniques. Avec cette machine on peut tailler depuis un diamètre de $0^{m},060$ jusqu'à 2 mètres, et on peut diviser de dent en dent de 1 à 100 dents et de deux dents en deux dents de 100 à 200 dents.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les engrenages de petites dimensions, en bronze, en fer, etc., on découpe directement les dents sur la matière. Pour les grandes dimensions, on les fait venir à la fonte, mais l'on s'organise de manière à avoir au moins 2 à 3 millimètres à enlever de chaque côté. Il faut attacher énormément de soin à la taille des engrenages, de leur bonne exécution dépend souvent beaucoup d'économie, en ce sens qu'ils résistent mieux, qu'ils donnent moins de choc pouvant déterminer leur rupture ou celle d'autres pièces de la machine et qu'ils ont un mouvement beaucoup plus doux et plus uniforme.

L'ouvrier qui travaille à la machine à diviser doit centrer parfaitement sa roue, s'assurer qu'elle est bien au diamètre demandé et qu'elle sera bien taillée d'équerre dans tous les sens. Après avoir exécuté une dent, on en fait une seconde et on les vérifie au moyen d'un calibre bien juste et préparé à cet effet.

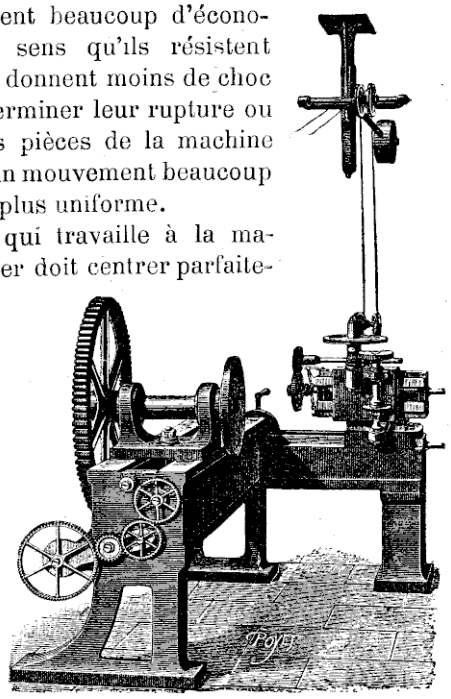


Fig. 1

La fraise doit être placée dans l'axe de la roue à travailler et ne pas tourner avec du faux rond dans aucun sens.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on a des dents à tailler inclinées dans un sens ou dans l'autre, devant engrener avec une vis sans fin, il faut avoir soin de placer le chariot porte-outil suivant cette inclinaison et il est bon dans ce cas d'avoir la vis sans fin pour la présenter et s'assurer ainsi si les deux pièces peuvent marcher ensemble.

Si l'on a deux roues à dents inclinées qui doivent aller ensemble, il faut avoir bien soin que leur inclinaison soit exactement la même et que l'une soit taillée inclinée à droite et l'autre taillée inclinée à gauche.

Si le cas se présente d'avoir une forte denture à tailler, on doit d'abord défoncer avec une fraise droite et par le milieu, pour soulager celle que l'on passe en second lieu, et ne jamais fraiser un seul côté de dent à la fois sans que la fraise ne soit maintenue à l'opposé, de même qu'il ne faut pas fraiser des dents venues de fonte blanche, sous peine de voir la partie brute enlever la coupe de la fraise.

Il faut s'assurer avant le traçage que la division des dents brutes est bonne, sinon il faut répartir et partager la différence entre toutes.

Les machines à diviser et à tailler les engrenages doivent être conduites, de préférence, par des hommes de métier pouvant au besoin ajuster leurs calibres, fraises et autres outils accessoires et pouvant se rendre compte de l'importance de leur travail.

La forme des calibres peut varier, mais leur ensemble est toujours à peu près le même (fig. 2 et 3). Il existe encore des machines à diviser et à tailler les roues d'engrenages avec des dents en bois appelées *alluchons*.

Ces machines qui doivent être conduites dans les mêmes conditions et avec autant de précision que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les machines semblables pour les métaux, possèdent une lame de la dimension du vide à donner

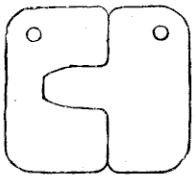


Fig. 2
Calibre pour une dent.



Fig. 3
Calibre pour deux dents.

entre les dents avec une coupe à 45 degrés pouvant être animée d'une vitesse de 3.600 tours à la minute.

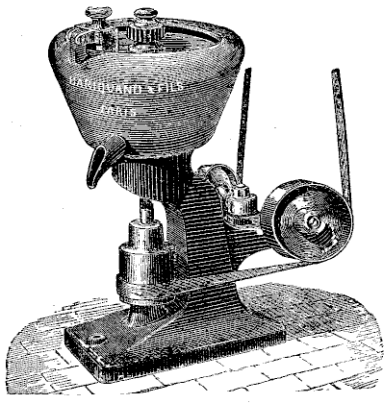
Il y a trois façons de diviser, qui sont :

1° Avec la plate-forme divisée en un certain nombre de points sur différentes circonférences.

2° Avec un manchon disposé sur l'arbre de la vis sans fin.

3° Par mariage des roues d'engrenages.

Machine à extraire l'huile des copeaux.



Les copeaux se placent dans un récipient logé lui-même dans la turbine de la machine.

Le couvercle est vissé fortement sur l'axe de la machine et pendant la rotation l'huile remonte le long des parois coniques de la turbine et s'échappe par le joint du couvercle.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La turbine tourne librement et se centre d'elle-même dans l'enveloppe de fonte qui peut prendre toute position autour de son axe pour que l'huile coule dans un récipient. Le rendement d'huile ainsi extraite de la limaille ou des copeaux est énorme et, la valeur de l'outil est facilement gagné en peu de temps pour un atelier ordinaire et sérieux, où l'on recherche les économies bien placées.

Machine à fraiser. Comme il existe une quantité considérable de types de ces machines, je me borne à donner le dessin de l'une d'elles pouvant marcher au pied et à la machine et qui est le type des Ateliers de Construction de la maison *Wertmelinger*, à Paris. L'examen de la figure 1 indique suffisamment le fonctionnement de l'appareil. Tous les organes de ces machines doivent être libres et sans jeu, c'est-à-dire ajustés parfaitement, pour éviter le *broutage*. Les mandrins et l'œil des fraises doivent être tournés juste, sans jeu et bien centrés.

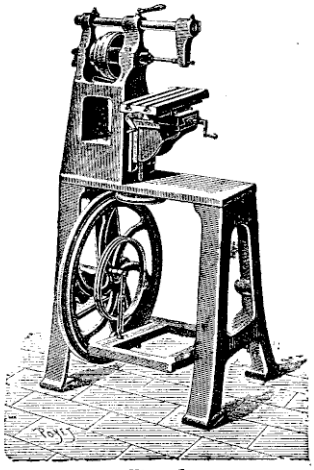


Fig. 1

La fraise doit toujours tourner dans le sens opposé à l'avancement de la pièce.

Lorsque la machine est à reproduction il faut avoir soin que le calibre conducteur soit bien fixé et que le galet qui conduit soit parfaitement ajusté sur son axe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On se sert d'eau de savon pour le fer et d'essence ou d'eau claire pour la fonte.

La vitesse par minute à la circonférence de la fraise, peut être de 8 à 10 mètres pour l'acier, 10 à 12 mètres pour le fer, 15 mètres pour la fonte et 20 mètres pour le bronze.

Les machines à fraiser sont généralement verticales ou horizontales, et il est absolument impossible avec ces machines de faire un travail complet c'est pourquoi il a été créé un type de machine dite *universelle*, qui peut fraiser horizontalement, verticalement ou sous un angle quelconque.

Machine à fraiser universelle. Cette machine (fig. 2) offre l'avantage d'être disposée instantanément pour travailler avec l'arbre horizontal ou avec l'arbre vertical à volonté. Sa disposition permet de travailler une pièce avec la fraise verticale ou la fraise horizontale sans qu'il soit nécessaire de la démonter ni de changer les fraises, ce qui procure une grande économie de temps et un travail très précis. Le dessin ci-contre la repré-

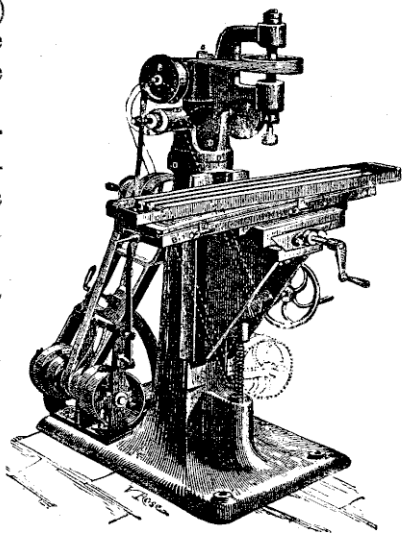


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sente prête à travailler verticalement ; l'arbre A est mû par les courroies passant sur les galets de renvoi BB. Pour la transformer en fraiseuse horizontale, il suffit de dévisser légèrement l'écrou C et de tourner le bâti D de 90 degrés de gauche à droite : alors l'arbre horizontal E vient prendre la place de l'arbre A sur le centre de la table ; la poulie F vient remplacer les galets de renvoi BB et recevoir la courroie. Cette dernière n'a pas besoin d'être changée par suite de la disposition du renvoi tendeur, lequel s'articule sur une chaise et s'abaisse suivant la ligne ponctuée qui indique la position horizontale que peut prendre ce renvoi : on tend la courroie, et on la fixe d'une façon rigide à l'aide d'une vis faisant pression sur un quart de cercle articulé ; on règle ensuite le bâti D au moyen d'un goujon de repère, et l'on serre l'écrou C pour fixer la fraiseuse horizontale avant de la mettre en marche. La transformation se fait en moins de temps qu'il n'en faut pour le décrire.

Le renvoi placé sur la base de la machine comporte deux cônes à trois vitesses, et deux poulies, l'une fixe, l'autre folle avec débrayage placé sous la main de l'ouvrier ; de sorte que cette machine ne réclame pas de renvoi en l'air. Elle peut être commandée par une poulie placée sur la transmission principale.

La table a les rainures fraisées en pleine fonte, et peut s'obliquer pour fraiser des pièces coniques.

Machine à fraiser. — *Appareil pour reproduire à mouvement horizontal.* Cet appareil (fig. 1) est destiné au fraisage des pièces de forme d'après un gabarit reproducteur. Il se fixe sur la plate-forme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des machines à fraiser et se compose, comme le montre la figure d'un plateau mobile sur un socle au moyen d'un système de vis, roues dentées, leviers et contrepoids.

Fig. 2

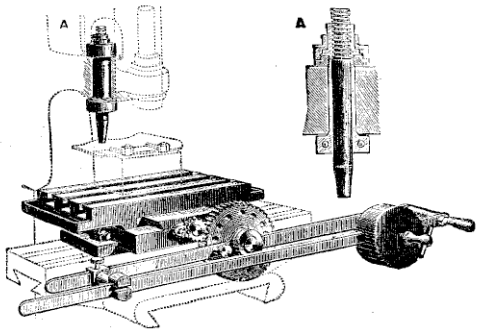


Fig. 1

Le plateau porte la pièce à fraiser et le gabarit, et pendant le mouvement automatique même de la machine, la pression du contrepoids fait suivre au plateau la forme du gabarit qui se reproduit ainsi sur la pièce.

La figure 2 montre en A la touche d'appui du gabarit de reproduction. Cette touche se monte dans un logement spécialement alésé dans la tête de la machine, et elle est disposée pour recevoir un mouvement de réglage vertical.

Machine à lapider. Cette machine désignée vulgairement sous le nom de *lapidaire* n'est qu'une meule qui tourne horizontalement et sur le plat de laquelle on use les objets à surfaces planes, trempés ou non trempés. Elle doit être montée bien de niveau et sans jeu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le lapidaire se compose d'un disque, soit métallique, plomb, étain, composition, cuivre rouge, etc., ou d'une composition d'émeri.

Pour le plomb ou la composition, on coule l'une de ces dernières matières sur un plateau en fonte possédant des rainures à queue d'aronde et disposé au fond d'un moule ayant les dimensions du disque que l'on veut obtenir. Le plateau doit être chauffé à environ 100° pour ne pas refroidir la matière à son contact, après quoi on la coule, on la laisse refroidir et on la bat au marteau tout à l'entour, sur le plat du disque, afin qu'elle porte bien contre ce dernier et on tourne sur place.

L'ouvrier travaillant au lapidaire doit avoir des lunettes, pour éviter que l'émeri ne lui revienne aux yeux, il doit présenter les pièces bien d'aplomb sur le plateau et avec beaucoup d'attention. Si elles sont trop lourdes ou trop volumineuses, il doit se servir d'un palan, si elles sont trop minces, se servir de mordaches à coulisse et ne pas trop échauffer les pièces dans aucun cas. La règle et l'équerre doivent faire partie de son outillage et il doit s'en servir continuellement.

De temps à autre l'ouvrier doit jeter de l'émeri en grains et maintenir, ces derniers vers lui au moyen d'une tôle légèrement inclinée.

Si la surface du lapidaire s'encrasse il suffit tout simplement de prendre un morceau de tôle de 1 à 2 millimètres d'épaisseur sur 15 à 20 centimètres de largeur et d'en poser le champ légèrement incliné sur cette surface en appuyant dessus une minute ou deux et en la repréparant à nouveau en y jetant de l'émeri.

Il est tout à fait nécessaire d'entourer le lapidaire

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une tôle à une certaine hauteur pour empêcher que l'émeri, qu'il faut avoir soin de légèrement humecter au préalable, ne soit projeté aux alentours, pouvant nuire ainsi, aussi bien au bon fonctionnement des machines à proximité qu'à la sécurité du personnel.

La vitesse à la circonférence extérieure des lapidaires doit être environ de 1.500 à 1.800 mètres à la minute.

Machine à mortaiser. Aujourd'hui les mortaises proprement dites étant faites à la fraise, il n'est guère possible de conserver aux machines que l'on désignait sous le nom de machines à mortaiser, leur ancienne dénomination, c'est pourquoi on les appelle maintenant, *machines à raboter verticales*, leur caractère spécial consiste en ce que le chariot porte-outil se meut dans un plan vertical déterminé par des coulisseaux généralement venus de fonte avec lui. A cela près, les machines à raboter verticales ressemblent beaucoup dans leur forme générale aux machines à percer. Le mouvement de va-et-vient du chariot est déterminé le plus souvent par bielle et manivelle ou par un simple excentrique.

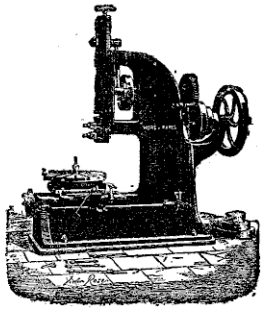


Fig. 1

La variation de longueur de la course, s'obtient en rapprochant plus ou moins du centre du plateau, le bouton d'articulation de la bielle ; lorsque cette course a été réglée on peut relever ou abaisser

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'outil dans son chariot de manière que cette course s'accomplisse le plus juste possible.

Dans cette machine (fig. 1) comme dans toutes les autres du même genre, le plateau sur lequel on fixe la pièce peut recevoir automatiquement deux mouvements horizontaux perpendiculaires l'un à l'autre ou même un mouvement circulaire continue.

Tout ouvrier qui travaille à une machine à raboter pour la première fois, doit en chercher les défauts et y remédier dans toute la mesure de son possible par des calages, si on ne veut pas la lui réparer. Le plateau doit être de niveau et le porte-outils descendu bien verticalement dans tous les sens, ce dernier doit être également libre et coulisser sans jeu, sans être plus dur à déplacer à une extrémité qu'à l'autre.

Les pièces à mortaiser doivent être fixées très solidement et si elles sont en paquets et qu'elles doivent être travaillées proprement, il faut avoir soin d'interposer entre chacune d'elles ainsi qu'à la partie inférieure du tout, une tôle de deux millimètres environ pour éviter les éclats et la torsion.

Pour les vitesses de l'outil on peut se rapporter à celles des machines à raboter horizontales en tenant compte de la matière à travailler.

On doit se servir toujours d'outils en parfait état et entretenir la machine dans un état constant de propreté et bien graissée.

On peut très bien diviser et tailler les roues d'engrenages avec cette machine, à cet effet il faut avoir soin de bien se centrer, de défoncer le vide de la dent avec un outil ordinaire et lorsque tout le tour de la roue est fait, la terminer avec un outil de forme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machine à percer. Le perçage à la main avec une machine montée sur un établi (fig. 1) ne s'emploie que dans les ateliers où il n'y a pas de moteur et pour percer des trous de dimensions ordinaires. Dès que le nombre des trous à percer devient un peu considérable, il est indispensable si l'on veut travailler avec économie d'employer des machines mues par un moteur qui est plus puissant et moins coûteux que l'homme. Ces machines se composent le plus généralement (fig. 2) d'un arbre vertical maintenu par des coussinets et à la partie inférieure duquel on place le foret.

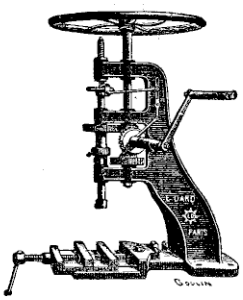


Fig. 1

La pression sur ce dernier est ordinairement déterminée par un contrepoids ou par une vis de pression actionnée par un système de vis et d'engrenages.

Les pièces à percer doivent être solidement fixées entre les mâchoires d'un étau parallèle ou sur un plateau horizontal qui doit être bien de niveau en tout sens. Lorsque l'ouvrier s'est assuré que ce dernier est comme il faut, il doit faire de même pour l'arbre vertical de la machine et le vérifier au moyen d'un fil à plomb ou d'une équerre placée sur le plateau.

S'il arrivait que l'arbre ou le plateau soient mal dégauchis, il faudrait placer la pièce à percer suivant l'inclinaison voulue pour obtenir un trou convenablement percé. Le jeu dans les coussinets, ainsi que dans le grain de butée doit être évité pour obtenir des trous réguliers et ne pas s'exposer à voir les forets ou les lames casser. Le foret doit tourner

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'une façon concentrique et si lorsque l'on commence à percer avec un foret à **téton**, la lame mord plus d'un côté que de l'autre, c'est que la pièce doit être redressée, si elle est de précision et que le trou soit tracé avec des *congés*, ces derniers doivent être bien attaqués par moitié pour être certain que la matière est enlevée d'une manière régulière d'un côté comme de l'autre. Si le trou est excentré, il suffit d'agrandir le trou fait par le têton au moyen d'un bédane et de recommencer à nouveau. Si le trou à percer est d'une certaine profondeur, on doit de temps à autre retirer le foret pour enlever les copeaux.

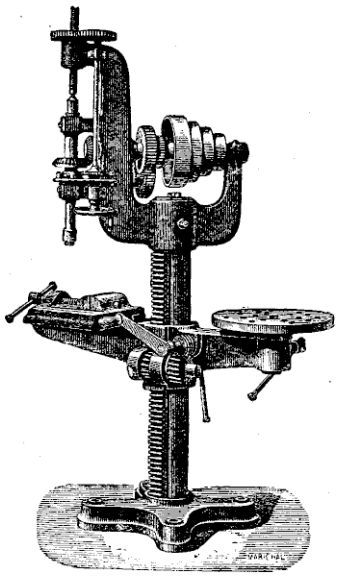


Fig. 2

Si le trou à percer est à agrandir et venu de fonte et qu'il soit excentré il suffit tout simplement d'en buriner le bord à 4 ou 5 millimètres de profondeur au diamètre voulu et de le terminer avec une lame.

Pour percer on se sert d'eau de savon pour le fer et l'acier, et d'essence pour la fonte dure. Le bronze et le laiton à sec.

Une machine à percer doit être entretenue proprement et ses organes graissés assez souvent. Une chose à ne pas omettre, c'est la vitesse que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on doit donner aux outils ; elle doit être de 5 à 6 mètres par minute pour les matières tendres et diminuer proportionnellement selon que la matière à travailler est plus dure.

Pour savoir la vitesse d'un foret il faut multiplier son diamètre extérieur par 3,14 et par le nombre de tours qu'il fait à la minute.

Ainsi un foret de 50 millimètres de diamètre faisant 35 tours à la minute donnera comme vitesse :

$50 \times 3{,}14 \times 35 = 5^{m},495$, en chiffres ronds $5^{m},500$.

Machine à percer radiale. On donne ce nom à des machines (fig. 3) pouvant servir à percer des trous placés sur des circonférences de divers rayons dont le centre est sur l'axe vertical. On doit s'assurer également pour ces machines que le plateau est bien de niveau, à cet effet on dispose une règle sur ce dernier et avec le niveau à

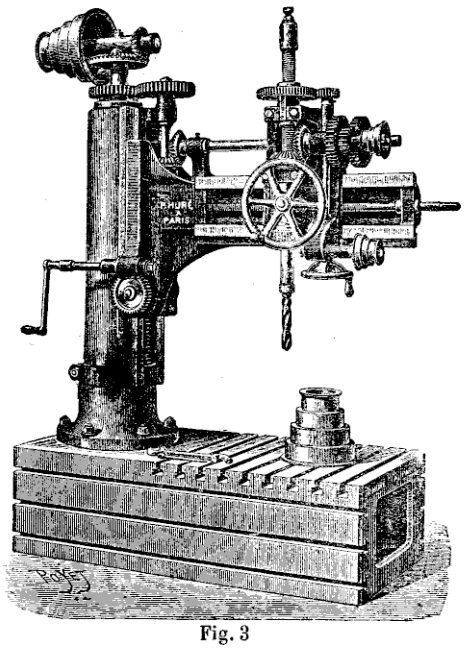


Fig. 3

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

bulle d'air on fait la vérification, après quoi déplaçant le foret horizontalement et dans tous les sens sans modifier sa hauteur après l'avoir réglé à fleur de la règle, il doit friser celle-ci dans tous ses déplacements. Si cela n'a pas lieu c'est que le pivot est mal monté et est à vérifier. Il existe encore des machines à percer multiples de 2, 3, 4 (fig. 4), 10, 20, 30 forets et même plus, mais ces machines étant d'un usage peu courant, je ne m'y arrêterai pas.

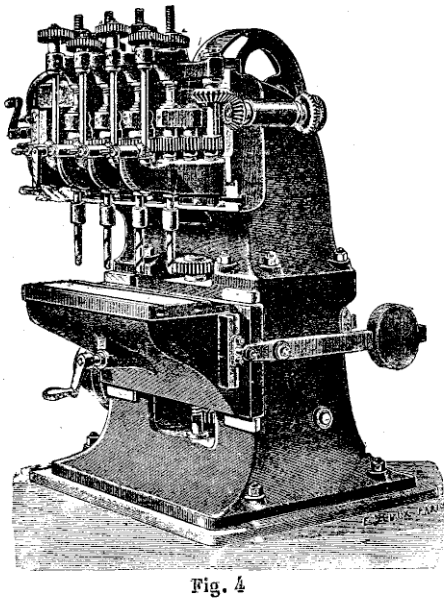


Fig. 4

Machine à polir. Pour polir les surfaces d'un corps, il faut les frotter avec des corps plus ou moins durs, mais pour le moins aussi durs qu'eux et à grains très fins.

Les systèmes pour polir varient à l'infini et les outils nécessaires à cette opération reçoivent le nom de *brunissoirs*, les uns sont actionnés mécaniquement, les autres sont des outils à main.

A la machine ou à la main, ils sont généralement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en bois très dur garni de buffle, sur lequel, on colle de l'émeri ou même de la potée d'émeri. A défaut de buffle, on peut se servir de tout autre cuir. On peut également employer du bois d'orme ou un bois similaire, en ayant soin d'interposer de l'émeri entre le bois et la surface à polir.

Les poulies employées pour le polissage, sont la *poulie-brosse* avec laquelle on emploie l'émeri ou la potée ; la *poulie en émeri* de différents numéros et la poulie en drap, composée de morceaux enroulés au diamètre que l'on veut, et serrés entre deux flasques. Cette dernière est spécialement employée à polir ou pour mieux dire à brunir les pièces délicates avec le *tripoli*, la *terre pourrie*, le *rouge d'Angleterre*, la *potée d'étain*, le *rouge de Prusse*, etc., préparés à l'huile d'abord, puis à sec.

Pour les pièces d'importance moindre, on peut employer le grès, l'émeri ou la ponce.

Les poulies d'un petit diamètre peuvent être montées en pointes sur bois dur et tournées en place, quant à celles de grand diamètre elles doivent être montées sur palier. La vitesse à la circonférence extérieure de l'une et de l'autre doit être environ de 12 à 1.500 mètres à la minute.

Avant de polir un ouvrage on doit en faire disparaître les principales inégalités, avec des limes, des grattoirs, etc., sans quoi on risque toujours à conserver des facettes d'un aspect disgracieux.

Pour appliquer le buffle, on fait d'abord quelques petites rainures dans le bois, et on étend ensuite de la colle forte, après quoi, clouant une extrémité du cuir, on le fixe de distance en distance au moyen de petits clous enfoncés incomplètement de façon à ce que le bois et le buffle ne fasse plus qu'un au moyen

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la colle; lorsque cette dernière est suffisamment sèche on retire les pointes, on repasse une couche de colle forte sur le cuir ainsi préparé, on présente un instant ce dernier sur un marbre bien droit, totalement recouvert d'une égale épaisseur d'émeri, et on laisse sécher.

Pour polir l'ivoire on se sert après tournage parfait, de ponce lavée, mêlée par moitié avec du blanc d'Espagne, puis on passe à l'eau, ensuite on sèche parfaitement avec un chiffon de calicot très propre et très doux. On passe ensuite, une légère onction de suif, qu'on sèche parfaitement avec les doigts ou la paume de la main, et on termine en passant du blanc également avec la main sans chiffon. La plus grande propreté est nécessaire, sinon l'ivoire jaunirait très vite.

Machine à raboter. L'adoption de la machine à raboter qui nous vient d'Angleterre, a été dans les ateliers la base d'un des grands progrès de la construction mécanique, en permettant d'obtenir avec une grande facilité et économiquement des surfaces planes de petites et de grandes dimensions.

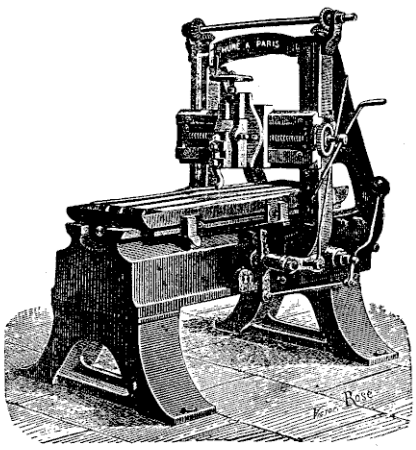


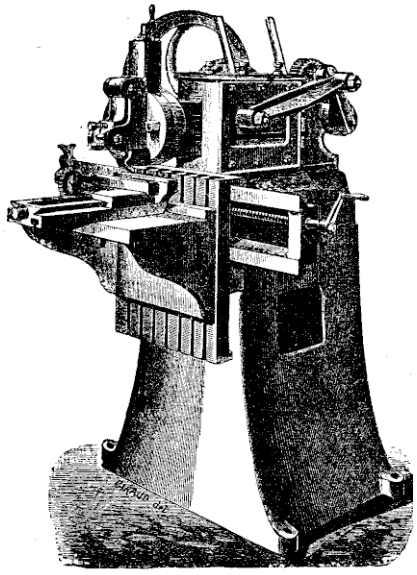
Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les machines à raboter peuvent se diviser en deux classes :

1° Celles dont l'outil est fixe (fig. 1) et la pièce mobile ;

2° Celles dont l'outil est mobile et la pièce fixe (fig. 2).



Dans les deux cas, le chariot porte-outils doit être de niveau dans le sens transversal, et alors on rabote le plateau. Après un démontage si le besoin s'en fait sentir, on doit s'assurer, au remontage que le chariot porte-outils est bien parallèle avec le plateau qui doit être de niveau.

Le porte-outils doit toujours être réglé à une allure modérée et ne jamais faire plus de course qu'il en est nécessaire, l'encliquetage doit être aussi l'objet de l'attention de l'ouvrier, de façon qu'il puisse se rendre compte au commencement de son travail, du temps approximatif qu'il va passer pour l'exécuter.

Le montage sur le plateau de la pièce à raboter, doit être fait solidement et bien de niveau, et s'assu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rer avant de l'attaquer, que l'outil enlèvera la matière suivant le traçage. La dernière passe doit prendre beaucoup moins de métal que ses précédentes, et avant de démonter la pièce si elle doit être juste, il faut la vérifier au calibre et refaire encore une légère passe si besoin est, avant son démontage, pour éviter des frais inutiles.

Pour les pièces d'épaisseur, on commence à raboter une face et ensuite ayant une jauge d'épaisseur, on règle son outil sur cette jauge. De cette façon, si on a une série de pièces à faire on est certain qu'elles seront toutes semblables.

Si l'axe du porte-outils est cylindrique, il faut le faire conique avec rattrapage de jeu, ce qui permet de lui donner du serrage instantanément et d'éviter des pertes de temps.

Il faut que le raboteur ait un soin constant de ses outils et de sa machine, qu'il doit toujours tenir propre et bien graissée, et ne pas se servir d'outils ébréchés, cassés ou mal trempés.

Les vitesses moyennes à la seconde à donner à l'outil, sont les suivantes : pour grandes machines quelle que soit la matière à travailler, 100 millimètres ; pour petites machines travaillant l'acier, 120 millimètres ; le fer, 200 millimètres ; la fonte douce, 200 millimètres ; la fonte dure, 35 millimètres ; le laiton et le bronze, 400 millimètres.

On appelle *étaux-limeurs* (fig. 2), de petites machines à raboter transversalement dans lesquelles l'outil se déplace horizontalement et enlève des copeaux parallèles sur une pièce maintenue fixe sur un plateau. Le chariot qui porte l'outil est à tête tournante à double mouvement d'inclinaison et le mandrin qui porte l'outil, peut lui-même tourner autour d'un axe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

horizontal, de manière à déterminer sur la pièce une forme cylindrique concave ou convexe, telle est la raison pour laquelle le constructeur anglais *Whitworth* a dénommé ces machines sous le nom de *limeuses universelles*.

Le mandrin porte-outils peut prendre diverses inclinaisons, par rapport au plateau divisé sur lequel il est assemblé par des boulons. Quand cette inclinaison est réglée, si l'on se borne à donner automatiquement du fer, sans déplacer la poupée, on peut former des biseaux de toute inclinaison, de la même manière qu'un plan vertical ; tous ces mouvements sont automatiques par l'emploi, comme intermédiaire, d'une manivelle à cliquet, qui se place sur celui des arbres de transmission que l'on veut faire fonctionner. Le mouvement de va et vient de l'outil est rendu variable par le déplacement du bouton de manivelle, sur lequel est articulée l'une des extrémités de la bielle qui fait fonctionner le chariot. Pour fixer les pièces sur le plateau on se sert généralement de petits étaux à mâchoires parallèles.

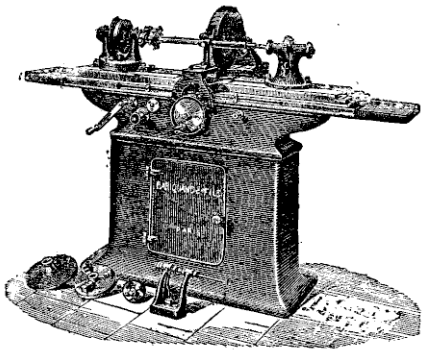
Pour obtenir d'excellent travail avec l'étau-limeur, il faut placer les pièces bien d'aplomb et les fixer solidement, avoir des outils en parfait état, et se familiariser avec tous les défauts que la machine peut avoir. Il faut également s'intéresser à étudier l'avancement par l'encliquetage ou à son défaut par une *étoile*. Les vitesses à donner sont les mêmes que pour la machine précédente.

L'étau-limeur doit toujours être très propre et bien graissé. Pour raboter le fer on doit employer l'eau de savon ; et l'essence pour l'acier et la fonte dure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Machine à rainer intérieurement. Cette machine qui existe maintenant dans presque tous les ateliers est d'une grande utilité, mais la plus simple et la plus commode est celle qui peut être appliquée à toutes les machines à raboter.

Machines à rectifier les pièces trempées et à affûter *les fraises cylindriques ou coniques, les alésoirs, etc.* Cette machine est spéciale pour rectifier au moyen de meules d'émeri les pièces trempées cylindriques ou coniques, intérieures ou extérieures, telles que arbres et bagues de tours, jauges intérieures ou extérieures, alésoirs, etc. Ce travail se fait avec la plus grande facilité et la plus grande précision.



La plateforme qui reçoit les poupées fixe et mobile peut s'incliner et marcher à la main ou automatiquement dans les deux sens, elle se débraye de même à chaque fin de course et embraye la course inverse; pour arrêter ou mettre en marche, il suffit de tourner un bouton placé sur l'avant du banc.

Les supports portant les meules peuvent s'incliner et se déplacer pour régler la position et donner la coupe.

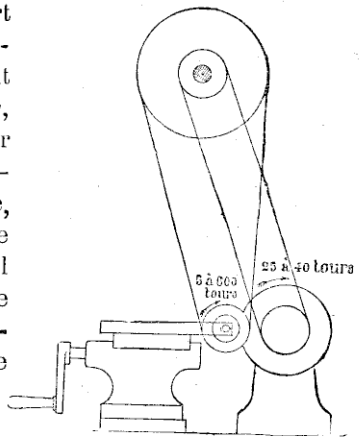
Les accessoires sont : un plateau à trois mords

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

centrant seuls ; un support formant pont au-dessous de la grande plate-forme ; une lunette-guide fixée sur ce support, deux bagues à tourteaux pour recevoir les grandes meules, une broche pour recevoir les petites meules, un toc, une alidade à ressort, et une roue dentée pour rectifier les pièces à divisions, comme alésoirs et fraises rectilignes.

Dans cette machine, tous les arbres des poupées et des supports des meules sont trempés et rectifiés et tournent entre bagues également trempées et rectifiées.

Machine à roder. Cette machine, le plus souvent verticale, sert spécialement à nettoyer, à remettre au rond et au diamètre voulu, des trous déjà existant dans les pièces que l'on a cémentées et trempées. Elle sert aussi à roder les robinets et à son défaut une machine à percer, le tour, pouvant servir à roder, en y adoptant l'outil nécessaire, le *rodoir*. Quant ce dernier travaille, il doit être recouvert de temps à autre d'émeri, de grès ou de toute autre matière préparée à l'eau avec du savon de Marseille râpé ou à l'huile.



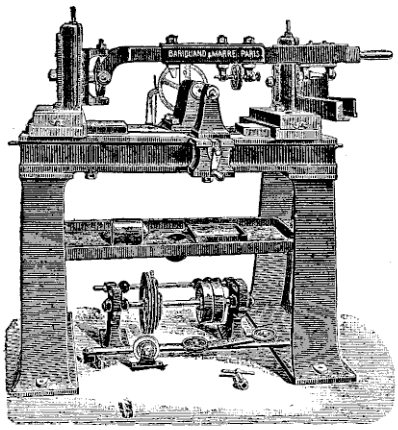
Le rodage des robinets fonte ou bronze, se fait avec leur clé respective en employant l'une des préparations ci-dessus et une vitesse de 150 à 400 tours à la minute.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les pièces se rodent également à l'extérieur et à cet effet on se sert de rodoirs en bois ou en fer à charnières, garnis intérieurement de plomb fondu sur lequel on ajoute de temps à autre pendant l'opération l'émeri ou les autres matières préparées.

Les pièces peuvent être rectifiées et rodées sur le tour tout à la fois, dans ce cas, la poulie rodeuse peut être en plomb, commandée par une corde et faire de 5 à 600 tours à la minute. Quant à la pièce que l'on rode, elle ne doit pas faire plus de 25 à 40 tours.

Machines à tailler et à affûter les fraises de toutes formes. Cette machine est construite spécialement pour tailler et affûter très économiquement, avec une exactitude parfaite et constante, les fraises de toutes formes jusqu'à 300 millimètres de diamètre et 110 millimètres d'épaisseur, d'après un gabarit.



Elle se compose d'une table portant :

1° D'un côté : Le *support du joint Cardran*, support réglable suivant les trois directions perpendiculaires servant d'appui au levier porte-outil par l'intermédiaire d'une suspension à la Cardran ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

2° De l'autre côté : Le *support du gabarit*, support qui reçoit le gabarit de la pièce à exécuter, semblable au précédent, réglable comme lui dans les trois directions perpendiculaires ;

3° Au centre : Une *poupée* à diviseur et à contre-pointe pour monter la pièce à tailler.

Le support du gabarit porte en outre un petit bras pour placer le levier au repos.

Le levier articulé sur le support du joint de Cardan porte à son extrémité libre un tambour conique réglable pour suivre le gabarit.

Dans la rainure longitudinale, au centre du levier on fixe soit l'appareil à tailler, soit l'appareil à affûter.

Taille. – L'appareil à tailler peut se monter de deux façons différentes suivant le rayon de courbure minimum du profil de la fraise à exécuter. — Si le profil de cette fraise présente des rayons de courbure de 5 à 6 millimètres, au minimum, on emploie des petites fraises tronc-coniques à trou taraudé. Elles se vissent sur l'arbre à double pointe qui se monte avec les trois supports. La poulie se trouve entre deux de ces supports et le troisième sert de contre-pointe au porte-fraise.

Si au contraire, le profil de la fraise présente des rayons de courbure inférieurs à 5 millimètres, on se sert de fraises coniques à queue. — Cette queue fait suite à la partie taillée, soit du côté de la base, soit du côté du sommet, suivant le sens qu'on veut donner à la denture. — Ces fraises à queue se montent dans l'arbre creux et y sont maintenues au moyen d'une vis. Elles travaillent en l'air et par suite l'installation ne nécessite que les deux petits supports de l'arbre porte-fraise.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cet appareil à tailler se place sur le levier de façon que la base de la fraise soit dans l'axe de la poupée diviseur et au milieu de la distance qui sépare le centre de l'articulation du levier et le centre de la section de contact du tambour conique. Cette dernière précaution permet d'obtenir immédiatement le gabarit, figure semblable du profil de la fraise dans un rapport de 2/1, à condition que la section de contact du tambour ait un diamètre double de celui de la fraise qui taille à la section de cette fraise qui forme le sommet de la dent. On peut d'ailleurs tailler avec un gabarit dans un rapport quelconque, mais le gabarit double suffit dans la plupart des cas.

Affûtage. — L'appareil à affûter se place de la même façon, mais en faisant en sorte que le centre de la meule soit déporté par rapport au sommet de la dent, afin de donner à la coupe l'angle de dépouille convenable.

Les meules sont fixées sur les porte-meules, soit à la gomme-laque pour les meules sphériques, soit par une vis et une rondelle pour les meules plates. Ce porte-meule est placé dans l'arbre et maintenu par une vis de pression. Le centre de la meule doit se trouver sur l'axe d'orientation de la poupée d'affûtage.

En desserrant l'écrou moleté d'arrière on peut incliner la poupée de façon que la meule puisse venir en contact avec tous les points du profil. Au moyen de l'écrou on le bloque dans la position convenable. Parfois, cependant, on est obligé de faire l'affûtage en deux fois, en retournant le bras pour la deuxième opération, mais vu la position du centre de la meule sur l'axe d'orientation, cette opération ne nécessite aucun réglage nouveau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Entretien des meules au diamant. — Comme accessoire, l'appareil à affûter reçoit le porte-diamant pour entretenir les meules toutes montées parfaitement sphériques ou en forme de tores ; ces deux formes de meules d'affûtage étant les seules qui permettent d'assurer à la fraise affûtée un profil constamment parfait.

Ce petit appareil se fixe dans l'axe de l'appareil à affûter au moyen d'une tige de rappel, il se compose de trois pièces :

1° De la coulisse d'excentrage dont le coulisseau sert de pivot à :

2° La coulisse de réglage qui porte le :

3° Chariot porte-diamant.

La forme sphérique sert avantageusement pour les profils des fraises dont les rayons de courbure ont au moins 5 millimètres. — La forme de tore s'applique mieux aux profils de fraises qui ont des rayons de courbure inférieurs à 5 millimètres.

1° *Forme sphérique.* — La meule étant placée sur l'appareil à affûter, on installe l'appareil porte-diamant. Le pivot de la coulisse de réglage doit être au zéro de la coulisse d'excentrage, de cette façon la rotation se fera autour de l'axe de l'appareil et par suite autour du centre de la meule qui coïncide avec lui.

On donne le diamètre couvenable à la meule en avançant le chariot porte-diamant au moyen de la vis de la coulisse de réglage.

Les coulisseaux d'excentrage et de réglage sont munis de vis de blocage pour en assurer la stabilité pendant le travail du diamant sur la meule.

2° *Forme de tore.* — Pour engendrer cette forme, la rotation du diamant doit se faire autour du cen-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tre du cercle générateur à obtenir. L'excentricité est obtenue par la coulisse d'excentrage et mesurée par la graduation qu'elle porte.

Le diamètre du cercle générateur est donné par la coulisse de réglage.

Réglage du diviseur porte-fraise et de la taille. — Le diviseur est disposé de façon à éviter toute erreur pendant le travail. Chaque tour de manivelle correspondant à une dent, il suffit de régler l'excentrique que commande la manivelle de façon que le levier à rochet déplace la roue diviseur de la quantité convenable.

Pour conserver une fixité convenable à la pièce pendant la taille de chaque dent, l'alidade entre dans les dents du diviseur et l'immobilise. Un levier spécial mû par une came fait échapper l'alidade au moment du changement de division.

La première pièce à tailler est faite au tour exactement à la forme que devra avoir la fraise de façon à servir de guide pour faire le gabarit. Les suivantes peuvent être faites avec une exactitude moins rigoureuse.

On donne au gabarit un profil semblable et proportionnel à celui de la fraise ; le rapport 2 pour 1 donne généralement de bons résultats, on peut prendre suivant le cas tout autre rapport. Le gabarit ébauché, on forme deux sillons sur la pièce tournée en ne leur donnant pas toute la profondeur. La petite bande de surface laissée sur le sommet de la dent formée entre les deux sillons doit avoir une largeur constante ; dans le cas contraire il faut légèrement retoucher le gabarit pour obtenir ce résultat.

Lorsque le gabarit est ainsi parfaitement déter-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

miné, il peut servir indéfiniment pour les mêmes fraises. Les réglages seuls changent par suite du diamètre de la fraise à tailler, de la fraise qui taille ou de la meule qui affûte, mais le profil est toujours rigoureusement conservé si l'on a soin de régler proportionnellement au diamètre de la fraise qui taille le diamètre de la ligne de contact du tambour conique sur le gabarit, en maintenant les distances respectives du centre du joint de Cardan à la fraise taillante et au gabarit.

Machine à tarauder. Cette machine qui est d'un usage général dans les ateliers doit être construite dans de bonnes conditions, la filière doit fonctionner librement dans ses guides, les coussinets doivent être ajustés avec beaucoup de soin et taraudés sur la machine elle-même ou sur une boîte donnant une reproduction des plus fidèles de l'emplacement qu'ils doivent occuper. Les mandrins doivent être établis de telle sorte que l'on puisse en marche mettre et enlever le taraud ou le boulon sans être obligé d'arrêter la machine ou lorsque le taraudage de ce dernier est terminé qu'il tombe de lui-même. Les tarauds ainsi que les filières doivent être bien centrés.

Une chose qu'il ne faut pas négliger, c'est la vitesse à la circonférence extérieure de la partie taraudée, cette vitesse doit être environ de 6 à 7 mètres à la minute et pour la partie intérieure des écrous, environ 10 mètres.

Soit un boulon de 25 à tarauder, sa circonférence extérieure est $0{,}025 \times 3{,}14 = 0{,}0785$. Le nombre de tours de la machine devra être à la minute de $6^{m},000$ divisés par $0{,}0785 = 76$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Connaissant par exemple le pas, 3 millimètres, le nombre de tours de la machine à la minute 76, la longueur du boulon à tarauder 60 et sachant que l'on ne fait qu'une passe, il est facile d'en déduire approximativement le nombre de pièces que l'on peut faire à l'heure. On aura donc : 60 divisé par 3 = 20 tours pour tarauder le boulon ; comme la pratique nous donne une fois et demie de temps de perte, on utilise effectivement 50 tours. La machine faisant à l'heure 76 × 60 (minutes) ou 4.560 tours, on divise ce nombre par 50, ce qui égale environ une production de 90 boulons de 25 millimètres à l'heure.

Pour les écrous, prenant également le diamètre de 25 millimètres, un taraud de 125 millimètres de longueur utile et un pas de 3 millimètres il est facile de savoir le nombre que l'on peut en tarauder à la minute.

Le nombre de tours par minute employés pour la passe d'un écrou, sera de 125 divisé par 3 = 41 environ. Le développé intérieur de l'écrou est de 0,0785, multipliant ce résultat par 41, on a 3^{m},158.

La vitesse pour les écrous étant de 10 mètres par minute ou 600 mètres à l'heure on pourrait par conséquent en faire 600 divisé par 3^{m},158 = 190 mais comme la pratique nous donne environ 1/3 de perte de temps, le travail réel ne sera donc que de 125 environ.

Pour avoir un taraudage propre, les pièces doivent être recuites et continuellement injectées d'huile ou d'eau de savon.

Les machines montées directement par poulie, donne un travail plus régulier et préférable à celles montées par engrenages, la marche en est plus douce et les outils fatiguent moins. Les machines

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à tarauder doivent être bien graissées et l'objet constant d'une parfaite propreté.

Machine à vapeur (conduite). La machine à vapeur est celle de toutes les machines qui doit être conduite avec le plus de soin et le plus d'attention tant au point de vue de la propreté, de l'économie qui peut en résulter, que des accidents qui peuvent être évités. A première vue pour un praticien en présence d'une machine, il lui est facile de voir immédiatement la valeur et de l'homme et de la machine conduite par ce dernier. Sous aucun prétexte un machiniste ne doit s'absenter de son travail, sans se faire remplacer et encore par quelqu'un de compétent et d'autorisé.

Les garnitures doivent être faites sérieusement, vérifiées le plus souvent possible, ne pas être trop serrées ni trop lâches, pour éviter une dépense de force inutile ou des pertes de vapeur. Elles doivent être faites soit en filasse simple ou tressée, en chiffons, en corde de coton, etc., qu'il faut avoir soin au préalable d'enduire de suif fondu ou de graisse chaude, ou encore en caoutchouc, en amiante, etc.

La visite hebdomadaire d'une machine par un homme capable n'est pas à négliger, elle est cinquante fois plus économique que d'en laisser l'initiative à des hommes dressés, qui ne connaissent souvent même pas les notions les plus élémentaires de leur travail, et toute la faute alors en cas d'accident en revient à ceux qui les occupent.

Les joints doivent être faits convenablement, proprement, avec un serrage régulier et être l'objet d'une surveillance sérieuse. Un graissage général

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

doit précéder toute mise en train, et si la machine possède un condenseur, il faut mettre en marche la pompe à air, injecter de l'eau suffisamment, ouvrir les purgeurs en grand (opération que je recommande particulièrement) et la prise de vapeur. En somme une mise en marche doit se faire avec calme et sans précipitation. De temps à autre on doit graisser les organes et ouvrir à nouveau les purgeurs. Ces derniers doivent toujours être dans cette position lorsque la chaudière ne fonctionne pas et fermés aussitôt la mise en feu pour être ouverts à nouveau lors de la mise en marche de la machine.

Il faut veiller de temps en temps au fonctionnement des graisseurs et des appareils de graissage, tâter les têtes de bielles, les excentriques, les paliers, etc., en un mot tout ce qui est susceptible de chauffer. Il faut graisser, huiler, les tiges des pistons, des tiroirs, etc., et si un chauffage quelconque vient à se produire, il faut en avertir qui de droit, sans retard, pour y porter remède s'il est possible sans arrêter la machine.

Comme entretien, il faut surveiller tous les organes, pivots, cales, paliers, clavettes, etc., donner du serrage et réajuster les coussinets, s'il le faut. Je recommande spécialement les soupapes de sûreté, qui très souvent, je l'ai constaté, ne fonctionnent pas en rapport avec le manomètre.

Des outils de première nécessité et des clés doivent toujours être à proximité et faire partie de l'outillage de la machine.

Son nettoyage doit être continuel et se faire plus en grand après chaque arrêt, pendant qu'elle est encore chaude, et de temps à autre nettoyer les orifices et les conduits de graissage avec du pétrole et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

porter une attention soutenue sur les garnitures des cylindres, des pistons et des tiroirs.

Si en marche normale, la machine venait à diminuer de force et qu'après examen on constate que tout est dans de bonnes conditions, il ne faut pas aller autre part qu'à la chaudière pour en chercher la cause, provenant souvent d'une diminution de production de vapeur résultant, soit d'un générateur sale, d'un feu malpropre, d'un tirage obstrué; d'absence de barreaux de grilles, ou encore de fuites importantes, il faut donc y remédier le plus tôt possible, par une visite minutieuse suivie d'une réparation générale.

Lors d'une première mise en marche, on ne doit pas trop serrer les coussinets, et les surveiller pour qu'ils ne chauffent pas, sinon arrêter immédiatement et les rafraîchir, ensuite les réparer s'il y a lieu et les remettre en place en les laissant un peu libre pour qu'ils prennent bien leur position et les serrer à bloc insensiblement.

Souvent une machine ne démarre pas toute seule à certains points, surtout aux points morts, c'est pourquoi le machiniste doit avoir soin d'arrêter autant que possible la manivelle en I (fig. 1), si la machine est horizontale et marche en avant ou en J (fig. 2) si elle marche en arrière. On donne le nom de *points morts* aux points A et C. positions de la manivelle qui correspondent au piston à fond de course, et le nom de points actifs, aux points B et D qui correspondent environ au milieu de la course du piston.

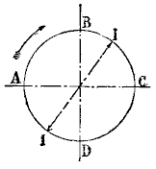


Fig. 1

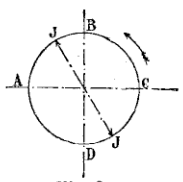


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour arrêter une machine dans le cas où elle possède un condenseur, il faut diminuer l'injection d'eau, ouvrir les purgeurs et fermer les appareils de graissage et la prise de vapeur.

Machines pour l'essai des métaux *à la traction, à la compression et à la flexion.* Il se construit différents genres de machines à essayer les métaux, leurs formes varient suivant la nature des essais auxquels elles sont destinées.

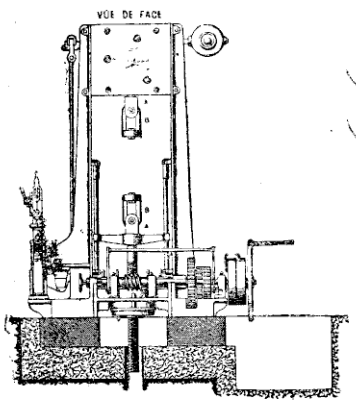


Fig. 1

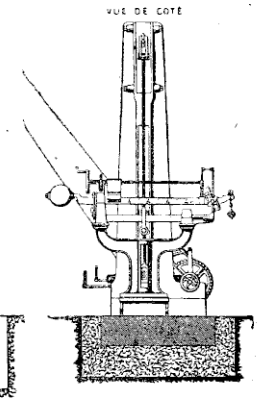


Fig. 2

La machine verticale perfectionnée (fig. 1 et 2) permet de faire des essais à la traction et à la compression au moyen de mordaches spéciales, elle est construite soit avec marche à bras, soit avec marche au moteur, soit encore avec marche au moteur et à bras.

Elle est aussi disposée, comme l'indique la figure, pour marche à deux vitesses, facilitant ainsi les petits essais par la marche à bras et pour le retour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rapide de la vis de traction après la rupture de l'*éprouvette*. En ce qui concerne le retour rapide à la main, une disposition spéciale de ce débrayage permet d'agir directement sur la vis de traction pour cette opération.

Cet appareil qui était à l'Exposition de 1889 fonctionne par la combinaison des organes de deux instruments de pesage et offre le grand avantage de faire des essais avec la plus grande précision. M. *Lebasteur* ingénieur, dans son ouvrage *Les Métaux à l'Exposition de 1878*, constate qu'il est bien ramassé et d'un usage commode.

L'éprouvette, ou barreau d'essai se suspend par la partie supérieure à la griffe B qui est reliée au mécanisme d'une bascule en l'air, et sa partie inférieure est prise dans une griffe semblable à la première, reliée à la vis de traction A qu'actionne une roue à vis sans fin, qui reçoit elle-même son mouvement d'un jeu d'engrenages convenablement disposés, et reliés aux poulies motrices et au volant.

A la mise en marche la vis de traction entraînée par le mouvement de la roue et de l'écrou descend verticalement et tire sur le barreau d'épreuve ; cet effort est transmis directement à la bascule en l'air, qui le transmet à son tour à un appareil indicateur placé à gauche du mouvement qui accuse les efforts exercés pendant l'opération.

L'opérateur en tournant à la main un petit volant, actionnant une vis, entraîne le curseur sur un fléau gradué et lui permet de lire facilement les efforts transmis. On peut aussi au moyen d'un appareil spécial tracer des diagrammes qui permettent de suivre très exactement l'effort croissant et les allongements correspondants.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce genre de machine se construit pour des essais variant entre 10 et 50 tonnes ; au-dessus de cette portée on adopte généralement la machine horizontale qui a l'avantage d'offrir une plus grande facilité pour la mise en place des éprouvettes ; le dessus de la machine étant entièrement libre, l'opérateur peut aisément observer l'éprouvette.

Cette machine d'un type entièrement nouveau offre aussi l'avantage d'une vérification de l'appareil indicateur, grâce à la disposition spéciale d'un levier d'équilibre, et cela d'une manière rigoureusement exacte. L'opérateur peut au moyen de la romaine avec curseur mû par une vis placée sur la machine, constamment équilibrer les efforts croissants transmis à l'appareil, et cela sans influencer aucunement les oscillations du fléau. On évite ainsi l'avancement du curseur par secousses, lesquelles altèrent le résultat de l'opération en énervant le fer. Elle peut aussi être disposée comme l'indique les figures 3 et 4, et fonctionner à bras ou au moteur. Une roue commandée par une vis sans fin, fait avancer horizontalement une vis de traction A qui entraine une griffe B,

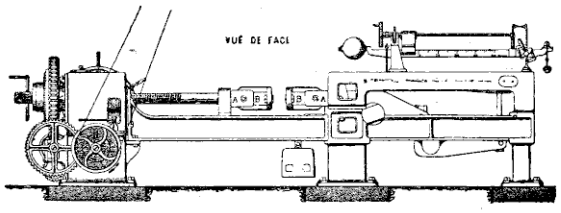


Fig. 3

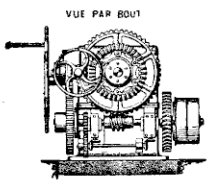


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

retenant l'éprouvette d'un côté, l'effort se transmet par l'autre griffe opposée à des leviers reliés au fléau gradué.

Les coussinets placés dans les griffes B permettent d'essayer les fers ronds, carrés ou plats.

On peut également enregistrer les allongements comme dans la machine verticale.

On construit aussi des machines horizontales spéciales pour l'essai des fils de fer, des câbles, des chaînes, etc.

Les épreuves se font sur de très grandes longueurs et les efforts de traction sont considérables, aussi emploie-t-on pour ce genre d'essai des machines hydrauliques de 100 et 200 tonnes.

Constamment à la recherche de nouveaux perfectionnements, M. *B. Trayvou* a eu l'heureuse idée d'appliquer son indicateur automatique avec cadran

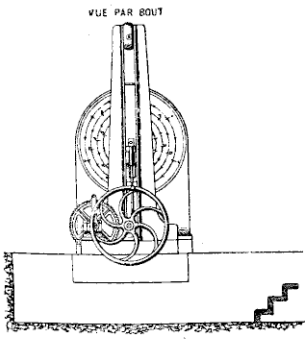


Fig. 5

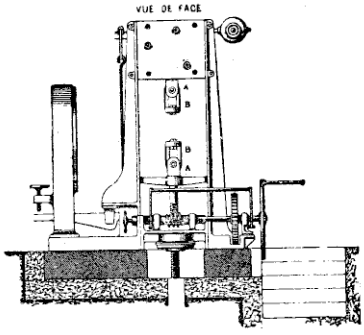


Fig. 6

à spirale et à aiguille variable à ses machines à essayer, et les résultats obtenus ont été satisfaisants. Ces machines à cadran sont bien supérieures à toutes celles déjà connues et laissent loin derrière elles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les romaines électriques, les indicateurs hydrauliques ou à mercure, dans lesquelles il faut un observateur spécial pour suivre les indications qui ne sont pas toujours d'une lecture commode.

Les machines à essayer avec indicateur automatique à cadran (fig. 5 et 6), suppriment tous ces inconvénients et permettent de lire avec sûreté et commodité les efforts croissants et s'équilibrant eux-mêmes à chaque instant. Les divisions du cadran sont disposées en spirale afin de les espacer le plus possible, et l'aiguille suit exactement cette spirale en s'allongeant, ou se raccourcissant automatiquement, sans préjudice à la sensibilité de l'appareil.

L'opérateur peut à son aise suivre les phases de l'opération sur l'éprouvette, y étudier les allongements et en même temps observer les efforts correspondants sur le cadran, il peut aussi à son gré conserver les indications du cadran même après la rupture de l'éprouvette.

L'appareil spécial à mesurer l'allongement du métal à l'essai peut s'adapter également à ce genre de machine, et l'ensemble constitue la dernière création qui puisse répondre à toutes les exigences d'une épreuve bien faite.

Manches. Les manches sont généralement en bois de frêne, mais on les fait encore avec du peuplier, du saule, de l'acacia, du tremble, du tilleul,

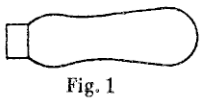


Fig. 1

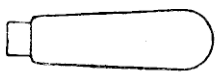


Fig. 2

de l'érable, etc., ils ont pour les limes ou pour les outils de tour (fig. 1, 2, 3 et 4), une forme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cylindrique ou en poire et portent du côté de l'outil une bague en fer ou en cuivre (cette dernière est préférable parce qu'elle ne détériore pas les pièces à arête en butant contre) qu'on nomme *virole*.

Pour éviter la casse du manche, on creuse un trou au moyen d'un forêt, ou on le brûle à la demande, en ayant bien soin de prendre des précautions

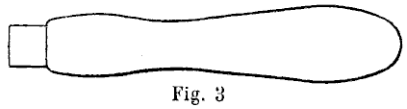


Fig. 3

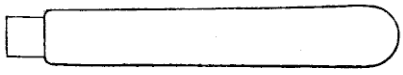


Fig. 4

dans les deux cas pour faire le trou bien au milieu du manche. Il est assez difficile d'indiquer les dimensions des manches, on les trouve dans le commerce tout préparés, et si on les confectionne, on les fait généralement à sa main. Il est tout aussi difficile d'indiquer les dimensions que doit avoir le trou, car elles dépendent de celles de la soie de l'outil.

Une chose également importante avant de se servir d'un outil c'est de s'assurer que son manche tient bien et qu'il est bien dans son axe.

Manches de marteaux. Le manche de marteau d'un ajusteur, d'un monteur, etc., est généralement en bois de cornouiller, il doit être confectionné à la main



Fig. 5

du titulaire, c'est pourquoi je ne donnerai aucune dimension ce qui est une grave erreur; mais simplement la forme, il doit être ajusté à la râpe, emmanché sans gauche, muni d'un coin en fer dans l'œil du marteau et ensuite lisser avec un morceau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de verre, ou toute autre matière pouvant enlever les aspérités et le rendre doux à la main.

Manchons d'accouplement. Lorsque la jonction de deux arbres doit rester invariable, il est d'usage de les assembler avec des manchons, on bute l'extrémité de ces arbres l'une contre l'autre, ou on les assemble à mi-épaisseur.

Les principaux types, sont :

L'*accouplement par manchon claveté*, qui donne beaucoup de difficulté pour le démontage des arbres (fig. 2, p. 217).

L'*accouplement de Sellers* (fig. 3, p. 218), dont la partie intérieure est biconique. Deux bagues fendues, coniques à l'extérieur entourent l'arbre et sont maintenues par des boulons entre l'arbre et le manchon. Il faut avoir soin de laisser suffisamment de jeu entre les deux bagues ou d'en donner s'il n'y en a plus.

L'*accouplement de Cresson* (fig. 4, p. 218), dans lequel le cylindre extérieur est fondu avec une douille intérieure plus mince et coupée en un point opposé au raccordement des deux parties. Des vis coniques, généralement au nombre de quatre, deux à chaque extrémité, serrent le cylindre intérieur en s'avançant et le force à s'appliquer contre l'arbre. Il faut avoir soin en opérant ce serrage de le faire également sur chaque vis.

L'*accouplement à plateaux* (fig. 5, p. 218), qui consiste en deux plateaux dont la partie antérieure de l'un porte une saillie qui doit pénétrer exactement dans la partie antérieure et évidée de l'autre. Le clavetage doit se rapporter exactement dans les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux plateaux, leur assemblage se fait pour le moins par 4 boulons avec écrous, qui doivent être noyés dans la masse si les plateaux ne sont pas évidés.

L'*accouplement évidé* (fig. 1, p. 217) consiste en deux plateaux, dont le joint est parallèle à l'axe et à pénétration l'un dans l'autre. Pour éviter son déplacement longitudinal, on lui ménage un ou deux épaulements qui viennent s'engager dans des rainures pratiquées sur l'arbre. L'assemblage des deux plateaux se fait au moyen d'un certain nombre de boulons pour le moins quatre On doit avoir soin d'ajuster les deux pièces sans gauche pour que le serrage se fasse uniformément et de conserver un peu de jeu à la pénétration dans le sens du serrage pour en redonner si cela devient nécessaire par la suite.

Manchon à frettes *(Piat*, à Paris). Le manchon se compose (fig. 1 et 2) de deux demi-douilles,

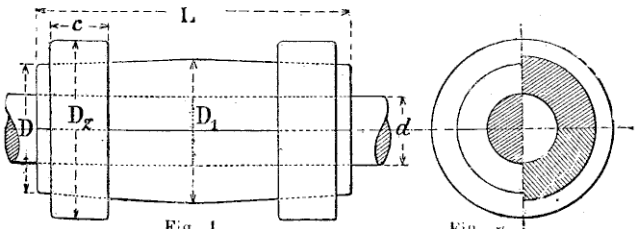


Fig. 1 Fig. 2

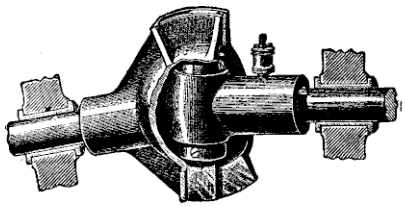
séparées suivant un plan diamétral. Elles sont serrées sur l'arbre par deux frettes qui épousent la surface légèrement conique du manchon, il n'y a pas de clavette. On peut serrer ces frettes, soit au marteau, soit mieux avec deux brides en fer, qu'on rapproche au moyen de deux boulons. Le démontage

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est facile. Les dimensions extrêmes sont $L = 4,5$, $D_2 = 2,67\ d$. Ces manchons se font sans clavette.

d	L	D	D_1	D_2	c	Poids kil.
25	112	50	53	67	21	2
30	135	60	64	80	25	3
35	157	70	74	93	29	5
40	180	80	85	106	33	7
45	202	90	96	119	37	10
50	225	100	106	132	42	14
55	247	110	117	145	46	18
60	270	120	127	158	50	23
65	292	130	138	171	54	30
70	315	140	149	184	58	37
75	337	150	159	197	62	45
80	360	160	170	210	66	55
85	382	170	181	223	70	65
90	405	180	191	236	75	80
95	427	190	202	240	79	96
100	450	200	212	262	83	110
110	495	220	233	288	91	140
120	540	240	255	314	100	200

Manchon universel Piat. Ce manchon est très simple, comme il est facile de s'en rendre compte par la figure ci-dessous. Il s'emploie pour relier directement deux arbres dont les axes se coupent.



Un moyeu armé de deux, trois ou quatre bras, dans lesquels sont pratiquées des coulisses, est claveté à l'extrémité d'un des arbres ; dans ces coulisses s'engagent des palettes montées à tourillons,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

perpendiculairement à l'axe d'un autre moyeu calé sur l'extrémité du deuxième arbre.

Pendant la rotation, ces palettes prennent un double mouvement d'oscillation dans les coulisses et de rotation dans leur moyeu.

Avant de terminer cet article, je tiens à signaler comme mémoire le manchon de transmission *Goubet* qui est une idée très ingénieuse.

Mandrins. *Mandrin taillé* (fig. 1). Il est spécialement destiné à régulariser les mortaises, une fois que celles-ci sont pour ainsi dire presque terminées. Il ne doit pas, autant que possible être enfoncé par choc, ni, il ne faut pas non plus lui donner trop de matière à enlever, il doit également

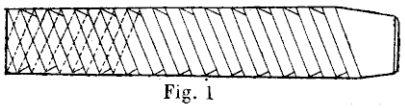


Fig. 1

être enfoncé bien d'aplomb, pour avoir une mortaise parfaite. Avec la presse hydraulique il donne d'excellents résultats, mais il faut également avoir soin de ne pas trop le faire forcer dans des parties faibles sous peine de voir les pièces se fendre.

Il doit être ajusté d'égale épaisseur dans toute sa longueur et ensuite taillé. La distance à donner aux rainures et leur inclinaison doit être de 1/4 à 1/6 de la plus forte épaisseur, selon le métal à travailler et elles doivent être diamétralement opposées. Cela fait on l'amincit en cône de façon à lui donner de l'entrée, avec une pente d'environ un demi-millimètre sur chaque face, soit un millimètre pour 30 de diamètre.

Cette pente ne doit prendre naissance qu'à une longueur d'environ une fois et demie son diamètre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ou sa plus grande diagonale et ensuite on termine à la lime douce.

Il doit être en acier fondu de très bonne qualité et exempt de défauts pour éviter la casse dans le milieu d'une mortaise. On le trempe ensuite très dur et on le fait revenir jaune-paille foncé.

Les mandrins taillés peuvent être faits carrés, cylindriques, méplats, triangulaires, etc., il suffit de se reporter toujours aux mêmes principes.

Mandrin lisse (fig. 2). Il travaille pour ainsi dire en plein dans la matière, il doit être d'environ de 1 à 2 dixièmes, suivant sa grosseur, plus fort à l'avant qu'à l'arrière ce qui fait qu'on ne peut le guider avec sûreté et n'avoir pas toujours des mortaises exemptes de défauts. On le passe généralement avant le mandrin taillé pour dégrossir.



Fig. 2

Il doit être en acier fondu, ajusté bien d'équerre et terminé à la lime douce. Il faut le tremper sur toute la partie ajustée, faire revenir jaune paille l'extrémité qui travaille et le reste bleu foncé.

Le *Mandrin pour rainures* (fig. 3) se confectionne en tout point comme le précédent avec 1/10 ou 2 plus fort à l'avant qu'à l'arrière suivant sa grosseur. Il sert à régulariser les rainures que l'on fait sur un arbre, dans l'œil d'une poulie, etc. Il doit comme le précédent, être ajusté bien d'équerre et trempé dans les mêmes conditions.



Fig. 3

Mandrin pour tourneur (fig. 4). Il se fait le plus généralement en acier, se tourne, se perce, se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fraise aux extrémités, ensuite on fait les plats pour recevoir la vis du toc et on trempe très dur ces mêmes extrémités. Il ne reste plns après qu'à tourner le corps à un ou plusieurs diamètres suivant les besoins.

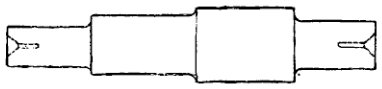


Fig. 4

Si le mandrin est en fer on cémente et on trempe les bouts.

Mandrin pour tourner les écrous. Il se fait de deux façons; soit pour le mettre au nez d'un tour à l'aide d'un filetage (fig. 5), et dans ce cas on les tourne en l'air et en assez grande quantité, ou bien encore, on le fait pour le mettre en pointes (fig.6), soit pour tourner une petite quantité d'écrous ou faire un filetage spécial.

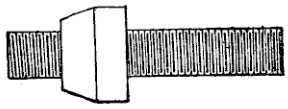


Fig. 5

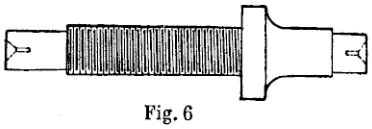


Fig. 6

Pour confectionner ces mandrins qui doivent autant que possible être en acier on doit commencer par tourner, percer et tremper les extrémités après quoi on tourne et taraude la partie destinée à recevoir l'écrou.

Mandrins pour tours. — Ces outils sont destinés à fixer et à centrer les pièces sur le tour.

On en distingue plusieurs dont les principaux types sont: le mandrin à 8 vis (fig.7), le plateau universel à clé carrée (fig. 8), le mandrin avec mors

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à levier (fig. 9) et parmi les plus nouveaux, le

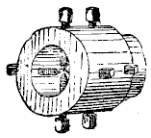


Fig. 7

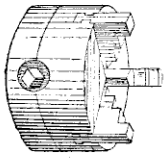


Fig. 8

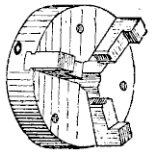


Fig. 9

Mandrin à serrage concentrique de haute précision désigne sous le nom pratique de *le Français.*

Ce mandrin (fig. 10 et 11) qui est entièrement en acier, est beaucoup plus simple, plus solide et plus précis que tous ceux connus jusqu'à ce jour. Il se compose de six pièces seulement : le corps du mandrin, trois mords, un écrou conique et une bague filetée. Ses avantages sont les suivants :

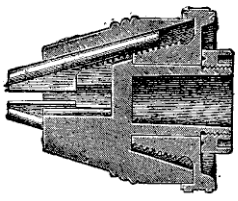


Fig. 10

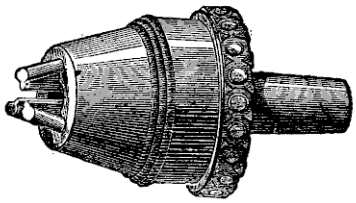


Fig. 11

Il est excessivement rustique et parfaitement concentrique, le corps est d'une seule pièce et n'est sectionné complètement dans aucune de ses parties.

Les mords sont guidés dans toute leur longueur dans des logettes convergentes d'une exactitude mathématique; et par leur forme spéciale, ils offrent une très grande résistance.

L'écrou actionne les mors d'une façon très normale et très énergique : il est complètement renfermé dans le corps du mandrin, à l'abri de la

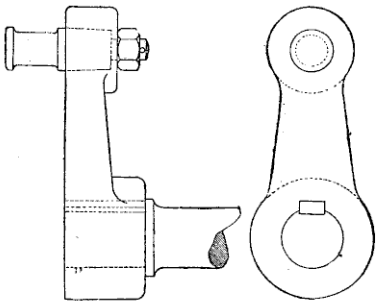
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

poussière et des copeaux, ce qui permet de faire de petits alésages ou autres travaux à l'intérieur du mandrin.

Il est percé de part en part sans nuire à sa force ni à son fonctionnement. Il est moitié moins long que les mandrins analogues et d'une grande solidité ; l'effort du serrage est tel qu'il suffit de tourner l'écrou à la main pour fixer une pièce d'une façon très énergique.

La grande simplicité, la précision avec laquelle il est construit et la facilité de montage le font rechercher des praticiens et préférer à tous les autres systèmes.

Manivelle. Pour transformer un mouvement circulaire continu en un mouvement rectiligne alternatif et réciproquement on emploie entre la bielle et l'arbre, une pièce à laquelle on donne le nom de manivelle.



Les manivelles sont ou venues de forge avec l'arbre ou clavetées sur ce dernier. Dans le premier cas, elles sont de même métal que l'arbre, dans le second, elles peuvent être en fonte, en fer ou en Bessemer. Le bouton fait quelquefois corps avec le bras, mais le plus souvent, il est pourvu d'une queue conique, soigneusement ajustée et rodée dans l'œil correspondant de la manivelle. La queue est alors fixée ou bien par un écrou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à pas très fin ou on la rive à froid, ou on y met une clavette.

Le moyeu de la manivelle s'emmanche à refoulement d'huile ou même à chaud (100°) ou bien encore à la presse hydraulique (voir *Arbre*).

Manomètre. Pour s'assurer à chaque instant, pendant le fonctionnement d'un générateur des variations de la tension de sa vapeur, on se sert d'un appareil connu sous le nom de *manomètre*. Il est à remarquer qu'ils ne sont pas tous basés sur le même principe. On distingue le manomètre à air libre, le manomètre à air comprimé et le manomètre métallique.

Dans tous les manomètres, l'unité de mesure est la pression atmosphérique, lorsque le baromètre est à $0^{m},76$, cette pression sur un centimètre carré équivaut au poids de 1 kil. 033, en conséquence si l'on dit que la vapeur possède une tension de 1, 2 ou 3 atmosphères, cela veut dire que cette tension ferait équilibre au poids d'une colonne de mercure de deux fois, trois fois 76 centimètres de hauteur ou pour parler plus pratiquement, qu'elle exerce sur chaque centimètre carré des parois qui la contiennent, une pression égale à 2 ou 3 fois 1 kil. 033.

Manomètre à air libre. Le plus simple des manomètres de ce genre, se compose d'un tube de cristal recourbé en forme de siphon, dans lequel on introduit du mercure et dont la grande branche est ouverte et par conséquent en communication avec l'atmosphère et la petite est rehée directement à la source dont on veut connaître la pression. A l'état de repos, la hauteur du mercure

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

doit être la même dans les deux branches. Ces manomètres ne sont guère employés que pour des pressions qui ne dépassent pas 5 ou 6 atmosphères, au-delà il faudrait donner au tube une longueur qui le rendrait embarrassant, puisque chaque atmosphère en plus correspond à une hauteur de 76 centimètres, c'est alors que l'on emploie le manomètre à branches multiples. Il est à remarquer que ce n'est pas la pression de l'air qui soulève la colonne de mercure, c'est celle de la vapeur, le réservoir étant en communication avec la chaudière.

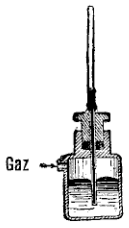


Fig. 1

La figure 1 représente un autre modèle de manomètre à air libre dont le seul examen en indique le fonctionnement.

Manomètre à air comprimé. Dans ce manomètre la pression se mesure par la réduction de volume qu'elle imprime à une masse donnée d'air. Pour cela, le tube manométrique est fermé à sa partie supérieure et rempli d'air. A la partie inférieure, il est encore en communication avec un réservoir plein de mercure; mais à cause des grandes pressions que l'instrument peut avoir à mesurer, ce réservoir au lieu d'être de verre, est ordinairement de fer. A la partie supérieure de ce dernier, est un orifice dans lequel est solidement mastiqué le tube manométrique. Latéralement une tubulure le met en communication avec le récipient contenant le gaz dont on veut déterminer la tension. Il est donc facile de se rendre compte par ce qui précède que le manomètre à air comprimé ne diffère du manomètre à air libre (fig. 1) qu'en ce que l'extré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mité supérieure dans lequel a lieu le mouvement du mercure, est fermée au lieu d'être ouverte.

Plus la pression devient forte, plus le niveau s'élève dans le tube mais à des hauteurs décroissantes pour des augmentations de pression égale. L'instrument de ce fait est donc de moins en moins sensible, telle est la raison pour laquelle on lui donne la forme indiquée par la figure 2.


Fig. 2

Ce manomètre se gradue expérimentalement en comparant sa marche à celle d'un manomètre à air libre. On peut aussi le graduer par calcul, mais étant une question théorique je n'en parlerai pas dans cet ouvrage.

Manomètre métallique. Un des systèmes les plus simples et le plus généralement employé est le *manomètre Bourdon* du nom de son inventeur. Cet instrument se compose (fig. 1), d'un tube en laiton, légèrement aplati et contourné en hélice ; l'une des extrémités de ce tube est fixée à un autre tube A communiquant par un robinet avec la chaudière ; le reste du tube en hélice est entièrement libre, ainsi que l'autre extrémité qui est fermée et qui porte une aiguille. Lorsqu'on ouvre le robinet, la tension de la vapeur déroule cette hélice, et l'aiguille, se porte de gauche à droite en indiquant divers degrés sur un arc gradué. Si la pression diminue, cette hélice s'enroule. Alors l'aiguille revient de droite à gau-

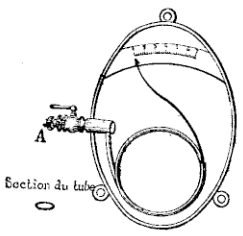


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

che. Lorsqu'on monte un manomètre en le vissant sur un raccord ou sur un robinet, il est essentiel de faire le joint à la partie inférieure du filetage en A (fig. 2). Si contrairement à cette recommandation, le joint est fait en B, contre la boîte, l'eau ou la vapeur pénètre dans l'intérieur de l'instrument et en oxydant les pièces du mouvement empêche le manomètre de fonctionner.

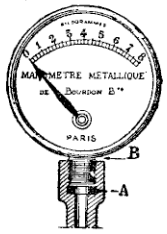


Fig. 2

Si les manomètres sont munis d'un robinet portant une tubulure à bride percée d'un trou, il faut éviter de faire sortir l'eau du siphon par cet orifice, la tubulure à bride n'étant destinée qu'à recevoir l'étalon servant à la vérification.

Dans le cas où l'on soumet une chaudière à l'épreuve par la pression hydraulique, il faut avoir soin de démonter le manomètre ordinaire, pour éviter qu'il soit faussé, puisque cette épreuve doit se faire à une pression plus forte que celle qui est indiquée sur le cadran de ce dernier.

La commodité et le bon marché des manomètres métalliques les font adopter dans un grand nombre de machines, seulement ils n'offrent pas la même garantie d'exactitude que les autres, parce que les pièces qui subissent la pression de la vapeur peuvent s'altérer, c'est pour cela qu'il faut de temps à autre les soumettre à des vérifications avec des manomètres étalons, et avoir soin de ne faire usage que des appareils des meilleurs constructeurs.

L'inconvénient des autres manomètres résulte de la fragilité et de l'encrassement du verre qui perd sa transparence et au travers duquel il faut observer

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le mercure, ce dernier ayant encore l'inconvénient de s'oxyder dans le manomètre à air comprimé ce qui diminue le volume de l'air et porte l'instrument à marquer des pressions plus fortes que celles réelles.

Marbres. Les marbres sont destinés, soit à tracer des pièces, soit à les dresser. Ils sont généralement carrés ou rectangulaires.

Les marbres à tracer sont fixes, de dimensions variables et d'épaisseur proportionnelle aux précédentes. Ils doivent être rabotés avec beaucoup d'attention, avoir des passes de grain d'orge à égale distance les unes des autres et dans deux sens perpendiculaires l'un à l'autre pour faciliter le traceur dans son travail. Il faut toujours les tenir proprement et avoir soin de les recouvrir légèrement de grès en poudre. Il faut les fixer solidement et bien de niveau sur des pieds en fonte ou en pierre ou sur un établi et à l'abri des chocs de toute nature.

Les *marbres à dresser* ou *marbres d'ajusteur* sont mobiles et varient de forme et de dimensions suivant les besoins.

La rigidité des marbres est obtenu au moyen de nervures, mais ces dernières ne doivent pas être simples, c'est-à-dire en diagonale et dans un seul

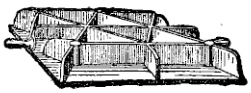


Fig. 1



Fig. 2

sens ce qui expose les marbres à se voiler par les changements de température, elles doivent se croiser comme dans les figures 1 et 2.

Tantôt le marbre est muni de poignées (fig. 1) pour permettre de le transporter aisément quand la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pièce à dresser n'est pas transportable à la main, tantôt il est simple et reste sur l'établi (fig. 3) quant au contraire la pièce à dresser est maniable. Ces marbres se dégrossissent généralement à la raboteuse le plus exactement possible, se dressent au



Fig. 3

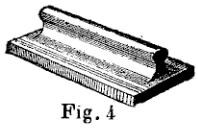


Fig. 4

lapidaire ou à la lime et se terminent si on veut avoir quelque chose de juste par série de trois permettant de les comparer ensemble et dans tous les sens.

La figure 4 représente un excellent marbre à main qui peut être fait avec une partie de vieux rail hors de service

On se sert aussi d'un marbre en cristal (fig. 5), formé d'une lame de cristal très épaisse dont l'une des faces est dressée. Cette lame de cristal est fixée dans une monture en bois destinée à la protéger contre les chocs. Le désavantage de ces marbres consiste dans leur déformation beaucoup plus rapide que ceux en fonte, mais ce désavantage est compensé par la facilité avec laquelle on peut les rectifier. A cet effet il suffit tout simplement de prendre un marbre semblable et de roder les deux surfaces dressées l'une contre l'autre en ayant soin d'interposer entre elles de l'éméri très fin, c'est pour cette raison que généralement les marbres en cristal sont vendus par paire.

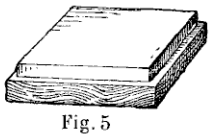


Fig. 5

Les marbres de forges qui ont des dimensions quelquefois très grandes, sont généralement en fonte et passés à la machine à raboter. Ils possèdent sou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vent une série de trous carrés et rectangulaires destinés à fixer les mandrins au moyen de boulons pour le travail de la cornière spécialement, et à faciliter le cintrage de cette dernière à l'aide de coins, delà leur vient le nom vulgaire de *jeu de dames*.

Les marbres doivent être l'objet de beaucoup d'attention, tant au point de vue de la propreté, qu'à celui des coups ou des chocs qu'ils peuvent recevoir. Sur les marbres à tracer et sur les marbres d'ajusteur on doit également éviter d'y couper ou d'y dresser des pièces avec le marteau.

Avant 1848 les marbres étaient généralement en bois dans tous les ateliers.

Marc-le-franc. Le *marc-le-franc* est un partage proportionnel entre plusieurs individus, d'un gain obtenu pour un travail exécuté. La répartition a généralement pour base le prix de la journée allouée à chaque participant.

Cette manière de faire, au point de vue de la bonne exécution laisse forcément à désirer, aussi depuis la réduction générale des marchandages elle tend à disparaître et n'est plus guère en usage que dans les grands ateliers de construction.

Marteaux. Le *marteau rivoir* ou marteau d'ajusteur (fig. 1) est en fer aciéré ou en acier. Ses dimensions varient suivant le travail que l'on a à faire, il doit être fait avec soin et contenter l'œil, les angles de la tête doivent être abattus et cette dernière légèrement bombée, la panne doit être arrondie sur champ. L'œil toujours elliptique et parfaitement uniforme d'un côté comme de l'autre, doit être bien

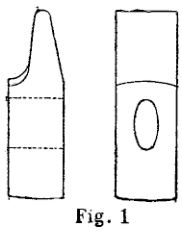


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dégauchi avec le corps et légèrement arrondi à son entrée. On trempe seules la tête et la panne de la même chaude et on les fait revenir gorge de pigeon en ayant bien soin de ne pas tremper l'œil. Un marteau s'il est aciére, doit être cémenté et trempé. Il doit être emmanché bien comme il faut et toujours muni d'un coin en fer.

Le poids d'un marteau d'ajusteur peut varier de 120 grammes à 750 grammes.

Dans les travaux de forge, on emploie encore deux sortes de marteaux qui varient également de dimensions, ce sont: les *marteaux à main* (fig. 2) et les *marteaux à devant* (fig. 3) qui ont leur panne en long ou en travers.

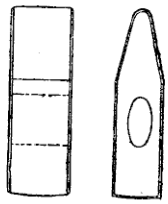


Fig. 2

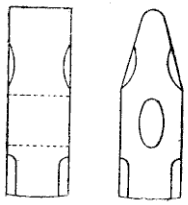


Fig. 3

Le poids moyen d'un marteau à main est de 1 kg. à 1 kg. 1/2 et sert au forgeage des petites pièces. Le marteau à devant qui sert au forgeage des grosses pièces pèse 5 à 8 kilogs et quelquefois même 20 kilogs.

Ces marteaux sont généralement tout en acier et se trempent comme les précédents. Leur manche doit être très long.

Quand on frappe avec la tête, le métal s'allonge dans tous les sens et quand on frappe avec la panne, il s'allonge beaucoup plus dans le sens perpendiculaire à cette dernière, c'est pourquoi celui représenté par la figure 2 est souvent employé par les monteurs au dégauchissage des pièces de mécanique, bielles, barres d'excentriques, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Marteau-pilon. L'invention du *marteau-pilon* qui est toute française est due à M. *Bourdon* de la Maison Schneider du Creusot dont le brevet date du 19 avril 1842.

Le marteau pilon (fig. 1) est, pour ainsi dire, une machine à vapeur spéciale, où la force agit directement sur l'outil. L'effet de

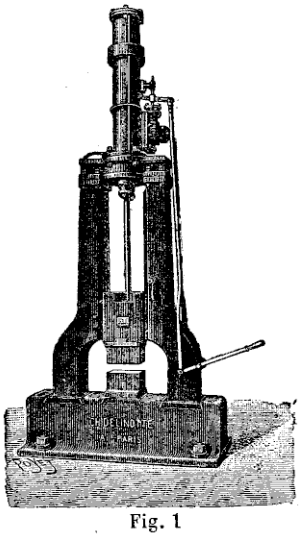


Fig. 1

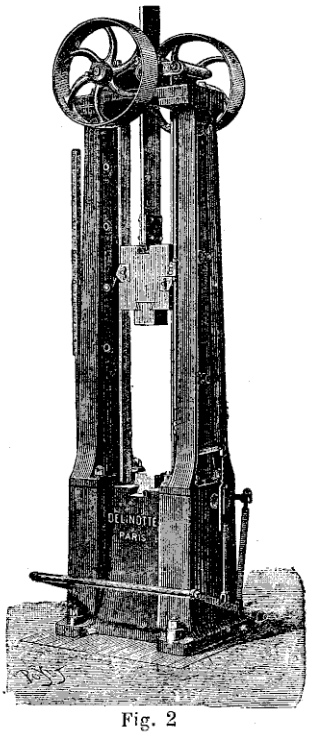


Fig. 2

cet engin devient de plus en plus puissant et un marteau de 100 tonnes est un joujou aujourd'hui.

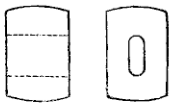
Les marteaux-pilons agissent par chocs violents et non par une compression à cœur, c'est pourquoi on emploie les presses à forger.

Il y a encore les marteaux-pilons à air, à ressorts, électriques, les martinets, les marteaux-pilons à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

friction, etc. Ce dernier (fig. 2) est disposé spécialement pour la fabrication des pièces en matrices, telles que pièces d'armes, les ferrures de chemin de fer, les pièces de quincaillerie, etc. Le marteau coulisse dans deux glissières en fer que l'on peut rapprocher pour compenser l'usure ce qui permet un matriçage parfait et donne une sécurité absolue de la solidité du pilon. Le marteau s'accroche automatiquement en haut de sa course; l'ouvrier quand il a placé sa pièce en matrices, n'a donc qu'à appuyer sur la pédale pour faire tomber le marteau, quand ce dernier frappe, l'ouvrier abandonne la pédale et le marteau remonte et s'accroche seul à la hauteur qu'il a été réglé. Ce système permet une très grande production et une régularité absolue des pièces, le choc étant toujours le même une fois réglé. On peut sous ce pilon comme avec celui manœuvré à la main, forger, étirer, préparer des ébauches avec une extrême facilité. Ce pilon est disposé pour que la matrice inférieure soit ou clavetée dans la *chabotte* ou serrée par quatre poupées suivant le travail à faire.

Massette. Cet outil est un marteau en cuivre rouge recuit, destiné à frapper sur les pièces travaillées, pour en faciliter l'emmanchement ou la sortie sans les détériorer; sur l'extrémité d'un arbre ou d'un axe par exemple. Ses dimensions varient suivant le travail à faire. La massette se remplace dans certains cas par un marteau quelconque en interposant entre ce dernier et la pièce sur laquelle on frappe, une feuille de cuivre rouge recuit ou tout autre métal tendre.





Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mastic de fonte *pouvant servir pour scellements et pour la chaudronnerie.* La composition du mastic de fonte pour un poids de 50 kilogrammes se répartit comme suit :

47ᵏ500	de tournure de fonte tamisée
1.700	de sel ammoniac en poudre
0.800	de fleur de soufre
50ᵏ000	

On mélange intimement ces trois matières et on humecte un peu le tout avec de l'eau pure ou acidulée, ou avec du vinaigre, de l'alcool, de l'urine, etc., et aussitôt que la masse commence à s'échauffer on la mélange et on en fait un seul tas. Lorsque la chaleur a atteint à peu près son maximum 42°, on arrose le tout avec le même liquide qu'en premier lieu de façon à obtenir une bouillie épaisse.

Pour la conserver quelques jours, cette bouillie doit être légèrement recouverte de liquide.

Préparé dans de bonnes conditions et employé en petites quantité, il lui faut environ trois jours pour bien sécher et avoir soin pendant ce laps de temps qu'il ne soit pas exposé à l'humidité.

Employé en grande quantité on peut compter 15 jours pour avoir un résultat convenable.

En chaudronnerie il est d'une grande utilité, spécialement à la jonction des tôles rongées, qui doivent être convenablement nettoyées au préalable.

Mastic pour soufflures dans la fonte brute. La composition de ce mastic doit être de :

Limaille de fonte	2ᵏ700
Ardoise bleu bien pilée . .	1.250
Cire jaune	0.625
Mine de plomb.	0.250
Fleur de soufre.	0.175
	5ᵏ000

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On mélange et on fait fondre le tout à une chaleur douce, après quoi on en remplit la soufflure à boucher et on égalise la surface avec un fer rouge.

Mastic métallique Serbat. Ce mastic est préparé avec les oxydes de manganèse, de fer, de zinc, de sulfate de plomb et d'huile siccative. On procède de la manière suivante :

On prend parties égales de peroxyde de manganèse (manganèse du commerce), d'oxyde de fer, d'oxyde de zinc et de sulfate de plomb en poudre fine (100 parties de chaque substance). On délaie les 100 parties d'oxyde de zinc et les 100 parties de sulfate de plomb dans 36 parties d'huile de lin ou toute autre huile siccative, puis on broie. Lorsque l'oxyde de zinc et le sulfate de plomb sont broyés, on épaissit cette pâte de sulfate de plomb, d'oxyde de zinc et d'huile en la pétrissant avec les mains ou par tout autre moyen et en y ajoutant par petites portions une quantité suffisante des 200 parties d'oxyde de manganèse et de fer, jnsqu'à ce que cette pâte ait acquis assez de consistance pour être battue.

On la place alors dans des mortiers en fonte, où elle est pilée au moyen d'un pilon en fer pendant douze heures environ, en y ajoutant par petites portions et au fur à mesure que la pâte se ramollit par le battage, le reste des 200 parties des oxydes de manganèse et de fer. On reconnaît que le mastic est fait et bon à être employé lorsqu'il a pris assez de consistance et de liant pour être facilement roulé entre les doigts sans se rompre. Il faut qu'il ait l'aspect du mastic désigné sous le nom de *mastic au minium*, qu'il peut du reste remplacer et que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on peut employer également comme le *mastic de fonte*.

Mastic au minium. Le mastic rouge de minium est composé de parties égales de minium et de céruse. On dissout la céruse, on soupoudre de minium, on malaxe pendant au moins quatre heures de manière à lui donner la consistance du mastic de vitrier, c'est-à-dire au moment où il ne doit plus adhérer aux doigts.

Mastic pour le scellement du fer dans la pierre. Ce mastic est composé d'une partie de chaux hydraulique, deux parties de poudre de tuileaux et de une demi partie de limaille de fer. Il est mis en pâte au moyen de l'huile de lin.

Mastic pour joints de tuyaux en fonte. Ce mastic est composé de minium, de poudre de tuileaux, de sable fin et d'huile de lin bien mélangés.

Mastic au blanc de zinc *pour remplacer le mastic au minium*. Blanc de zinc avec addition d'huile de lin de façon à former une pâte assez consistante.

Mastic pour réunir un métal au verre ou à toute autre substance semblable. Plâtre fin gâché à consistance convenable avec un liquide formé par la dissolution de gomme arabique dans deux ou trois parties d'eau.

Mastic à la glycérine pour scellements. Réduire en poudre très fine de la litharge (quand on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

calcine du carbonate ou de l'azotate de plomb, on obtient une poudre jaune désignée sous le nom de *massicot ;* si l'on chauffe assez le massicot pour le fondre, il cristallise en se refroidissant et prend le nom de *litharge)* puis la dessécher complètement dans une étuve à une haute température. Mélanger à cette poudre de la glycérine de façon à faire un mortier épais.

Le mastic ainsi obtenu adhère fortement aux corps avec lesquels on le met en contact, il se solidifie assez rapidement à l'air et même dans les liquides sans que son volume soit sensiblement variable et il résiste très bien à des températures approchant 250°.

Mastic pour réparer les objets en fonte.

Mélanger à sec dans un mortier :

Sel ammoniaque. . .	107 grammes
Soufre sublimé . . .	52 —
Limaille de fonte . .	841 —
	1.000 grammes

Pour l'employer, y ajouter et mélanger 20 fois son poids en limaille de fer fraîche, piler le tout dans un mortier et y ajouter de l'eau de façon à obtenir une pâte que l'on applique sur l'objet à réparer. Au bout d'un certain temps, cette pâte devient aussi dure et aussi resistante que le métal lui-même.

Mastic pour coller le cuir et le caoutchouc.

1°	Colle de poisson	16 grammes
	Gutta-percha	88 —
	Caoutchouc en lames minces	176 —
	Sulfure de carbone . . .	720 —
		1.000 grammes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Etendre sur les parties à coller une couche mince de cette composition et la laisser sécher. Chauffer ensuite jusqu'au point de fusion et réunir les parties qui doivent être en contact, tassez le tout fortement entre deux planches, ou martelez pour chasser les bulles d'air.

2°	Gutta-percha. . . .	640	grammes
	Caoutchouc	160	—
	Poix	80	—
	Huile de lin	80	—
	Gomme laque. . . .	40	—
		1.000	grammes

Faire chauffer sur un feu doux et bien mélanger.

Mastic de chaux pour joints grossiers *soumis à aucune élévation de température.*

Blanc de Meudon et chaux broyés avec de l'huile de lin et une addition de chanvre haché finement.

Matage. Le matage consiste à refouler la matière, soit pour cacher un défaut, soit pour éviter des fuites, ainsi pour mater une tôle, il faut d'abord la tailler en chanfrein suivant une inclinaison de 1 sur 3 environ. Cette inclinaison peut se faire au burin, à la machine à raboter ou encore à la machine à chanfreiner, laquelle n'est positivement qu'une machine à raboter.

Dans tous les cas le chanfreinage doit se faire autant que possible avant le rivetage, mais pour le matage, il se fait toujours en dernier lieu.

Pour mater on emploie des outils que l'on nomme *matoirs*.

Matoirs. Les matoirs sont des outils qui servent à égaliser ou à refouler la matière soit pour ca-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cher un défaut ou pour éviter des fuites (v. *Matage).* Ils sont principalement employés en chaudronnerie.

Leur forme varie à l'infini selon le travail qui se présente.

La partie qui travaille est lisse ou taillée. Le matoir lisse se dresse à la meule.

Le matoir taillé se taille suivant le besoin . soit au moyen de coups de pointeau, soit au moyen d'un burin ordinaire, soit à la lime, soit à la scie, etc. Confectionnés en acier fondu, ils doivent être trempés comme le burin pour la fonte.

Matrices. La *Matrice à poinçonner à froid* (fig. 1), pour les petits diamètres doit être entièrement en acier fondu et trempée tout simplement à la partie tranchante.

Pour les gros diamètres et comme question d'économie aussi bien au point de vue de la matière que comme réparation, on fait une matrice en fonte (fig. 2), sur laquelle on adapte au moyen de vis ou de boulons une plaque en acier, trempée à la partie tranchante et légèrement convexe.

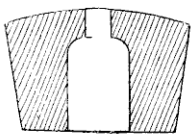


Fig. 1

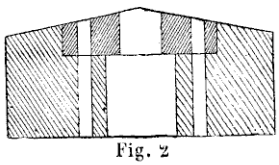


Fig. 2

Pour sa trempe, on suit les mêmes principes que pour les lames circulaires de cisailles. Une chose qu'il ne faut pas négliger, c'est de faire le trou à la partie supérieure légèrement plus faible qu'à la partie inférieure pour permettre le dégagement de la débouchure. Les matrices de machines destinées

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à poinçonner des grands trous, doivent également avoir leur partie supérieure inclinée.

Celles qui travaillent le métal à chaud, doivent être faites en suivant les mêmes principes que pour ceux à froid, en ayant soin toutefois de tenir compte du retrait du métal qui est environ de $0^{m},010$ par mètre.

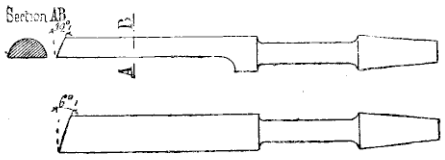
Matrice à forger à chaud.— Ces matrices se font en acier, en fer, ou en fonte suivant les dimensions et le travail à exécuter. Les deux parties qui portent l'une sur l'autre doivent être bien dressées. Ensuite on trace sur l'une d'elles et bien au centre, à moins d'empêchement forcé, la forme de la pièce que l'on désire obtenir. On reporte les traits principaux sur les côtés et on place après perçage des trous, les goujons qui doivent être bien perpendiculaires dans tous les sens à la partie dressée. On ajuste ensuite sur cette dernière l'autre partie qui doit entrer librement et sans jeu et en ressortir de même, en ayant soin de tenir les goujons un peu coniques, après quoi on reporte le tracé extérieur de la première sur la seconde servant ainsi de point de départ pour effectuer le traçage sur la partie dressée intérieurement. Dans ce dernier cas, il faut avoir soin de tenir compte du retrait du métal, des dimensions à augmenter et nécessaires pour permettre l'ajustage, le tournage, etc. Il faut à une certaine distance de la forme, dégager légèrement en pente, la partie dressée afin de faciliter l'expulsion du métal en trop. Il faut également donner un peu moins que l'épaisseur de 1/2 à chaque forme, la bavure faisant généralement une petite épaisseur.

Si de deux formes l'une doit être plus profonde que l'autre, c'est celle supérieure que l'on doit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

choisir, la matière se travaille mieux et on obtient des pièces mieux faites.

Mèches demi-rondes. Les mèches demi-rondes sont employées pour l'alésage ou le perçage des trous sur le tour, il faut au préalable percer un trou d'un plus petit diamètre, l'agrandir en chanfrein au diamètre voulu, à quelques millimètres de profondeur, ou commencer le trou avec un foret à têton afin qu'elle soit centrée et guidée.



Les trous obtenus ainsi sont très justes et parfaitement lisses.

Les mèches demi-rondes doivent être en acier fondu de bonne qualité, tournées avec soin légèrement plus faibles à l'arrière qu'à l'avant, pour éviter le talonnage, l'extrémité de la partie carrée doit posséder un point de centre, l'autre extrémité ou la partie utile doit être inclinée dans les deux sens comme l'indique la figure. Pendant l'opération, il faut injecter de l'eau de savon continuellement avec une seringue ou au moyen d'un petit tuyau avec robinet, alimenté par un réservoir.

On emploie encore une quantité d'autres types que je m'abstiendrai de décrire, celle ci-dessus étant la plus simple et donnant d'excellents résultats.

On trempe la partie tournée dans toute sa longueur et on la fait revenir couleur jaune paille.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Meneurs (fig. 1, 2, 3, 4). Le meneur sert à dresser, à aléser, à tourner, à fileter, etc. Il s'emploie sur le tour, sur une machine à percer, au cliquet, etc. Il faut avoir soin de toujours le guider. Il doit être en acier, tourné bien de diamètre dans toute sa longueur, les mortaises doivent être parfaitement faites à tous les points de vue et bien dans l'axe. Ses dimensions doivent être en rapport avec celles d'un autre type de même diamètre de façon à pouvoir échanger les lames. Il faut également faire de chaque côté de la mortaise une partie méplate destinée à recevoir le mentonnet de la lame.

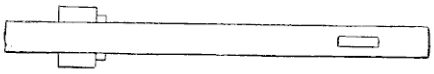


Fig. 1
Meneur de tour.

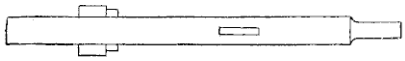


Fig. 2
Meneur à la machine à percer.



Fig. 3
Meneur à la machine à aléser.

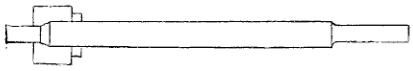


Fig. 4
Meneur au cliquet.

Après l'exécution des mortaises, une chose à ne pas négliger, c'est de vérifier le meneur sur le tour.

Meules. La *meule ordinaire* en grès de différentes provenances (fig. 1), qui sert à affûter les outils doit être montée convenablement, solidement, être bien d'épaisseur et tourner parfaitement au rond.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si elle marche à la machine elle doit également pouvoir marcher à la main au moyen d'une manivelle.



Fig. 1

Les coussinets qui supportent l'arbre sont généralement en bronze, mais on peut les faire en bois de gaïac. Les tourillons doivent être bien graissés, et l'ensemble entretenu dans un état très propre, l'auge doit être d'une seule pièce et convenablement proportionnée pour lui donner la stabilité désirable, un trou de vidange doit être ménagé à sa partie inférieure, elle ne doit contenir absolument que de l'eau, ni trop, ni trop peu, être nettoyée très souvent et vidée chaque soir en hiver si on craint la gelée, ou dans le cas contraire entretenir du feu près d'elle.

Lorsque l'on affûte les outils, on doit de préférence utiliser les bords de la meule pour les étroits et le milieu pour les larges.

Aussitôt qu'elle ne tourne plus au rond, on ne doit pas hésiter à la retourner, travail qui s'opère à sec au moyen d'une tige en acier carrée ou ronde d'environ 15 millimètres de diamètre et que l'on termine en présentant à la partie ainsi ébauchée, le champ d'une tôle bien dressée.

Lorsque les meules atteignent un certain diamètre, il est bon comme sécurité de les essayer pendant l'absence des ouvriers au double de la vitesse normale, car souvent il y en a qui éclatent et peuvent occasionner de graves accidents.

Quand on fait l'acquisition d'une meule, il faut bien se rendre compte si elle est d'une composition

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

homogène, si elle ne possède pas de cavités, de fentes ni de crevasses. Pour s'assurer de cela il s'agit tout simplement de la sonder en frappant sur ses bords avec un marteau, elle doit alors rendre un son bien franc et bien plein.

Au montage ou au tournage d'une meule il faut toujours avoir soin de recouvrir les paliers de l'arbre soit avec des couvercles en bois, soit avec des chiffons, de façon à ce que les poussières du meulage ne puissent pas pénétrer entre les tourillons et les coussinets et les rayer.

Il faut s'assurer également que la meule tourne bien au rond. A cet effet, on place une pointe quelconque sur le bord de l'auge, à quelques millimètres des bords de la meule et cette dernière en tournant doit toujours être à la même distance de la pointe, sinon on régularise la circonférence qui doit avoir pour centre l'arbre, en taillant d'abord au marteau et au ciseau s'il y a trop à enlever, en terminant ensuite à l'aide d'un vieux fer de rabot, d'un crochet de tour, ou d'une tige en acier carrée ou ronde de 15 millimètres environ.

Une chose qu'il ne faut pas oublier, c'est de toujours placer un couvre-meule à l'opposé où se fait le meulage, de façon à éviter les accidents occasionnés par la mauvaise habitude que certains ouvriers ont de meuler à contre-sens.

La vitesse moyenne à la circonférence ne doit pas dépasser 5 mètres par seconde pour les meules à affûter les outils, et 10 mètres pour les meules ordinaires à polir.

La *meule d'émeri* est aujourd'hui un outil indispensable dans l'industrie métallurgique en général. C'est une lime circulaire conservant un mordant en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

travaillant avec une vitesse déterminée. L'emploi de cet outil devient très commun, il remplace avantageusement le burin et la lime dans un grand nombre de cas. Elle se taille avec un instrument tranchant, emmanché comme pour les grosses meules en grès, ou avec un diamant.

Celle (fig. 2), se compose d'un fort bâti fondu d'une seule pièce avec un support à boulon pour recevoir les pièces à travailler. Ce support se rapproche de la meule à mesure que cette dernière s'use.

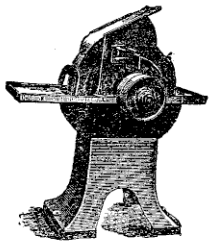


Fig. 2

Mesures. Pour bien connaître une quantité, il suffit de la mesurer. Les instruments qui servent à mesurer s'appellent des mesures.

Afin de donner au système adopté une base durable et universelle, on a choisi pour unité de longueur une partie déterminée du contour de la terre, puis on a fait dépendre de cette unité, appelée mètre, toutes les autres unités, même d'espèces différentes.

Mesures françaises :

MESURES DE LONGUEUR

Mètre, unité fondamentale du système équivalent à peu près au quart de la dix-millionième partie de la circonférence de la terre en passant par les pôles. Deux mesures types (deux étalons), ont été établies avec un soin extrême et déposées aux Archives Nationales pour fixer les bases du système et servir en dernier ressort à la vérification des mesures légales. Ce sont :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Un mètre en platine représentant à 0° du thermomètre, l'unité de longueur.

2° Un cylindre en platine d'environ $34^{mm},5$ de diamètre représentant le kilogramme.

UNITÉS SECONDAIRES

Inférieures		Supérieures	
Décimètre . . .	0^m1	Décamètre .	10 mèt.
Centimètre. . .	0,01	Hectomètre .	100 »
Millimètre. . .	0,001	Kilomètre .	1000 »
		Myriamètre. .	10000 »

MESURES DE SURFACE ORDINAIRE

Mètre carré (carré de 1 mètre de côté).

UNITÉS SECONDAIRES

Inférieures.

Décimètre carré	$0^{m^2},01$
Centimètre carré.	0,0001
Millimètre carré	0,000001

Supérieures.

Décamètre carré. . . .	100	mètres carrés
Hectomètre carré . . .	10000	»
Kilomètre carré. . . .	1000000	»
Myriamètre carré	100000000	»

MESURES DE SURFACE AGRAIRE

Are (décamètre carré) = 100 mètres carrés.

UNITÉS SECONDAIRES

Inférieures.	Supérieures.
Centiare (1 mètre carré).	Hectare (100 ares). 10000^{m^2}

MESURES DE VOLUME

Mètre cube (volume ayant la forme d'un dé à jouer de un mètre de hauteur, un mètre de largeur et un mètre d'épaisseur).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

UNITÉS SECONDAIRES

Inférieures		Supérieures	
Décim. cube	$0^{m3}001$	Décamètre cube .	1000^{m3}
Centim. »	0,000001		
Millim. »	0,000000001		

MESURES POUR LES BOIS DE CHAUFFAGE

Stère (ou 1 mètre cube).

UNITÉS SECONDAIRES

Inférieures		Supérieures	
Décistère. . . .	0,1	Double stère. . .	2^{m3}
		Demi-décastère. .	5
		Décastère. . . .	10

MESURES DE CAPACITÉ

Litre (contenance 1 décimètre cube).

UNITÉS SECONDAIRES

Inférieures		Supérieures	
Décilitre	0,1	Décalitre . .	10 litres
Centilitre. . . .	0,01	Hectolitre. .	100 »

MESURES DE POIDS

Gramme (est ce qui pèse dans le vide 1 centimètre cube d'eau distillée à la température de + 4 degrés centigrades. A cette température l'eau atteint son maximum de densité).

UNITÉS SECONDAIRES

Inférieures		Supérieures	
Décigramme . .	$0^{gr}1$	Décagramme. .	$10^{gr.}$
Centigramme . .	0,01	Hectogramme. .	100 »
Milligramme . .	0,001	Kilogramme . .	1000 »
		Quintal métriq.	100 kg.
		Tonneau (Tonne) .	1000 »

Mesures anglaises :

LONGUEUR

Inch (pouce)	$= 0^{m}025399$
Foot (pied) = 12 pouces.	0,30479

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Yard. . .	= 3 pieds	0,91438
Fathom (brasse)	= 2 yards	1,82877
Pole (perche)	= 5 1/2 yards	5,02911
Furlong . .	= 40 poles ou 220 yards .	201,164
Mile (mille)	= 8 furlongs ou 1760 yards.	1609,315

SUPERFICIE

Square inch (pouce carré). . .	= mq.	0,000645
Square foot (pied carré) = 144 pouces carrés	= »	0,092900
Square yard (yard carré) = 9 pieds carrés	= »	0,836097
Square pole (perche carré). . .	= »	25,291938
Rood = 40 perches carrés . .	= ares	10,116775
Acre = 4 roods.	= hect.	4,404671
Square mile (mille carré) . . .	= kil. c.	2,58989477

VOLUME

Cubic inch (pouce cube). . . .	= mc	0,000016380
Cubic foot (pied cube)	= »	0,028315
Tonneau de mer (40 pieds cubes).	= »	1,132600

POUR LES LIQUIDES

Gill	= lit.	0,141983
Pint = 4 gills.	= »	0,567935
Quart = 2 pints	= »	1,135870
Gallon impérial = 4 quarts.	= »	4,543458
Barrel = 32 gallons	= »	145,390656

POUR LES MATIÈRES SÈCHES

Bushel (boisseau). .	= 8 gallons	= lit.	36,34760
Sack.	= 3 bushels	= »	109,04306
Quarter.	= 8 bushels	= »	290,78100
Chaldron	= 12 sacks	= »	1308,51600
Dram		= »	0,001772
Ounce (once) . . .	= 16 drams	= »	0,028350
Pound (livre). . .	= 16 onces	= »	0,453593
Stone	= 14 livres	= »	6,350302
Quarter.	= 2 stones	= »	12,700604

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Hundredweight ou cwt = 112 livres = kil. 50,802380
Ton (tonne) . . . = 20 cwt = » 1016,048

Il existe une autre série de poids, dits *Troy*, en usage pour la pharmacie et les métaux précieux.

Grain		= grammes	0,0648
Denier ou penny weight	= 24 grains	= »	1,5552
Ounce (once). . .	= 20 deniers	= »	31,1035
Livre	= 12 onces	= »	373,2419

Mesures russes :

1 pied = 1 pied anglais = 135,114 lignes de Paris = = 0m,304794.

1 archine = 4 tchetwert = 16 werchock = 28 pouces anglais = 0m,711182.

1 werst = 3500 pieds = 1066m,70.

1 saschehn (sagène) = 3 archine = 7 pieds = 48 werchock = 84 zoll = 2m,1336.

1 déciatine = 2400 saschehn carrés.

1 wedro = 750,568 pouces cubiques russes.

1 tchetwerik = 23 lit.,2376.

1 tchetwert = 2 osmini = 4 pajok = 8 tchetwerik = 32 tchwerka = 64 garnetz = 209 litres 901.

1 livre russe = 32 loth = 96 solotnik = 409 gr. 52.

1 solotnik = 96 doleis à 0,044 grammes.

Métal. Les principaux caractères des métaux sont d'être bons *conducteurs* de la chaleur et de l'électricité et en se combinant avec l'oxygène de former des oxydes. Les métaux sont tous solides à l'exception du mercure qui est liquide. Leur couleur est ordinairement d'un gris blanc ou bleuâtre, à l'exception de l'or qui est jaune, du cuivre qui est rouge, et de quelques autres qui sont sans utilité. L'éclat particulier qu'ils présentent se nomme *éclat métallique* et il augmente par la fusion ou par le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

frottement. Certains métaux par le frottement acquièrent une odeur très désagréable et caractéristique; ainsi ceux qui travaillent le fer, le cuivre, le plomb, l'étain ont pu le remarquer journellement.

Les métaux possèdent certaines propriétés physiques dont les principales sont : l'opacité, la densité, la dureté, la malléabilité, la ductilité, la tenacité, la fusibilité.

L'*opacité* d'un corps consiste à n'être pas transparent et pourtant pour les métaux elle n'est pas absolue, ainsi une feuille très mince d'or, laissera passer la lumière, et cette dernière se voit de couleur verte.

La *densité* (voir Densité).

La *dureté* des métaux est très variable, le mercure puisqu'il est liquide est sans contredit le moins dur; le zinc, l'étain, le plomb sont faciles à rayer, mais le fer est très dur, etc.

La *malléabilité* est la propriété qu'ont les métaux de pouvoir être réduits en lames très minces à l'aide; soit du marteau, soit du laminoir, etc. En général ils sont beaucoup plus malléables à chaud qu'à froid. Le cuivre, l'argent, l'or sont très malléables.

La *ductilité* est une proriété des métaux de pouvoir être étirés en fils très fins au moyen de la filière.

Les métaux courants, les plus malléables et les plus ductibles peuvent se classer dans l'ordre suivant :

Malléabilité		Ductilité	
Cuivre	Zinc	Fer	Etain
Etain	Fer	Cuivre	Plomb
Plomb		Zinc	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La *tenacité* est l'effort de traction qu'il faut pour rompre des fils d'égal diamètre. Pour se rendre un compte de la tenacité des métaux on suspend à des fils de même longueur et d'égal diamètre des poids de plus en plus considérables jusqu'à la rupture.

En se servant de fils de deux millimètres de diamètre, il sera facile de se rendre compte que pour les rompre il faut les poids suivants :

Fer.	220 kilogrammes
Cuivre	130 —

La *fusibilité* (voir fusibilité).

Poids moyen en kilogrammes par mètre carré des feuilles de divers métaux

Epaisseur en *mm*	Tôle de fer	Fonte	Acier	Cuivre	Laiton	Plomb	Zinc environ
1	7,78	7,25	7,87	8,90	8,55	11,4	1,00
2	15,56	14,50	15,74	17,80	17,10	22,8	14,00
3	23,34	21,75	23,61	26,70	25,65	34,2	21,00
4	31,12	29,00	31,48	35,60	34,20	45,6	28,00
5	38,90	36,25	39,35	44,50	42,75	57,9	35,00
6	46,68	43,50	47,22	53,40	51,30	68,4	42,00
7	54,46	50,75	55,09	62,30	59,85	79,8	49,00
8	62,24	58,00	62,96	71,20	68,40	91,2	56,00
9	70,02	65,25	70,83	80,10	76,95	102,6	63,00
10	77,80	72,50	78,70	89,00	85,50	114,0	70,00
11	85,58	79,75	86,57	97,90	94,05	125,4	77,00
12	93,36	87,00	94,44	106,80	102,60	136,8	84,00
13	101,14	94,25	102,31	115,70	111,15	148,2	91,00
14	108,92	101,50	110,18	124,60	119,70	159,6	98,00
15	116,70	108,75	118,05	133,50	128,25	171,0	105,00
16	124,48	116,00	125,92	142,40	136,80	182,4	112,00
17	132,26	123,25	133,79	151,30	144,35	193,8	118,00
18	140,04	130,50	141,66	160,20	153,90	205,2	126,00
19	147,82	137,75	149,53	169,10	162,45	216,6	133,00
20	155,60	145,00	157,40	178,00	171,00	228,0	140,00

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Poids des feuilles courantes de zinc (densité moyenne 7,00)

NUMÉROS	ÉPAISSEUR	DIMENSIONS ET POIDS DES FEUILLES — Pour doublage des navires		Pour toitures et autres emplois			POIDS du mètre carré
		0m,35×1m,15 ancien 13×42 Océan	0m,40×1m,30 ancien 14×48 (Méditerranée)	0m,50×2m,00 ancien 18×72	0m,65×2m,00 ancien 21×72	0m,80×2m,00 ancien 30×72	
	mm	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Tolérance 0,520 par feuille de zinc 9	0,45	»	»	3,15	4,10	5, »	3,15
10	0,50	»	»	3,50	4,55	5,60	3,50
11	0,58	»	»	4,05	5,25	6,50	4,06
12	0,66	»	»	4,60	6, »	7,40	4,81
13	0,74	»	»	5,20	6,75	8,30	5,18
14	0,82	»	»	5,75	7,45	9,20	5,74
15	0,95	5,65	3,45	6,65	8,65	10,65	6,65
16	1,08	3 »	3,95	7,55	9,80	12,10	7,56
17	1,21	3,40	4,40	8,45	11, »	13,55	8,17
18	1,34	3,75	4,85	9,40	12,20	15, »	9,38
19	1,47	4,15	5,35	10,30	13,35	16,45	10,24
20	1,60	4,50	5,80	11,20	14,55	17,90	11,20
21	1,78	»	»	12,45	16,20	19,90	12,40
22	1,96	»	»	13,70	17,80	21,90	13,»
23	2,14	»	»	15, »	19,50	22,90	14,
24	2,32	»	»	16,25	21,10	26, »	16,»
25	2,50	»	»	17,50	22,70	28, »	17,50
Surface mq		0,402	0,520	1,000	1,300	1,60	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mètre. Pour exécuter un travail précis, il faut se servir d'un mètre en acier mince (fig. 1) d'une seule longueur et bien divisé.



Fig. 1

Souvent les mètres ordinaires accusent entre eux des différences notables, quelquefois 5 millimètres, ce qui peut donner lieu à de graves erreurs. Un mètre doit également être divisé des deux côtés pour faciliter le travail, et chaque atelier doit posséder un mètre étalon sur lequel les ouvriers sérieux p uvent se baser et ne pas se rapporter à leur propre mètre qui est généralement en bois, en cuivre ou en acier et dont la longueur n'est pas d'une rigoureuse exactitude.

Pour l'exécution des modèles, on se sert de *mètres à contraction* ou *mètres à retrait*, lesquels doivent avoir comme longueur en plus que le mètre ordinaire, le retrait que possède le métal pour lequel ils doivent servir. La longueur totale est alors divisée en mille parties comme le mètre ordinaire de façon à ce que la proportion soit donnée à n'importe quelle dimension.

Donc un mètre pour le bronze doit avoir $1^{m},012$, pour la fonte $1^{m},011$, etc., suivant le retrait du métal employé. Ils doivent être comme les mètres ordinaires, divisés des deux côtés et s'il est possible avoir un étalon de chaque longueur.

Dans le cas où l'on n'a pas de mètres spéciaux, on peut travailler le modèle en tenant compte de la proportion à mettre en plus, pour cela on n'a qu'à multiplier la valeur du retrait pour un mètre par la longueur réelle.

Ainsi soit une dimension de 290 terminée à avoir en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fonte ordinaire, le retrait étant de $0^m,011$, on devra donner comme longueur au modèle $0,290 \times 0,011$ en plus, soit, $0,290 + 0,0032 = 0,293$.

On procède de la même façon pour n'importe quel métal.

Mètre étalon (fig. 2). Chaque atelier doit posséder un mètre étalon, fait d'une règle plate en acier de 10 à 15 millimètres d'épaisseur et divisé en millimètres sur la longueur avec la plus grande exactitude.

Ce mètre étalon que l'on peut faire contrôler au Conservatoire des Arts-et-Métiers (Bureau de la vérification des instruments et mesures) servira lui-même à vérifier tous les instruments de mesure et les calibres en usage dans l'atelier.



Fig. 2

Il est évident qu'il doit être l'objet de grands soins. Pour cela on l'enferme dans une boîte en bois d'où on ne le sort qu'une fois ou deux dans l'année pour vérifier les mètres ordinaires et les calibres, après quoi on le remet dans la boîte afin d'éviter que par suite d'un accident il ne subisse une déformation qui fausserait sa longueur et ses divisions. Leur précision peut atteindre le 1/1000 de millimètre. Habituellement ils sont précis à 1/20 de millimètre.

Minerai. On donne le nom de minerai à la substance minérale telle qu'on l'extrait de la mine.

Le fer est l'élément essentiel de nombreux minéraux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les minerais de fer oxydé magnétique, de fer oxydé rouge et de fer hydraté en roche sont ordinairement fondus tels qu'ils arrivent de la mine, après avoir été concassés en morceaux sous les pilons d'un bocard ou à l'aide d'un marteau à main. Les minerais en grains sont exposés à l'air pendant quelque temps pour permettre à l'argile qui les enveloppe de se déliter, puis lavés, soit dans des espèces de paniers à claire-voie suspendus à une perche élastique que l'on remplit de minerai et que l'on fait osciller dans l'eau qui entraîne les parties argileuses, soit dans des machines très simples que l'on nomme *patouillets*. Le rendement moyen est d'environ 30 % l'un dans l'autre de fonte en fusion.

Minium. Le minium est un oxyde rouge de plomb dans la composition duquel il entre 90,5 % de métal et 9,5 d'oxygène.

Mélangé avec du blanc de céruse broyé, réduit en pâte avec de l'huile de lin siccative on obtient un très bon mastic pour luter les joints des chaudières, les cylindres des machines à vapeur et autres accessoires, entre autres les jointures des tuyaux métalliques boulonnés qui doivent résister à une haute température. Il faut le battre et lui donner pour l'employer, à peu près la consistance du mastic de vitrier, s'il est trop tendre, on y remet du minium, s'il est trop dur on y remet du blanc de céruse ou un peu d'huile de lin.

Pour le conserver il faut le mettre au frais et dans un récipient contenant de l'eau de façon qu'il en soit recouvert. Lorsque l'on veut s'en servir il est bon de le rebattre à nouveau et d'y ajouter du blanc de céruse ou de l'huile de lin s'il est nécessaire. Il sert

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

aussi à protéger le fer contre l'oxydation, pour cela on en fait une peinture (voir le *Tableau des peintures courantes*) que l'on applique à une ou deux couches.

Le minium est d'un rouge brillant légèrement orangé. Exposé longtemps à la lumière directe, il noircit. On le falsifie souvent avec du colcothar ou de la brique pilée; fraude facile à découvrir en chauffant au rouge le minium, on obtient alors un résidu jaune s'il est pur, tandis que s'il est falsifié, la couleur que lui donnent le colcothar et la brique persistera.

On peut encore reconnaître la fraude en faisant bouillir pendant quelques instants le minium avec de l'eau sucrée legèrement aiguisée d'acide azotique; le minium se dissout entièrement s'il est pur.

Modèles. Les modèles se font généralement en bon bois de noyer, chêne ou sapin et quelquefois en métal. Ils doivent être établis avec beaucoup de soin et de solidité. La bonté du moulage dépend en général de la perfection des modèles.

Tous les modèles doivent présenter de la dépouille, c'est-à-dire un certain évasement qui permet leur sortie du sable. Il est nécessaire de plus que leurs dimensions soient plus grandes que celles des dessins, par rapport au retrait qui s'opère dans les fontes par suite du refroidissement. Le retrait ordinaire est d'environ 1/100, ce qui veut dire qu'il faut prendre toutes les mesures avec un mètre ayant 101 centimètres, lequel est divisé en dixième, centième et millième.

Il faut tenir compte de la manière dont la pièce sera moulée, afin de pouvoir la diviser en consé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quence pour en réunir les différentes parties par des chevilles, des vis ou des boulons que l'on enlève pendant le moulage.

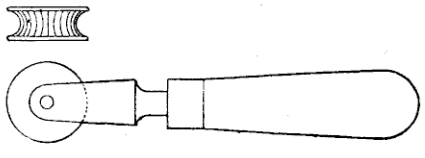
La confection des boîtes à noyaux est encore un des points délicats, il faut qu'elles soient exécutées avec soin et divisées de manière à faciliter la sortie du noyau, la place de ce dernier doit être indiquée sur le modèle par une partie dont la trace dans le moule fixe la position du noyau à y placer.

Quand on a un grand nombre de pièces à faire sur un même modèle, on le fait en métal et si celui en métal est fait avec un en bois il faut avoir soin de donner à ce dernier deux retraits.

Dans beaucoup de cas, il est également bon de faire des boîtes à noyaux en métal, pour les coussinets de chemins de fer par exemple, il est presque indispensable d'avoir des boîtes à noyaux en fonte ou en cuivre.

Les dents de roues d'engrenages lorsqu'elles sont pour marcher brutes ne doivent pas posséder de retrait et avoir à leur extrémité un arrondi plus accentué que ne l'indique le dessin.

Moletage. Le moletage s'applique à presque toutes les têtes de vis ou boulons se mouvant sans l'aide d'un tournevis ou d'une clé, c'est-à-dire à la main.



Le moletage d'une tête de vis ou d'un bouton ne se fait généralement qu'à la fin de la main-d'œuvre ; l'outil dont on se sert porte le nom de *molette*, il y en a de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grains différents, c'est-à-dire dont les cordons sont plus ou moins écartés les uns des autres.

Ce petit appareil consiste en un disque d'acier percé à son centre d'un trou dont la dimension varie, mais que pour les applications les plus ordinaires on peut évaluer à 3 ou 5 millimètres, étant donné pour le diamètre extérieur 12 à 20 millimètres, l'épaisseur de 5 à 8 millimètres.

Ce disque possède une gorge, et a l'apparence d'une petite poulie, l'intérieur de la gorge est taillé transversalement et dans tout son contour, par de petites stries ou dents, assez prononcées et régulièrement espacées ; cette pièce doit être trempée dure et montée à l'aide d'une goupille d'acier dans une petite chape dans laquelle elle doit évoluer avec beaucoup de facilité. La longueur de la monture qui doit être en acier peut avoir de 8 à 10 centimètres de longueur et se terminer par une *soie* qu'on fait entrer dans un manche.

Pour s'en servir on procède comme suit :

Si l'on a une tête de vis ou de bouton devant subir l'opération du moletage, on commence d'abord par la préparer convenablemont en lui donnant extérieurement la forme nécessaire pour que la gorge de la molette en touche toutes les parties à la fois ; on imprime alors au tour un mouvement de rotation rapide, et on vient appliquer fortement la molette sur la partie de matière où elle doit s'imprimer, on oblique successivement la main tenant l'outil toujours en appuyant soit à gauche, soit à droite jusqu'à complète impression sur la matière ; on enlève alors la bavure produite par cette opération et le moletage est terminé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Monnaies françaises

Tableau des pièces de monnaie légale en circulation

DÉNOMINATION et valeur des pièces		POIDS EXACT ou droit	TOLÉRANCE		POIDS AVEC LA TOLÉRANCE		DIAMÈTRE ou module en millimètres
			en millièmes du poids de la pièce	En grammes	En plus	En moins	
		gr.	mill.	gr.	gr.	gr.	mill.
Or	100 fr	32,258	1	0,03226	32,29026	32,22574	35
	50 »	16,129	2	0,03226	16,16126	16,09674	28
	20 »	6,4516	2	0,01290	6,4645	6,4387	21
	10 »	3,2258	2,5	0,00806	3,23386	3,21773	19
	5 »	1,6129	3	0,00484	1,61774	1,60806	17
Argent	5 »	25	3	0,075	25,075	24,925	37
	2 »	10	5	0.05	10,05	9,95	27
	1 »	5	5	0,025	5,025	4,975	23
	0,50	2,50	7	0,0175	2,5175	2,4825	18
Bronze ou Cuivre	0,10	10	10	0,1	10,10	9,9	30
	0.05	5	10	0,05	5,05	4,95	25
	0,02	2	15	0,03	2,03	1,97	20
	0,01	1	15	0,015	1,015	0,985	15

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Monnaies anglaises :

Farthing	= fr. 0,0245
Penny = 4 farthings . . .	0,0979
Shilling = 12 pence . . .	1,1613

On admet couramment que 1 shilling vaut 1/20 de *souverain* ou 1 fr. 26

Sovereign (souverain) = 20 shilling. .	= fr. 25,20
Livre sterling ou £ (monnaie de compte sujette au change) . . .	25,2213

Monnaies usuelles :

Aigle, or, Etats-Unis.... ...	= 51f,82	Milreis, or (Portugal) 1000 reis =	5f,60
Carolin (Suède).	10 »	Para (Turquie)..	» 006
Christian (Danemark).....	21 90	Peseta (Espag.).	1 05
Doblon (Espagne)	25 94	Piastre du Chili.	4 72
Dollar (100 cents)	5 18	Piastre de l'Amerique du Sud.	5 00
Drachme (Grèce)	1 »	Pfenning (cuivre) allemand.....	» 01
Ducat allemand.	11 83	Piastre de Turquie.....	» 22
Duro (Espagne).	5 19	Piastre d'Egypte	» 25
Florin d'Autriche (100 kreutzers)	2 47	Piastre de Tunis.	» 61
Frédéric (de Prusse	20 78	Real d'Espagne (monnaie de compte).....	» 26
Gros (silbergroschen) 1/30 de thaler).....	» 125	Rei du Brésil...	» 005
Gulden allemand	2 12	Rei du Portugal.	» 006
Kopeck russe (1/100 de rouble)	» 04	Rigsdaler (Danemark).....	2 81
Kreutzer allem..	» 03	Rixdaler de Hollande.....	5 25
Mark allemand (monnaie de compte)... .	1 23	Rouble russe ...	3 93
Medjidieh (Turquie) 100 piast.	22 80	Roupie des Indes	2 38
Milreis (Brésil) 1000 reis.....	2 50	Specie daler (Norvège)....	5 54
		Thaler allemand.	3 70

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Montage. Le *montage d'une machine* est sans contredit l'une des opérations les plus délicates de la mécanique. Combien souvent un montage défectueux amène une déception à un inventeur qui pourtant est souvent dans le vrai. Tous les éléments d'un tout, travaillés dans différentes parties d'atelier, doivent se réunir au montage pour y être assemblées et repérées.

Le monteur doit être d'un caractère ferme, doux, pas orgueilleux, posséder beaucoup d'initiative, avoir beaucoup de sang-froid, savoir bien lire un dessin, connaître le traçage, la forge, l'ajustage, le tour, la chaudronnerie, les moyens d'enlevage, le réglage et la conduite des machines, etc., en un mot un peu tout ce qui concerne sa partie. Je n'hésite pas à dire qu'un excellent monteur est une perle fine pour un constructeur.

Il doit s'assurer rigoureusement que sa machine est de niveau, que les mouvements voulus s'accomplissent rigoureusement, que tous les axes de ces mouvements sont bien dans leur direction, que les tourillons et les articulations jouent librement, régulièrement, sont bien graissés et au fur et à mesure du montage, modifier, faire modifier ou rectifier les pièces s'il y a lieu et avoir soin de ne jamais mettre sa machine en marche sans ouvrir les purgeurs, ni jamais changer la marche d'une machine si elle est à changement de marche sans avoir soin de fermer l'introduction de vapeur et de la rouvrir instantanément s'il le faut en renversant la marche.

Le montage est souvent une œuvre de tâtonnement et le succès et la rapidité ne peuvent être assurés qu'autant que l'homme qui le fait est soigneux, instruit et intelligent et que ceux qui le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

commande soient au moins aussi forts que lui, sinon les idées peuvent se contrarier et le résultat final est mauvais.

Joints. — Le *joint* est un espace qui existe entre deux pièces et qui permet à la vapeur ou à tout autre gaz de s'échapper.

Les joints se font généralement avec du mastic au minimum et du chanvre en tresses plates ou carrées.

On en fait encore en cuivre rouge, en caoutchouc, en amiante carton, en amiante caoutchouté, etc.

Quelle que soit la matière employée, on doit toujours avoir soin de faire le serrage bien d'aplomb, sans quoi si l'on serre des boulons beaucoup plus les uns que les autres, l'on risque de voir les pièces se briser ou se déformer dans ce dernier cas, occasionner des fuites et n'avoir plus la possibilité de faire le joint comme il faut, car généralement lorsqu'il est manqué, il n'y a plus à y revenir.

Réglage. — Le réglage d'une machine consiste pour qu'elle fonctionne bien, à ce que le tiroir occupe par rapport au piston et aux orifices du cylindre certaines positions parfaitement déterminées et qu'il suffit d'un léger dérangement dans la position du tiroir pour troubler considérablement le bon fonctionnement de la machine. Pour que les positions aient lieu il faut que le rayon de la manivelle et celui de l'excentrique fassent un angle de 90°, nommé *angle de calage.* Dans ces conditions la vapeur qui emplit le cylindre lorsque le piston achève sa course d'un côté pour recommencer du côté opposé, ne peut s'échapper immédiatement, la lumière ne lui livrant passage, qu'à mesure que l'espace occupé par elle diminue, c'est-à-dire que le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

piston avance, de ce fait, il en résulte une contre pression qu'il faut chercher à diminuer le plus possible, c'est pour cela qu'on a été conduit à opérer le calage de la manivelle et de l'excentrique sous un angle différent du premier en l'augmentant d'une quantité variable mais toujours supérieure à 90°, et alors on a l'*avance à l'échappement*.

On obtient aussi par cette disposition l'*avance à l'admission* dont le but est d'ouvrir la lumière d'introduction de vapeur un peu avant que le piston ait terminé sa course, alors la vapeur subit une compression en entrant dans le cylindre et atteint sa tension maximum au moment où le piston recommence une nouvelle course.

L'avance à l'admission doit être très faible, elle est environ de 4 à 5 millimètres dans les locomotives, et dans les machines à petite vitesse, cette avance est presque nulle, elle ne dépasse guère $1^{mm},1/2$ à 2 millimètres et quelquefois moins.

L'avance à l'échappement peut se faire d'autant plus considérable que la vitesse du piston est plus grande, car il y a beaucoup d'avantage à diminuer la contre-pression.

Dans les locomotives, l'avance à l'échappement est très considérable, c'est une nécessité, car la vapeur qui se rend dans la cheminée doit y produire un tirage énergique et s'échapper du cylindre avec une force assez grande pour maintenir une vitesse convenable.

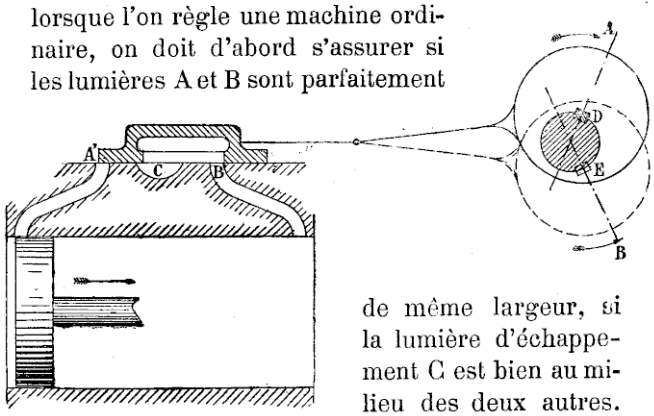
Le recouvrement extérieur d'un tiroir a pour but de faire à celui-ci des bandes plus larges que les orifices d'admission, c'est par ce moyen que l'on obtient la détente.

Il arrive que dans l'emploi des tiroirs à recouvre-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment extérieur, dans les machines à grande vitesse spécialement, l'avance à l'échappement devient assez considérable même lorsque l'avance à l'admission est petite ou pour ainsi dire nulle. Dans le but d'obvier à cet inconvénient on donne à la bande intérieure du tiroir un recouvrement, c'est-à-dire que la largeur intérieure de ce dernier doit être plus petite que la distance qui existe entre les bords intérieurs des lumières. Ce recouvrement intérieur ne doit jamais dépasser certaines limites, afin que la lumière d'admission se découvrant au commencement de la course, celle d'échappement soit encore fermée à ce moment.

Donc en se reportant à ce que je viens de décrire, lorsque l'on règle une machine ordinaire, on doit d'abord s'assurer si les lumières A et B sont parfaitement



de même largeur, si la lumière d'échappement C est bien au milieu des deux autres. Les bandes du tiroir doivent être également de même largeur. Ensuite il faut que la manivelle de l'excentrique soit en avance d'un angle donné sur la marche de l'arbre manivelle, c'est-à-dire que lorsque le piston est à fond de course, il faut que la manivelle de l'excentrique soit dans la position A pour marcher suivant la flèche et **le tiroir à ce moment**

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

doit déjà avoir découvert un peu la lumière A'.

Si l'on n'a pas de données bien précises, on tâtonne pour les deux positions opposées en partageant la différence, en se servant d'une fausse clavette pour le calage de l'excentrique, en réglant la bielle de tiroir à la demande et après vérification de la course du tiroir sur les orifices on fixe la position du clavetage définitif.

Pour la marche en sens inverse on procède absolument de même, c'est-à-dire que la manivelle de l'excentrique doit occuper la position B pour marcher dans le sens de la flèche le piston étant à fond de course et l'excentrique doit alors être calé de D en E. Après le réglage d'une ou deux machines ordinaires, avec un peu d'attention, on acquiert vite la routine et l'expérience, on connaît les points faibles et le réglage des machines à détente ou autres devient une affaire d'habitude (voir *Tiroir*).

Mordaches. Lorsque l'on a besoin de travailler des pièces soignées, pour ne pas les détériorer pendant leur serrage entre les deux mâchoires de l'étau on a recours à des mordaches dont la nature varie avec l'état des objets à travailler.

On en emploie couramment six sortes, qui sont : les mordaches en cuivre jaune ou rouge, en plomb, en cuir, en fer et en bois.

Celles en cuivre jaune ou rouge doivent avoir de 2 à 3 millimètres d'épaisseur et recuites avant de leur faire épouser la forme de leur mâchoire respective. On les emploie pour les pièces de peu d'importance.

Celles en plomb doivent être préparées dans un moule quelconque aux dimensions que l'on veut leur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donner, ensuite ployées également sur leur mâchoire respective. Elles servent pour travailler les pièces ajustées, filetées, tournées, etc.

Les mordaches en cuir ne doivent être que de la largeur de la taille de l'étau et n'avoir que 4 à 6 millimètres d'épaisseur sans être ployées. On les recouvre du côté où elles portent sur la taille d'une légère couche de cire jaune et ensuite on serre l'étau, lorsqu'on l'ouvre elles se maintiennent parfaitement à leur place. Elles servent pour les pièces de précision ou d'un fini parfait.

Celles en fer qui doivent avoir de 1 à 2 millimètres d'épaisseur ne sont guère utilisées que pour des pièces de tout à fait peu d'importance ou à défaut de mordaches en cuivre.

Celles en bois servent pour des travaux divers et se débitent à la forme voulue.

Moteur. On donne le nom de moteur à tout ce qui imprime à une machine le mouvement, comme l'homme, le cheval, l'eau, l'air, le vent, les ressorts, la vapeur, le gaz, l'électricité, etc.

Moufles. Une moufle est un système de deux chapes, l'une fixe et l'autre mobile, et dont chacune contient plusieurs poulies assemblées soit sur des axes particuliers (fig. 1) ou sur le même axe comme dans le palan (fig. 2). Une même corde attachée à l'une des chapes par l'une de ses extrémités, s'enroule sur ces diverses poulies, en passant alternativement de la chape mobile à la chape fixe, et de la chape fixe à la chape mobile. La puissance F (fig.1) agit à l'extrémité libre de la corde et fait équilibre à la résistance P poids suspendu à la chape mobile. On

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

appelle plus pratiquement moufle l'ensemble AB (fig. 2) formé par la réunion de deux ou plusieurs poulies disposées dans une même chape.

Les axes des moufles doivent être bien graissés ; leur corde l'objet de vérification à chaque fois que l'on s'en sert à nouveau. Le poids maximum à enlever doit être poinçonné sur les crochets ou sur l'un des côtés de l'appareil et très visiblement.

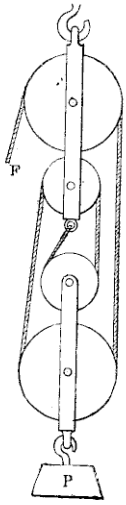


Fig. 1

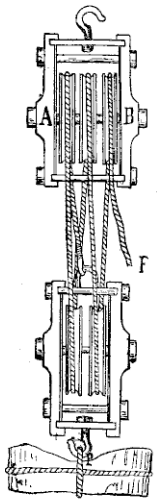


Fig. 2

Mouillette. La mouillette que l'on appelle encore *goupillon* ou *écouvette* est utilisée pour mouiller le charbon. Elle est formée soit d'un paquet de fil de fer ou de vieux chiffons que l'on fixe à l'extrémité d'une tige ronde. On peut à défaut de mouillette se servir d'un balai.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

N

Nettoyage des pièces polies *des machines en général.* Mettre dans un flacon un litre de pétrole, y ajouter une vingtaine de grammes de paraffine sous forme de raclures. Le flacon étant bouché, on le laisse reposer pendant un couple de jours, en ayant soin de l'agiter de temps à autre.

Pour employer cette préparation, il faut d'abord avoir soin de bien agiter le flacon et ensuite étendre la solution sur les parties à nettoyer, soit avec un chiffon de laine, soit avec un pinceau. Le lendemain seulement on frotte avec un chiffon de laine sec. La rouille, l'huile résinifiée, etc., disparaissent complètement, sans laisser craindre l'action oxydante du pétrole, annulé par la paraffine. L'aspect des pièces ainsi nettoyées est satisfaisant, et le brillant est comparable à celui de l'argent.

Niveau à bulle d'air (fig. 1). Le *niveau à bulle d'air* sert à reconnaître la position horizontale d'une petite surface plane, ou encore à mesurer la différence de hauteur de deux points voisins.

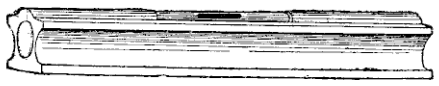


Fig. 1

L'instrument se compose simplement d'un tube de verre le plus ordinairement plein d'eau teintée, mais contenant encore une bulle d'air. Le tube doit avoir une légère courbure dans le sens de la longueur, et si, plaçant ce tube dans une position à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peu près horizontale, la convexité de la courbure intérieure tournée vers le haut, on incline plus ou moins ce tube, de telle manière cependant que la bulle n'atteigne pas les extrémités, la tangente à la courbe intérieure sera, dans toutes les positions du tube, horizontale au point où la bulle s'arrêtera. La courbure intérieure du tube dans les niveaux ordinaires est d'environ 15 mètres de rayon. Plus la courbure est faible, plus l'instrument est sensible, mais les indications sont moins rapides, c'est pour cela que le rayon indiqué plus haut est le plus souvent employé. Le liquide des tubes de niveau d'eau doit présenter une grande mobilité et pouvoir résister aux plus grands froids. Dans ceux un peu soignés, l'eau est remplacée par de l'alcool ou de l'éther ou par un mélange de ces deux derniers. On se sert aussi de sulfure de carbone qui présente une grande supériorité sur les précédents. Le tube est soudé à la lampe à ses deux extrémités et renfermé dans un étui de cuivre ou de fonte ouvert en dessus. Celui-ci est fixé sur un plateau de même métal, qui doit être dressé avec soin, de manière que lorsqu'il repose sur un plan horizontal la bulle d'air s'arrête exactement entre deux points de repère marqués sur l'étui.

Pour reconnaître si une surface est horizontale, il faut placer le niveau sur cette surface dans deux directions différentes et dans chacune d'elles, la bulle d'air doit être au milieu du tube.

On se sert souvent de deux niveaux à bulle d'air soudés perpendiculairement l'un à l'autre ; de cette façon une expérience suffit pour reconnaître une surface horizontale ; il faut que chaque bulle d'air soit au milieu du tube qui la contient.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si un niveau n'est pas juste, ce qu'il est facile de s'assurer, en le retournant bout pour bout sur une surface bien horizontale, la bulle d'air doit revenir exactement au même endroit, sinon on serre ou desserre la vis placée à l'une de ses extrémités et spécialement destinée à le régler.

Si une pièce à dresser est longue, on se sert alors des champs d'une règle sur laquelle on pose le niveau en ayant soin que la règle soit bien d'épaisseur et de la retourner bout pour bout à chaque examen.

Un bon niveau ne doit pas être paresseux, il doit être très sensible. Il est généralement paresseux parce qu'au lieu d'être l'objet de soins particuliers dans la construction, c'est-à-dire au lieu que la courbure intérieure du tube soit déterminée au moyen d'un rodage particulier, ils sont la plupart du temps fabriqués avec des bouts de tube de verre ordinaire ne possédant pas une courbure régulière.

Pour mettre de niveau une pièce verticale on pose une équerre contre cette dernière et sur l'autre branche on applique le niveau, on retourne ensuite l'équerre et on procède de même en ayant soin toutefois d'avoir la précaution de se servir d'une équerre juste.

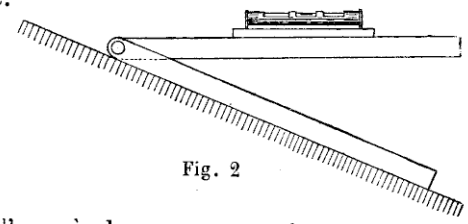


Fig. 2

Si l'on a à dresser une surface avec une inclinaison donnée à tant de millimètres par mètre ou à tant de degrés, on peut se servir du *clitographe* (voir page 145) ou à son défaut on fait une équerre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en conséquence ou pour plus de simplicité on emploie la sauterelle (fig. 2), ou la fausse équerre à T réglées en conséquence, et sur l'une des branches de chacune desquelles on vérifie avec le niveau d'eau.

Il faut autant que possible ne pas dresser des pièces au soleil, la chose est facile à comprendre, la dilation faisant travailler le métal peut le rendre gauche lorsqu'il revient à une température plus basse.

Il en est de même pour le niveau qui ne doit jamais être exposé au soleil ni à la chaleur.



Fig. 3

Les niveaux d'un usage encore assez courant en mécanique sont : le *niveau à quatre faces* (fig. 3),

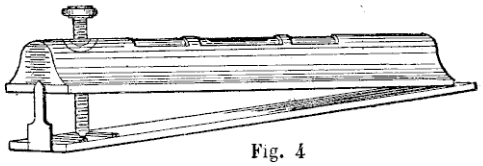


Fig. 4

le *niveau à régulateur* (fig. 4), le *niveau pour transmission* (fig. 5) et le *niveau-équerre* (fig. 6). Ces



Fig. 5



Fig. 6

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

derniers ont l'avantage de simplifier le travail de vérification et d'éviter les chances d'erreur.

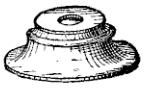


Fig. 7

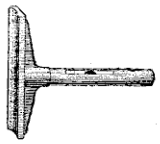


Fig. 8

Les niveaux encore très employés et très utiles dans le montage sont le *niveau circulaire* (fig. 7) et le *niveau pour direction verticale* (fig. 8).

Niveau d'eau (*Indicateur de*). Il est nécessaire de connaître à chaque instant à quelle hauteur se trouve le niveau de l'eau dans une chaudière ; si en effet ce niveau est trop élevé, une partie de l'eau de la chaudière se trouve entraînée avec la vapeur et vient empêcher le fonctionnement régulier de la machine; s'il est trop bas, une partie des surfaces chauffées se trouvent à découvert et sont exposées à rougir et donnent lieu à de graves inconvénients.

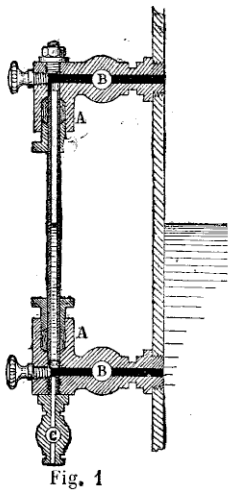


Fig. 1

Pour indiquer à tout instant le niveau de l'eau on se sert le plus communément d'un tube en cristal (fig. 1) ajusté en haut et en bas dans des montures A en bronze qui communiquent avec la chaudière; ce tube est placé de telle sorte que son milieu se trouve à peu près au niveau normal de l'eau. De

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cette façon il est facile de suivre avec facilité les variations du niveau de l'eau dans la chaudière.

Comme les tubes en cristal peuvent se casser, chaque monture en bronze est munie d'un robinet B qui doit toujours fonctionner librement et que l'on ferme dès que le tube se casse. On empêche ainsi l'eau et la vapeur de se précipiter au-dehors et on peut en même temps remplacer le tube brisé. A la partie inférieure se trouve un robinet C qui permet de s'assurer de temps à autre si l'indicateur fonctionne.

La rupture d'un tube, accident assez fréquent, peut occasionner de graves accidents par le jet d'eau bouillante qui est projetée. Pour l'éviter on construit des montures d'indicateur (*Dupuch*) contenant des clapets, qui se ferment automatiquement lorsque le tube se brise.

Nœud. Le *nœud* est un enlacement fait avec une corde; par ce moyen l'effort exercé sur un brin, détermine sur les parties convenablement entrelacées, un

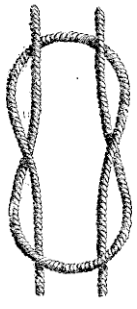


Fig. 1
Nœud droit.

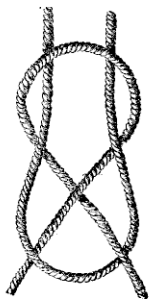


Fig. 2
Nœud du tisserand.

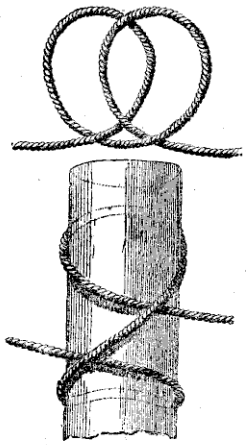


Fig. 3
Nœud de l'artificier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

frottement croissant en même temps que cette pression empêche le nœud de se défaire et évite la séparation.

Il serait très difficile d'expliquer la manière de faire les nœuds, quelques figures suffiront et feront mieux comprendre les dispositions les plus employées.



Fig. 4
Nœud de tête d'alouette.

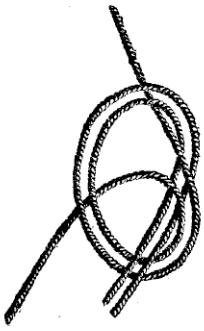


Fig. 5
Autre nœud droit.



Fig. 6
Nœud coulant.

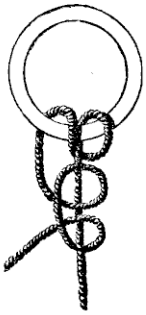


Fig. 7
Nœud du réverbère.

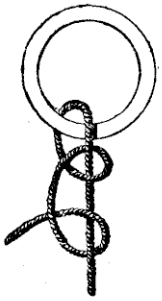


Fig. 8
Nœud de marine.

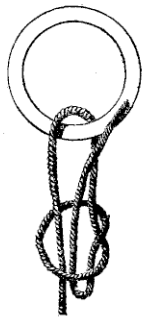


Fig. 9
Nœud du collier.

A la place de l'épissure pour la jonction des cor-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des en boyaux on peut encore employer l'attache *J. Violette* (fig. 15).

Cette attache à l'exception des jonctions collées qui ne donnent aucun ressaut, est appelée à rem-



Fig. 10
Nœud du pavillon.

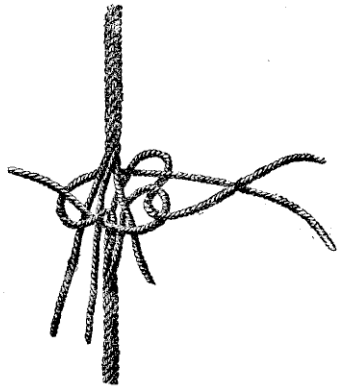


Fig. 11
Episse.

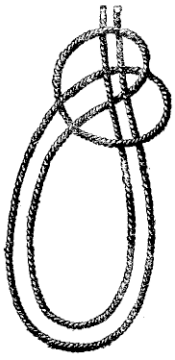


Fig. 12
Double nœud
de tête d'alouette.



Fig. 13
Nœud de la tresse à cheveux.



Fig. 14
Chaîne du bas.



Fig. 15

placer dans presque tous les cas, les jonctions par *épissure*, par *nœud*, par *lanières de cuir*, les *bou-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cles à ardillon, les *boutons*, les *agrafes à deux têtes*, les *pointes*, les *rivets*, etc. Si l'on considère que c'est à leur jonction que les courroies et les cordes s'usent le plus, on en conclut qu'il y a une amélioration sensible dans l'un des organes les plus répandus des machines, une chance de moins d'accident.

Pour la mettre en place on fait une légère entaille à chacune des deux extrémités de la courroie, de manière à permettre l'introduction du têton, on fait joindre exactement les deux bouts de la courroie ou de la corde entre la plaque et la contre-plaque et on serre fortement pour faire pénétrer les nervures dans la courroie ou la corde.

Les qualités de cette attache sont que le réglage par petites longueurs est facile, la section des bouts à réunir est conservée, la résistance n'est pas diminuée, aucune saillie gênante ou dangereuse n'est à craindre, l'assemblage est rapidement fait, peut se démonter et dure longtemps ; en somme il y a beaucoup d'avantage à employer ce genre de jonction.

Nœud (voir *Vitesse)*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

O

Ocre rouge. L'*ocre rouge* que l'on désigne encore sous le nom de *sanguine* est une argile maigre, siliceuse, colorée en rouge par de l'oxyde de fer anhydre. Livré en morceaux plus ou moins gros, on le réduit en poudre que l'on mélange avec un peu d'huile. Cette composition sert à enduire légèrement : soit le champ d'une règle, d'une équerre, ou la face dressée d'un marbre, etc., de façon à pouvoir se rendre compte après la présentation de l'une de ces dernières pièces sur celle à travailler, si la planimétrie est parfaite, ce qui est facile à voir, si le rouge vient s'étaler d'une manière uniforme. S'il n'apparaît que sur des parties en relief, ces dernières doivent être enlevées au moyen des outils et des procédés déjà indiqués page 335. On l'applique soit avec un linge, soit avec un tampon en chiffon, en crin ou en soie ou avec un pinceau, mais il faut avoir soin de l'étendre d'une manière uniforme et très légèrement, surtout si le travail est près d'être terminé. Il doit être renfermé, ainsi que son tampon, dans une boîte avec couvercle, de façon que la limaille ou la poussière ne puisse y pénétrer. Si elle sèche, on y ajoute un peu d'huile et on mélange à nouveau le tout.

Outils. L'outillage fait dans de bonnes conditions et entretenu de même est une économie réelle. Un ouvrier sérieux ne conservera ni ne se servira jamais d'outils défectueux, il les retravaillera et les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

changera même s'il le faut. A l'inspection impartiale d'un atelier, il est facile de juger la valeur du personnel employé comme de celui qui le conduit. Elevé au milieu des maîtres praticiens dans l'art de la mécanique, aimé et encouragé par eux, j'ai été vite renseigné sur la façon de reconnaître ce que vaut un ouvrier par un simple coup d'œil sans parole, sur son outillage personnel déposé sur l'établi. Le soin apporté dans la disposition des limes, dans l'emmanchement d'un marteau, dans l'affûtage d'un burin, même d'une pointe à tracer, etc., sont autant de petits points qui parlent aux yeux pour un homme compétent et lui évite ainsi des questions inutiles à faire à un sous-ordre quelquefois craintif ou timide.

C'est pourquoi je reviens ici sur les qualités qui font le mérite des outils tranchants.

Pour conserver à l'acier toutes ses qualités, il importe de le forger, en lui donnant le moins de chaudes possibles, on doit également ne pas refouler la partie active qui, sans cette précaution se casse infailliblement, soit à la trempe, soit au moment où l'on commence à s'en servir.

La température qui convient le mieux pour forger les outils est comprise entre 800 et 1.000 degrés et correspond à la couleur rouge cerise. Lorsqu'ils ont la forme et les dimensions voulues, on les dégauchit et on achève de les parer en les battant à l'eau, presque à froid. Cet écrouissage influe avantageusement sur l'état moléculaire du métal : il augmente la résistance de la surface extérieure, en lui donnant plus de corps.

Il y a plusieurs théories de faites pour le degré d'inclinaison à donner à la coupe des outils suivant le métal à trancher. Toutes ces théories sont justes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et même très justes, mais elles ne sont pas comptées avec ces mille petits facteurs qu'il ne faut pas négliger, qui se présentent dans la pratique et qui viennent forcément faire établir une disposition contraire à la théorie.

Dans les grands ateliers on suit comme base cette théorie en donnant aux ouvriers des calibres pour l'affûtage et qui ne leur servent que de guide et la plupart du temps ils ne les emploient jamais, car le vrai calibre est dans l'intelligence et l'expérience de l'homme qui travaille pour faire mieux, plus rapidement, et contenter son chef ou son patron.

Dans les petits atetiers où les dépenses sont limitées avec ordre et connaissance par celui qui fait travailler et où l'initiative est très grande, on ne se sert généralement pas de calibre qui souvent coûtent cher et ne trouvent pas leur emploi réel dans ce cas. Le vrai calibre, c'est la machine qui doit recevoir l'outil et le métal à travailler sous la direction d'une main expérimentée.

L'ouvrier mécanicien doit s'appliquer à connaître, tous les outils, à les forger légers, sans excès de matière à enlever à la lime ou à la meule, et suffisamment résistants au travail pour lequel ils sont destinés tout en leur conservant un aspect gracieux. Il est même bon et indispensable dans chaque atelier d'avoir un tableau sur lequel sont disposés des modèles en bois donnant la forme que chaque outil doit avoir, de façon à guider l'ouvrier dans l'exécution.

Les outils minces et d'une certaine largeur ne doivent pas être rebattus, on coupe la partie défectueuse tout simplement, et on les retrempe. On ne doit jamais utiliser les deux extrémités d'un outil, ce qui est dangereux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les outils de tour, la première règle à observer consiste à placer l'arête tranchante dans le plan de la face supérieure. Cette condition résulte de la nécessité d'attaquer le métal suivant une génératrice. Pour cela cette arête doit être parallèle à l'axe du tour (fig. 1) et, portant de la face supérieure de l'outil. Ce parallélisme est obtenu avec le plus d'exactitude possible, lorsque la condition indiquée plus haut est remplie ; il suffit d'appliquer l'outil contre la face plane pour vérifier l'affûtage. Il est évident du reste que pour un outil travaillant par la pointe seulement, un outil à passe par exemple, cette règle n'a pas besoin d'être rigoureusement suivie.

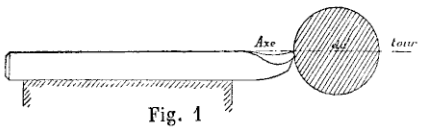


Fig. 1

En second lieu on doit dégager la pointe de l'outil de façon à assurer au copeau un libre développement.

Enfin la coupe de l'outil doit être étudiée de façon à laisser à celui-ci une résistance suffisante et proportionnelle à la dureté du métal et aux dimensions du copeau, tout en conservant une acuité convenable.

Après avoir examiné attentivement la façon de procéder de chacun et les nombreuses expériences qu'il m'a été donné de faire à ce sujet, cela m'a donné la facilité d'établir approximativement, pour les principaux outils, des formes générales indiquées ci-après, que j'ai reconnues les meilleures, et d'adopter pour les tranchants des angles que je désignerai par la lettre A et dont les valeurs sont :

Pour l'acier.	60 à 70°
Pour le fer	50 à 65°
Pour la fonte	70 à 80°
Pour le bronze	80 à 85°

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La pratique indique pour chaque cas particulier, à quel nombre on doit s'arrêter entre ces valeurs extrêmes.

Quel que soit le métal à travailler, on doit autant que possible placer le tranchant de façon à ce qu'il ne plonge pas dans la matière pour éviter le broûtage, il doit plutôt en sortir qu'y entrer. Les outils à fileter seuls font exception à cette règle et sont placés sur l'axe pour obtenir plus de régularité et d'exactitude comme nous le verrons par la suite.

Dans tous les outils, pour que la partie inférieure ne talonne pas, elle ne doit pas dépasser la tangente par le point attaqué, la figure 2 fait voir qu'en adoptant comme distance au-dessus du centre, une valeur constante *h* quoique très faible, la tangente est d'autant plus inclinée sur l'axe OX que le diamètre est plus petit par conséquent un outil préparé pour le grand diamètre, talonnera inévitablement pour le petit diamètre.

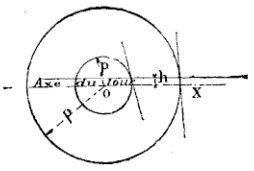


Fig. 2

Outils de tour et au fer.

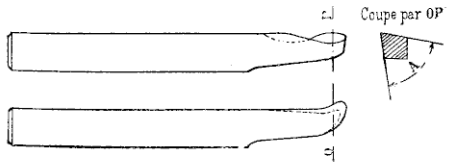


Fig. 1
Outil de tour à aléser.

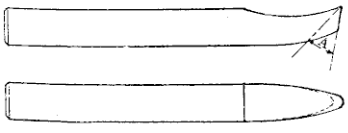


Fig. 2
Outil de tour à charioter.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

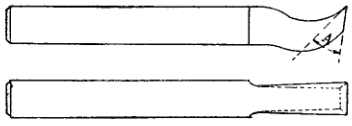


Fig. 3
Outil de tour
à défoncer.

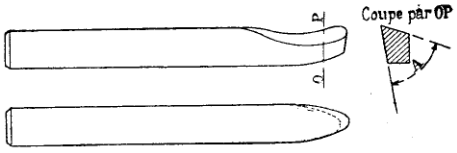


Fig. 4
Outil de tour
à passe
(côté gau-
che).

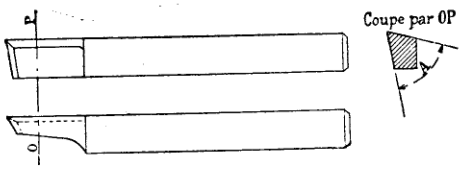


Fig. 5
Outil de tour
à dresser.

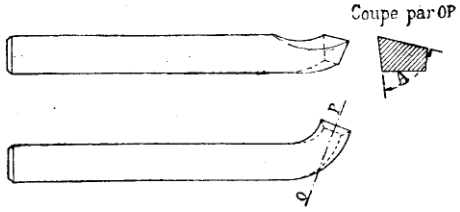


Fig. 6
Outil de tour
à dresser
en bout.

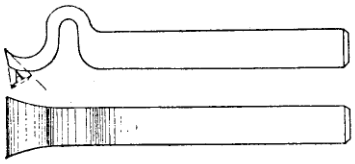


Fig. 7
Plane.

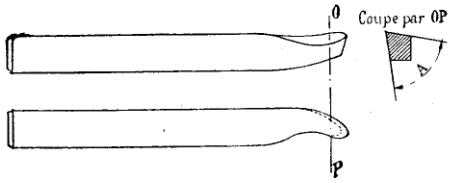


Fig. 8
Outil de tour
pour congé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

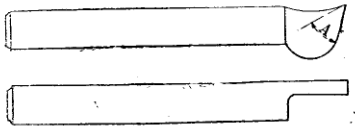


Fig. 9
Outil de tour
à saigner.

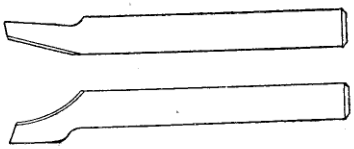


Fig. 10
Outil de tour
à couteau droit.



Fig. 11
Outil de tour
à couteau cintré.

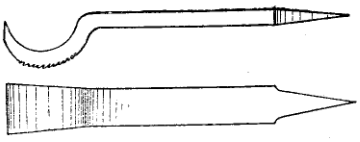


Fig. 12
Plane à main.

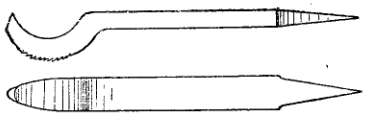


Fig. 13
Crochet.

Outils de tour au cuivre. Pour le travail du cuivre tous les outils servant à finir doivent être affilés sur une pierre à l'huile à grain très fin, pour éviter de rayer le métal.

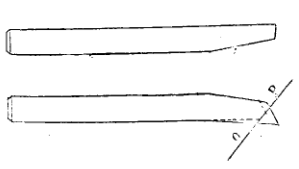


Fig. 1
Outil de tour au cuivre
à passe.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Fig. 2. — Plane.

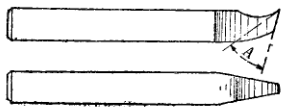


Fig. 3
Outil de tour au cuivre
à charioter.



Fig. 4
Outil de tour au cuivre
à dégrossir extérieurement
à la main.

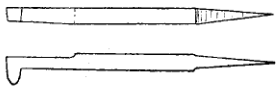


Fig. 5
Outil de tour au cuivre
à dégrossir intérieurement
à la main.



Fig. 6 et 7. — Planes à la main d'extérieur.

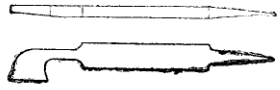


Fig. 8
Plane à main d'intérieur.

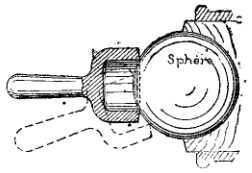


Fig. 9. — Plane à boule.

Outils à fileter. Les outils à fileter sont exactement calibrés suivant la section droite du filet et le talon doit se profiler suivant l'hélice moyenne de façon à s'engager dans les creux formés par la partie active. Pour obtenir plus de régularité et d'exactitude, l'outil doit être placé au centre, comme nous l'avons déjà vu. Cette règle est obligatoire. La longueur (fig. 1) des portions *d'* horizon-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tales *ab*, *cd*, *ef*..., interceptées par deux circonférences concentriques, augmentant au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre, un même outil produirait des filets d'autant moins profonds, qu'il serait placé à une plus grande distance de l'axe De plus, les côtés du filet dont le profil est déterminé d'avance, se rapportent à la section médiane et ne peuvent servir par conséquent à établir une section horizontale quelconque.

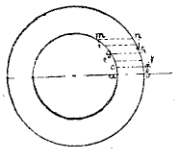


Fig. 1

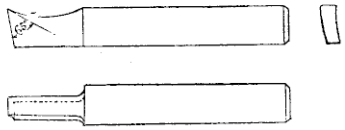


Fig. 2
Outil à fileter
extérieurement carré.

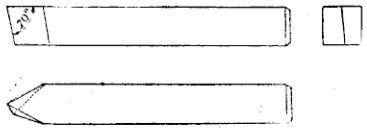


Fig. 3
Outil à fileter.

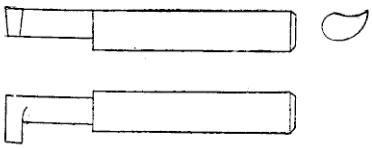


Fig. 4
Outil à fileter
intérieurement carré.

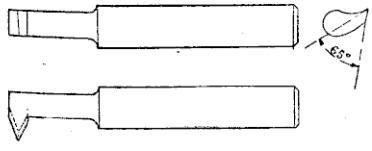


Fig. 5
Outil
à fileter intérieurement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

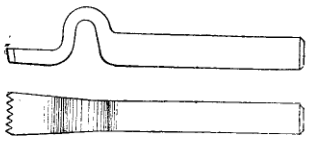


Fig. 6
Outil à fileter les pas jusqu'à 3 millimètres.

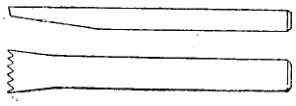


Fig. 7
Outil à fileter les pas de 3 à 5 millimètres.

Outils à raboter.

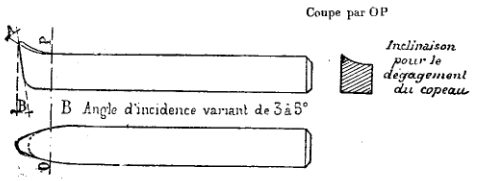


Fig. 1
Outil à charioter.

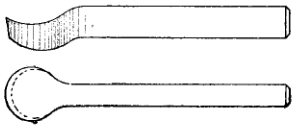


Fig. 2
Outil à raboter à cuillère.

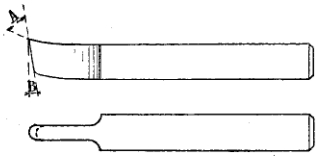


Fig. 3
Outil à défoncer.



Fig. 4
Outil à raboter à congé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

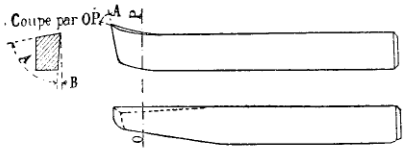


Fig. 5
Outil à raboter de côté.

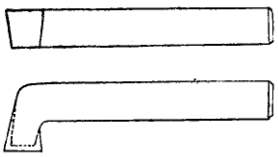


Fig. 6
Outil à rainer de côté.

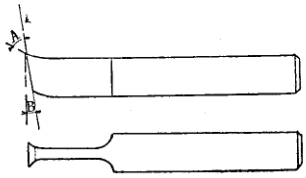


Fig. 7
Outil à soigner.

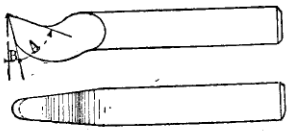


Fig. 8
Outil à charioter.

Outils à mortaiser.

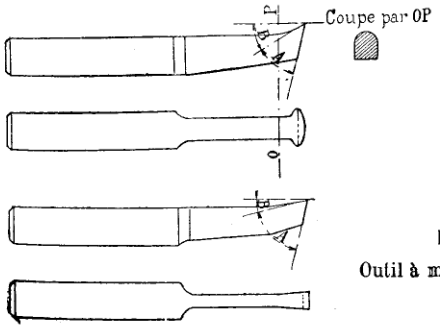


Fig. 1
Outil à mortaiser rond

Fig. 2
Outil à mortaiser carré.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

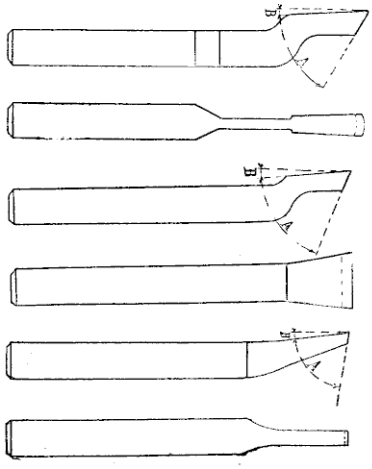


Fig. 3
Outil à talon demi rond

Fig. 4. — Plane.

Fig. 5
Outil à clavetage.

Outil destiné à faciliter le taraudage à la main de vis ordinaires. Il arrive très souvent que l'on a besoin de tarauder ou de rafraîchir le taraudage de vis ordinaires. A cet effet on se sert d'un outil A (fig. 1) tout en fer. Au simple examen de la figure, il est facile de se rendre compte que cet outil qui est d'une seule pièce possède deux parties C destinées à reposer sur les mâchoires de l'étau dans lequel on le serre; d'une ouverture D nécessaire pour le passage de la vis à tarauder et d'une clavette conique B qui entre dans la rainure de la tête de la vis, et qui la fixe solidement contre la fraisure du trou supérieur de l'outil. Ainsi fixée une vis quelconque peut être taraudée comme un boulon ordinaire.

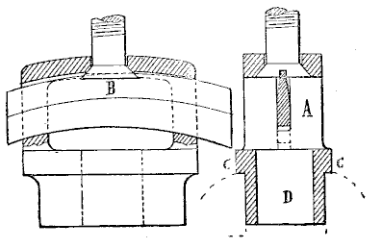


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

P

Palan. Le *palan* est un assemblage de poulies et de cordages ou de chaînes destiné à exécuter des manœuvres et à mouvoir de pesants fardeaux.

Les plus simples sont :

Le palan à corde et le palan à chaîne sans fin ou différentiel.

Le *palan ordinaire* (fig. 1) est formé par l'ensemble de deux moufles contenant un même nombre de poulies. La moufle supérieure doit être fixe et celle inférieure mobile et munie d'un crochet destiné à supporter la charge que l'on veut monter ou descendre. Une corde fixée à un anneau adapté à la moufle supérieure vient s'enrouler sur la gorge de la première poulie de la moufle inférieure puis elle remonte pour passer dans la gorge de la poulie correspondante de la moufle supérieure, elle redescend pour s'engager sur une autre poulie et ainsi de suite en passant des poulies fixes aux poulies mobiles.

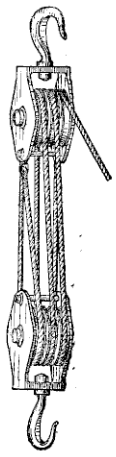


Fig. 1

La puissance agit dans une direction quelconque à l'extrémité de la corde qui passe sur la dernière poulie fixe ; ce brin a reçu le nom de *garant* et la partie de la corde qui va d'une poulie à une autre celui de *courant*.

Si les moufles renferment chacune quatre poulies par exemple, et que la charge à élever soit de 200 kilogrammes, la puissance qui doit agir à l'ex-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trémité du garant pour faire équilibre à la résistance sera de $\frac{200}{8} = 25$ kilogrammes.

Si les moufles ne renferment chacune que trois poulies, la puissance qui doit agir à l'extrémité du garant sera de $\frac{200}{6} = 33^{k},333$.

En assemblant un certain nombre de palans, il est facile d'arriver avec un effort relativement faible, à faire équilibre à un poids très considérable.

Il faut avoir soin de toujours en vérifier les cordes et ne pas vouloir enlever plus lourd que la force poinçonnée. Les axes doivent être graissés et changés s'ils sont usés. La puissance maximum d'un palan doit être poinçonnée bien visiblement sur l'une des moufles, préférablement sur celle mobile ou bien encore sur chaque crochet, dans le cas d'un procès pour accident quelconque, sans cette précaution un industriel peut perdre tous ses droits.

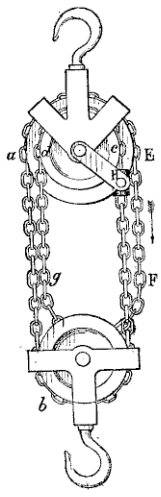


Fig. 2

Le *palan différentiel* (fig. 2) est une modification du palan ordinaire et le remplace avantageusement dans beaucoup de circonstances, principalement lorsqu'on dispose d'une faible force.

Cet appareil comprend : 1° une moufle fixe composée de deux parties de différents diamètres montées sur un même axe ; 2° une moufle mobile munie d'un crochet destiné à supporter le poids à enlever et 3° une chaîne sans fin réunissant les deux organes précédents.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les deux poulies de la moufle supérieure sont solidaires l'une de l'autre et la chaîne occupe la position suivante *abcd*, les deux brins se réunissent pour former une chaîne sans fin sur laquelle on agit. En tirant le brin EF on fait monter le fardeau et le contraire se produit si l'on agit sur le brin *dg*.

Pour éviter le glissement de la chaîne sur les poulies supérieures ayant pour conséquence la descente de la charge, on a disposé sur les rainures ou gorges pratiquées sur leur circonférence, des saillies analogues aux dents d'engrenages, chaque anneau de la chaîne vient s'y engager exactement, ce qui rend le glissement impossible. Malgré cela on peut y ajouter un guide mobile et articulé en fonte H qui empêche la chaîne de s'échapper de sa gorge. Si les anneaux viennent par une cause inconnue à être tordus, il faut avoir soin de les redresser et même les couper et les souder à nouveau si cela est nécessaire. Quant au pas de la chaîne si l'on veut s'en rendre compte pour en savoir la valeur, on prend une longueur d'un mètre par exemple, on détermine le nombre de maillons qui existe dans cette longueur, et on la divise par la moitié de ce nombre ce qui donne le pas cherché.

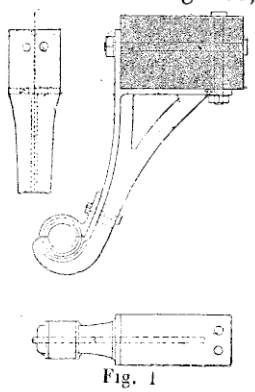


Fig. 1

Palier. Pour assurer le mouvement de rotation autour d'un axe fixe, on se sert d'un arbre tournant. L'arbre possède sur sa longueur ou à ses deux extrémités deux tourillons qui s'engagent généralement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dans des coussinets qui sont fixés dans des pièces affectant différentes formes et qui ont reçu le nom de *palier*, *chaise* (fig. 1) *support*, etc., mais dont le principe est toujours le même. Le palier le plus ordinaire est celui représenté par la figure 2.

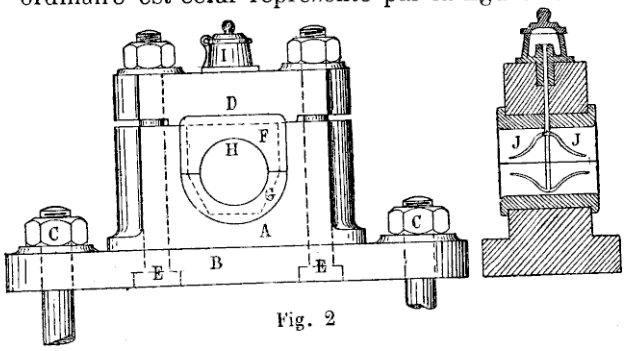


Fig. 2

A, palier ; B, semelle ; C, boulons ou prisonniers fixant le palier ; D, chapeau ; E, boulons tête noyée dans la semelle et serrant le chapeau ; F, demi-coussinet supérieur ; G, demi-coussinet inférieur ; I, godet-graisseur ; J, pattes d'araignée ; H, vide pour l'arbre.

Les paliers ainsi que leurs chapeaux sont généralement en fonte, les coussinets en bronze ou en métal blanc, quelquefois même en fonte ou en bois de gaïac.

L'ajustage des coussinets, leur alésage et le dégauchissage du tout, sont autant de travaux qu'il ne faut pas négliger pour obtenir un montage fait dans de bonnes conditions.

Palier Piat. A l'article graissage et suivants, j'ai déjà parlé des principaux systèmes employés, mais ici je ne puis passer sous silence le palier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Piat (fig. 1 et 2), qui réalise les avantages de la *mèche en coton* sans en avoir les inconvénients.

Je vais donc décrire ce système afin d'en faire bien apprécier toute la valeur.

Tout le monde sait que l'huile monte dans la mèche en coton par le phénomène de la « capillarité » qui n'est autre que l'attraction moléculaire exercée entre un solide et un liquide : chacun des filaments de coton représente un tube « capillaire » (fin comme un cheveu) et, d'après les lois qui régissent ce phénomène, pour les liquides qui mouillent les tubes il y a ascension et cette ascension est en raison inverse du diamètre des tubes.

Fig. 3

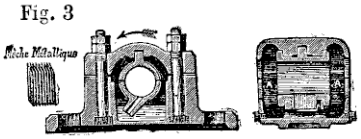


Fig. 1

Fig. 2

Examinons la chose pratiquement et supposons un tube en *cuivre* au lieu d'un tube en coton et suffisamment fin pour que la capillarité puisse avoir lieu : faisons avec ces tubes un petit faisceau, on aura alors une mèche métallique qui n'aura certainement pas l'inconvénient de la « métallisation » qui se produit avec la mèche en coton, elle conservera encore, me direz-vous, l'inconvénient de l'obstruction possible causée par les impuretés de l'huile et de celles contenues dans l'air ambiant, aussi ce n'est pas à cette forme de faisceau tubulaire que s'est arrêté M. *Piat*. Il a utilisé, pour les paliers spécialement, une autre forme de la capillarité, celle qui résulte du rapprochement, jusqu'à un angle extrêmement aigu, des parois d'une feuille de cuivre mince. En faisant à cette feuille des plis nombreux, très légèrement ouverts (fig. 3), il a obtenu

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un faisceau longitudinal de surfaces capillaires allant de O à la plus grande limite de la capillarité. Il est donc facile de se rendre compte par ce qui précède qu'avec cette disposition que j'ai tenu à signaler, toute obsbruction devient impossible et comme résultat il y a grande économie en huile et notable diminution dans les frottements, le graissage se renouvelant continuellement par la rotation même de l'arbre, la partie inférieure du palier formant réservoir. Ces paliers n'ont besoin d'être visités que tous les mois pour y ajouter un peu d'huile et nettoyés une ou deux fois par an, en les vidant par un bouchon à vis disposé à la partie inférieure.

Quoique le graissage puisse se faire dans les deux sens de rotation il est préférable de faire tourner l'arbre suivant la flèche.

Papier et toile d'émeri. Le papier d'émeri est utilisé pour polir des pièces lorsqu'elles ont été préparées à l'avance à la lime douce, ou pour les nettoyer et enlever l'oxyde, lorsqu'elles ont déjà été polies.

Pour s'en servir on en enveloppe la lime et on fait porter cette dernière bien à plat sur la pièce à travailler en ayant bien soin de tirer les traits toujours dans le même sens et bien d'aplomb sinon on arrondit les carres ce qui est très désagréable à l'œil et mauvais pour un travail de précision.

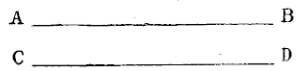
Par mesure d'économie il faut avoir soin de le déchirer par bandes bien droites lorsqu'il est hors de service et non à tort et à travers. Il est remplacé aujourd'hui avec avantage par la toile d'émeri qui est plus résistante et de plus longue durée tout en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

remplissant les mêmes conditions. Le papier et la toile d'émeri se trouvent dans le commerce sous les mêmes numéros que l'émeri en poudre.

Lorsque l'on veut avoir un poli soigné, il est bon d'ajouter sur la pièce un peu d'huile et après y avoir passé le papier le plus fin et qu'il ne reste absolument plus de gros traits, on frotte encore à l'aide d'un bois revêtu de drap ou de cuir sur lequel on met de la terre pourrie. Ce travail fait, on nettoie bien pour s'assurer qu'il ne reste pas de rayures et on donne le dernier *coup de vif* en passant à sec du rouge à polir pour obtenir un éclat éblouissant.

Parallèle. On donne le nom de parallèles à des droites AB, CD, EF qui situées dans le même plan ne peuvent se rencontrer à quelque distance qu'on les prolonge.



Pas. Le pas est la distance comprise entre les deux filets d'une vis, la valeur d'un pas est donc égale à un creux et à un plein.

Pour déterminer pratiquement la valeur d'un pas, on procède de la manière suivante : On mesure 10, 20, 30 ou 40 filets, le plus possible et on divise la longueur trouvée par le nombre de filets.

Ainsi par exemple, soit 10 filets (fig. 1) pour une longueur de 50 millimètres le pas sera donc de 5 millimètres. Si la vis est à deux filets (fig. 2), il est compréhensible que la valeur du

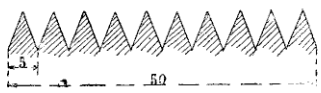


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pas sera double, à trois filets (fig. 2) elle sera triple et ainsi de suite, le filet restant le même comme épaisseur.

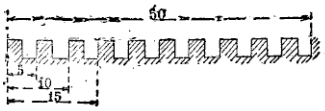


Fig. 2

On peut opérer pour prendre la longueur à vérifier soit avec un pied à coulisse dont on pose les branches sur un certain nombre de filets qui correspondent à une mesure juste, soit avec un mètre en suivant le même procédé ou encore avec une feuille de papier que l'on prend à pleine main et que l'on appuie sur la vis de façon à ce que les parties saillantes de cette dernière soient bien reproduites sur le papier, on procède de même pour un taraud si on en a d'autres à confectionner. Pour les écrous on suit les mêmes principes, seulement on introduit le mètre ou le papier à l'intérieur.

Ayant trouvé le pas d'une vis, si l'on en a une semblable à exécuter, il ne faut pas la commencer avant de s'être assuré que le tracé du filetage est bien semblable, car malgré que l'on soit monté dans les conditions voulues en apparence, il peut très bien se faire que l'on ait une légère différence en longueur provenant soit de l'instrument qui a servi à prendre les mesures, et qui souvent est plus ou moins juste, soit des vis-mères des tours, dans ce cas on rectifie le montage des roues, pour se trouver bien en rapport et on filète.

Connaissant le pas à faire, il s'agit de trouver le nombre de dents que les roues de filetage doivent avoir pour le reproduire.

La première chose à examiner, c'est de se rendre compte du pas de la vis-mère du tour dont on se sert, car c'est d'après ce pas et sur celui à faire que découlent toutes les opérations.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On distingue deux sortes de pas, le pas *direct* et le pas *indirect*.

Le pas *direct* est celui pour lequel il n'est utile que de monter trois roues de filetage (fig. 3), une sur l'arbre, une intermédiaire et une sur la vis-mère, plusieurs intermédiaires peuvent être ajoutées (fig. 4), rien ne sera changé, mais elles ne seront que conductrices.

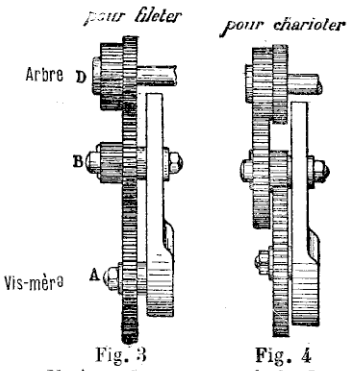


Fig. 3 Fig. 4

Ne jamais engrener à fond pour éviter la casse.

Je vais indiquer plusieurs façons de trouver les pas, soit par routine, soit par des sous-multiples comme cela m'a été démontré, ou par des règles de proportions (voir *Proportions)* qui devraient être les seules employées.

Prenons comme exemple un pas de 12 millimètres à fileter et que la vis-mère ait également un pas de 12 millimètres, on mettra une roue quelconque sur l'arbre (fig. 5) et une semblable sur la vis-mère, l'avancement sera donc le même, on peut procéder de cette façon pour n'importe quel pas de vis-mère.

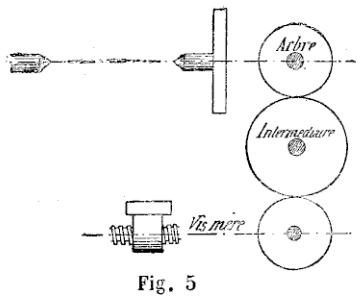


Fig. 5

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si le pas à faire est de 6 millimètres au lieu de 12 il n'y a tout simplement qu'à mettre sur l'arbre une roue d'un nombre de dents moitié moindre que sur la vis-mère, si le pas est de 4 millimètres on mettra sur l'arbre une roue d'un nombre de dents trois fois moindre que celle sur la vis-mère, et ainsi de suite.

Il peut arriver que l'on soit gêné pour faire le montage précédent, dans ce cas on est obligé d'avoir recours à un mariage et on procède comme suit (fig. 6) :

Pas à faire de 10 millimètres avec une vis-mère de 10 millimètres sur le tour. — Roue sur l'arbre 25 dents.

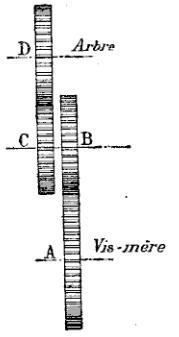


Fig. 6

$$\frac{10.00}{D\ 25} = 40 \qquad \begin{matrix} 40 \\ 20\ C \\ 80\ B \end{matrix}$$

$$\frac{D\ 25}{C\ 20} = 1{,}25 \qquad 1{,}25 \times 80 = 100 \text{ en A}$$

A	B	C	D
100	80	20	25

On peut également ne mettre que 40 dents en B en ayant soin de n'en mettre alors que 50 en A ou toute autre combinaison qui ne change en rien le pas.

Il peut se présenter que l'on ait à faire un pas ne correspondant nullement à un nombre de dents des roues d'engrenage soit 2 millim.,25 de pas à exécuter. On multiplie ce pas par 2 ce qui donne 45 qui est la roue à mettre en D, en C on met une roue de 50 dents, en B une de 25 et en A une de 100, de telle sorte que l'avancement de la vis-mère est retardé de moitié par un mariage double. Si le pas de la vis-mère est plus petit on mettra en A une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

roue en proportion de ce pas, soit de 90 dents pour 9 millimètres, 80 dents pour 8 millimètres, etc.

Soit un pas de 1 millim.,750 à faire toujours avec une vis-mère de 10 millimètres on opère de même en faisant un mariage quadruple :

$$\begin{aligned} 1{,}750 \times 4 &= 70 \text{ dents en } D \\ 80 &\quad » \quad C \\ 20 &\quad » \quad B \\ 100 &\quad » \quad A \end{aligned}$$

On suit la même marche pour des mariages quintuples, sextuples, etc.

Soit un pas de 4 millim,4 à faire avec une vis-mère de 8 millimètres sans mariage en voulant employer une roue de 60 dents, on aura :

$$60 \times 44 = \frac{2640}{80 \text{ vis-mère}} = 33$$

$$D = 33 \qquad A = 60$$

Si les roues que l'on possède n'ont pas 33 et 60 dents, l'on peut retirer un tiers, un quart, etc., de chacune d'elle ou ajouter dans les mêmes proportions ou procéder comme suit :

Pas à faire	4,4	80
	5	5
	22,0	40,0
	D	A

J'ai pris ici le chiffre 5 pour multiplicateur, j'aurais pu prendre si le cas s'était présenté un tout autre chiffre.

Au lieu de multiplier le pas par 4, par exemple, on peut aussi bien le diviser par 4, lui ajouter le résultat et multiplier cette dernière valeur par 10. Le produit obtenu on le multiplie par le pas de la vis-mère

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et on divise ce dernier résultat par le pas à faire, on a alors le nombre de dents à mettre en A.

$$\frac{4,4}{4} = 1,1 \qquad \frac{4,4}{1,1} \qquad 5,5 \times 10 = 55$$

$$55 \times 8 = 440 \qquad \frac{440}{4,4} = 100$$

$$A = 100 \qquad D = 55$$

Ce qui précède démontre assez qu'il faut toujours prendre un nombre en rapport avec le pas demandé soit pour multiplier ou pour diviser.

Soit à exécuter directement le pas de 14 millim.,4, on prend une roue de 50 dents et on multiplie ce nombre par le pas à faire, ce qui donne 720 que l'on divise par le pas de la vis-mère $8 = 90$,

$$A = 50 \qquad D = 90$$

On pourrait tout aussi bien prendre :

$$A = 25 \text{ et } D = 45.$$

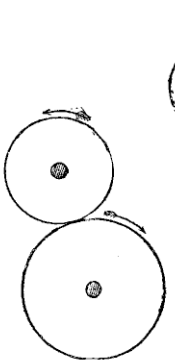


Fig. 7

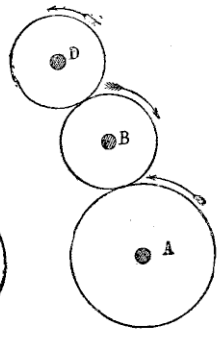


Fig. 8

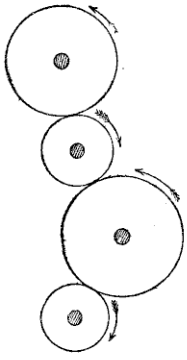


Fig. 9

Le nombre des roues intermédiaires quoique directes, ne changent en rien le pas mais peuvent

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Table de Filetage à gauche et à droite à trois roues

Vis du pas de 6 millimètres			Vis du pas de 8 millimètres			Vis du pas de 10 millimètres		
ENGRENAGES			ENGRENAGES			ENGRENAGES		
Sur l'arbre	Sur la vis	Pas	Sur l'arbre	Sur la vis	Pas	Sur l'arbre	Sur la vis	Pas
Dents	Dents	Millim.	Dents	Dents	Millim.	Dents	Dents	Millim.
15	120	» 3/4	15	120	1 »	15	100	1 1/2
20	120	1 »	15	80	1 1/2	20	100	2 »
25	120	1 1/4	20	80	2 »	25	100	2 1/2
30	120	1 1/2	25	80	2 1/2	30	100	3 »
35	120	1 3/4	30	80	3 »	35	100	3 1/2
40	120	2 »	35	80	3 1/2	40	100	4 »
50	120	2 1/2	40	80	4 »	45	100	4 1/2
60	120	3 »	45	80	4 1/2	50	100	5 »
35	60	3 1/2	50	80	5 »	55	100	5 1/2
40	60	4 »	55	80	5 1/2	60	100	6 »
45	60	4 1/2	60	80	6 »	65	100	6 1/2
50	60	5 »	65	80	6 1/2	35	50	7 »
55	60	5 1/2	70	80	7 »	40	50	8 »
60	60	6 »	60	60	8 »	45	50	9 »
65	60	6 1/2	54	48	9 »	50	50	10 »
70	60	7 »	60	48	10 »	55	50	11 »
48	36	8 »	55	40	11 »	60	50	12 »
54	36	9 »	60	40	12 »	65	50	13 »
60	36	10 »	60	32	15 »	80	50	16 »
55	30	11 »				100	50	20 »
60	30	12 »						

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en changer la direction. Ainsi en considérant le pas de la vis-mère à droite, deux roues engrenant ensemble nous donnerons 1 pas à gauche, 3 un pas à droite, 4 un pas à gauche. etc. (fig. 7, 8 et 9).

Lorsque le pas est directement en rapport avec la vis principale, il est inutile d'avoir recours à des repères aux roues et l'on peut embrayer à n'importe quelle place sans être obligé de buter le chariot, mais si au contraire le pas est indirect, c'est-à-dire si ses fractions ne sont pas en rapport direct avec la vis-mère, il est de toute nécessité de faire des repères, aux trois roues au banc et au plateau.

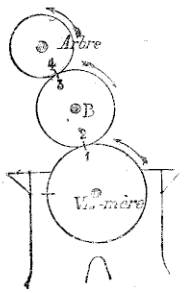


Fig. 10

La roue intermédiaire B (fig. 10) doit avoir deux repères généralement en blanc, l'un correspondant avec un autre fait sur la roue de l'arbre D et un second correspondant avec un autre fait sur la roue de la vis-mère A et qui doit être prolongé sur le côté de cette dernière qui elle-même doit en avoir un autre correspondant avec celui du banc et du plateau.

Les repères bien en place et le chariot buté il ne s'agit plus que d'embrayer pour commencer le filet. Lorsque la passe est faite, on revient en arrière, on bute le chariot et on replace les roues à leurs repères. Pour cela on démonte l'intermédiaire B, on ramène les roues D et A à leur position et on replace l'intermédiaire B de telle sorte que les repères 1, 2, 3, 4 soient bien en face les uns des autres, mais il peut se faire que celui de la roue A ne soit plus en face de celui du banc, dans ce cas il n'y a tout simplement qu'à tourner au plateau jusqu'à ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le repère de ce dernier soit en face de celui du banc et de la roue et on recommence la passe comme précédemment. Il peut arriver également que la roue soit trop petite pour faire un repère, dans ce cas on y adapte une aiguille. Si l'on exécute une roue à plusieurs filets, il est nécessaire de diviser la roue sur l'arbre principal en autant de parties que la vis à de filets et de marquer chacune de ces divisions par un trait blanc accompagné d'un numéro, il faut également que le nombre des dents de cette roue puisse se diviser exactement par le nombre de filets à faire.

Ainsi si l'on a une vis de quatre filets à faire, on divise la roue D en quatre parties égales (fig. 11) que l'on marque 1, 2, 3, 4 et si le pas est direct avec la vis-mère on commence au numéro 1 n'importe où l'on se trouve, s'il ne l'est pas on fait des repères aux trois roues, au banc et au plateau et on procède pour le premier filet comme pour une vis à un seul filet en se plaçant au repère et en butant le chariot. Le premier filet terminé, on retire la roue B, on fait faire un quart de tour à l'arbre principal et alors le repère 2 vient prendre la place du 1 pour commencer le deuxième filet, on remonte les roues bien en face leur repère, on en fait un nouveau au plateau et on procède de la même façon que pour le filet précédent et ainsi de suite pour chaque filet, y en eut-il dix à faire, en ayant bien soin de marquer un repère au plateau pour chaque filet à faire et dans

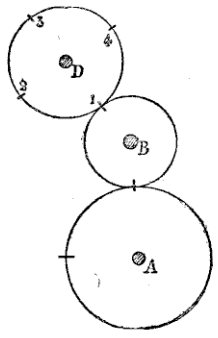


Fig. 11

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le cas où l'on veut conserver ces repères il faut les numéroter.

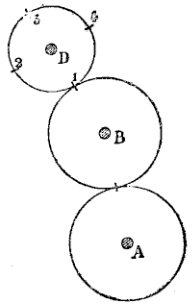


Fig. 12

Si l'on a une vis à 4, 5, 6 filets ou plus à faire et que la roue D et la roue A soient exactement divisibles par ces nombres on peut suivre le procédé suivant (fig.12) :

Ayant à exécuter une vis à quatre filets, on fait quatre repères au plateau du tour et à la roue D. On se met au repère n° 1 de cette dernière et à celui de la roue A sur le banc du tour puis l'on peut mettre en marche pour faire la première passe du premier filet, lorsqu'elle est faite on se met aux repères n° 2 et on fait la première passe du second filet, on continue de même pour les autres. On s'évite ainsi une question de montage qui fait gagner du temps.

Le pas *indirect* se calcule de différentes manières et généralement suivant l'habitude enseignée. Il doit être divisible par un sous-multiple quelconque et sans fraction au reste. Voir le tableau des sous-multiples page 698, qui fait éviter des recherches lorsque le pas et peu facile à exécuter. Soit : 2, 3, 5, 7, 11, 13, etc. Lorsque le calcul ne donne pas de fraction on peut employer les nombres qui s'y rapportent et l'opération est simplifiée.

Supposons le nombre 13, on peut tout aussi bien prendre 26, 39, 52, 65, etc. Si c'est le nombre 3, on peut prendre 6, 9, 12, 15, etc. Soit un pas de 15 millim.,3 à exécuter, la vis-mère ayant un pas de 10 millimètres. On divise 153 par 3 ce qui donne 51 que l'on multiplie par 10 pas de la vis-mère = 510.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ayant pris 3 comme diviseur du pas, les roues intermédiaires doivent avoir aussi le rapport de 1 à 3 et rien n'empêcherait de prendre 10 et 30 mais comme il n'y a pas de roues de 10 dents, on double en supposant 20 et 60, on divise 510 par 20, ce qui donne 25,5 que l'on multiplie par 60 = 1530 que l'on divise par le pas à faire ou 15,3 ce qui donne 100 comme résultat. Les roues à employer sont donc :

A	B	C	D
100	60	20	51

Si le pas à faire est très rapide et d'une petite longueur, au lieu de démonter la roue intermédiaire, il ne s'agit tout simplement que de se rendre compte dès la première passe faite, du nombre de tours nécessaire au plateau pour se remettre au repère des roues et du plateau. Alors on fait un nouveau repère au plateau et en avant qui n'a plus de rapport avec les roues, mais avec le nombre de tours qu'il doit faire de façon que chaque passe faite on doit revenir buter le chariot et tourner au plateau le nombre de tours nécessaires et recommencer pour la passe suivante, et ainsi de suite. De cette manière les repères reviennent toujours occuper leur position respective. On peut vérifier par le calcul, ainsi soit : une vis-mère de 10 millimètres et un pas à faire de 48 millimètres à 5 filets.

La roue à mettre en D est de 48 dents, et la course du chariot devrait être de 480 millimètres en 10 tours du plateau pour pouvoir embrayer dans le cas où ce pas ne serait pas en rapport avec la vis du tour. Dans le but de ne pas perdre de temps, on ne fait faire que 5 tours au plateau au lieu de 10, 1 pour la passe et 4 à vide, 5 peuvent être employés

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ici parce que la course de 480 peut être partagée en deux, soit 240. Dans le cas où le pas ne serait pas en rapport direct avec la vis-mère on serait obligé de n'embrayer qu'à 480.

Alors les repères 1, 2, 3, 4, 5 sont à placer en arrière du plateau, afin que le repère du nombre de tours soit facile à distinguer, et ce repère doit être changé à chaque filet à exécuter.

480	4,8	100		480	5	96	4,8
060	100	50		030	96	00	20
		5000		00			
A		B		C		D	
20		100		50		48	

Chaque repère est nécessaire, mais souvent les ouvriers procèdent de différentes façons.

Ainsi par exemple, soit un pas de 87 millimètres à faire avec 5 filets, la vis-mère ayant 10 millimètres.

Pour travailler à trois roues, on doit mettre 87 dents en D sur l'arbre et 10 dents en A sur la vis-mère, mais comme il n'y a pas de roues avec 10 dents, forcément on la remplace par une de 20 et on double par un mariage 45 et 90 ce qui donne le même résultat, mais il est à remarquer que nous avons 5 filets à faire et que 87 dents en D n'est pas divisible par 5, on y met donc celle de 90, et celle de 87 mariée avec celle de 45 (fig. 13), ces roues pouvant changer de place sans modifier le pas comme nous l'avons vu précédemment.

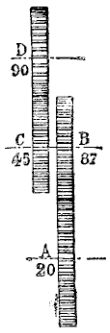


Fig. 13

Ceci fait, on se reporte aux repères déterminés comme ceux du filetage précédent, en remarquant qu'ici le pas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

n'est pas en rapport avec la vis. Chaque passe faite, le chariot doit être ramené en arrière contre sa butée et embrayer la poulie du tour s'il marche par engrenages, de façon à faire revenir le repère du devant du plateau à sa place, ou bien ramené à la main s'il fonctionne à la volée, l'écrou de la vis du chariot, ce dernier étant débrayé.

Ensuite il faut se porter aux roues de filetage qui reviennent chaque fois à leur repère, moins celle de la vis, retirer un peu en avant les deux roues mariées, tourner la vis à la main pour ramener sa roue au repère de celle mariée et remettre en marche.

Pour éviter des pertes de temps et avoir une division des filets juste, on peut ajouter et fixer solidement un plateau mobile E (fig. 14) sur le plateau fixe F qui lui-même est adapté au nez du tour et avoir des divisions pour chaque filet que l'on veut faire, soit en employant le déplacement à verrou ou un autre système, ce procédé facilite beaucoup pour trouver les pas de vis où l'on est obligé d'avoir des roues se divisant exactement par le nombre de filets à faire.

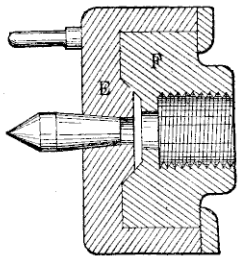


Fig. 14

Pour aller plus vite, dans l'exécution d'un filetage on doit avoir une transmission donnant: 1° la marche normale en avant; 2° l'arrêt et 3° une marche à double vitesse en arrière. De cette façon on fait un bon tiers de travail en plus.

Pour embrayer à n'importe quel point et retomber toujours dans le même filet il faut que le pas que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on fait soit en rapport direct avec la vis-mère, mais il n'est pas utile qu'il soit un sous-multiple du pas de la vis-mère pour qu'il soit en rapport direct avec ce dernier. Ainsi pour une vis-mère de 12 millimètres, le cinquième, le quart, etc., donnent des pas qui à première vue ne semblent pas en rapport direct, et qui le sont effectivement.

Également, si on se sert d'une vis-mère avec pas anglais de 1/4, de 1/2 pouce, etc., qui nous donne 6,35, 12,70, etc., et que l'on ait des pas métriques à faire, il faut avoir soin de ne pas comparer les pas avec les vis-mères, on doit comparer les roues entre elles pour obtenir des pas en rapport direct avec celui de la vis-mère de façon à embrayer à n'importe quel point et pouvoir retomber toujours dans le même filet.

Dans ce cas il faut donc :

1° Que le pas de la vis que l'on veut avoir soit plus petit que celui de la vis-mère.

2° Que la roue de l'arbre principal soit un sous-multiple de la roue fixée sur la vis-mère comme 20 et 60, 30 et 90, etc. Ceci est parfaitement exact car 20 est à 1, comme 60 est à 3, etc.

Si l'on se sert d'autres roues pour mettre en marche et retomber dans le même filet, il faut se rendre compte du plus petit chemin que le chariot a à parcourir et pendant ce trajet, la vis-mère et l'arbre principal doivent faire un nombre déterminé de tours, mais exacts.

Soit une roue de 35 dents en D et 100 en A le plus grand commun diviseur de ces deux nombres est 5 ce qui donne :

$$\frac{35}{5} = 7 \quad \text{et} \quad \frac{100}{5} = 20$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Donc D fera 20 tours et A 7 tours, la proportion sera la suivante :

$$35 : 7 :: 100 : 20.$$

Mais si au lieu d'employer 35 j'employais 40, j'obtiendrais :

$$40 : 2 :: 100 : 5$$

D ferait 5 tours et A 2 tours.

Si l'on a une vis-mère de 12 millimètres par exemple, dans le premier cas, elle fera déplacer le chariot de $12 \times 7 = 84$ millimètres, tandis que dans le second cas, elle ne le fera déplacer que de $12 \times 2 = 24$ millimètres.

Lorsque l'on connaît la plus petite longueur à parcourir, il ne s'agit tout simplement que de la multiplier par 2, 3, 4, 5, etc., suivant la longueur à fileter, étant dans les mêmes proportions, on retombera toujours dans le même filet.

Dans l'exécution d'un filetage, il ne faut mettre en marche et ne commencer qu'au point le plus convenable. La longueur à fileter terminée, on arrête, on fait un repère au blanc, soit sur la pièce même, soit sur le banc du tour, on ramène le chariot au point voulu, on fait encore un repère au banc et on remet en marche et ainsi de suite, c'est la meilleure manière d'opérer pour les pas à trois roues.

Pour les pas à quatre roues s'il faut employer des roues avec un nombre de dents qui soit premier, comme 23, 29, 31, 37, etc., et n'avoir qu'un petite longueur à fileter, dans ce cas le renvoi ou le repère aux roues devient impossible.

1er Exemple : $\frac{\text{D } 40}{\text{C } 30} \quad \frac{\text{B } 12}{\text{A } 75}$

je divise les deux premiers par leur p. g. c. d. 10 ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la roue D fera donc 3 tours pendant que C en en fera 4, la roue B étant mariée avec cette dernière, elle fera donc aussi 4 tours. Mais cette dernière a 12 dents nombre que je multiplie par 4 ce qui me donne 48, dernier résultat avec lequel je ne puis obtenir un rapport puisque ce chiffre est inférieur à 75, nombre de dents en A.

Les divisant alors par 3 leur p. g. c. d., j'ai alors 25 tours pour la roue B d'une part et 4 précédemment, en les multipliant l'un par l'autre, j'obtiens 100 pour B et également pour C, 75 pour D et 16 pour A.

2e Exemple (fig. 15). — Si on emploie les roues

$$\frac{D\ 70}{C\ 50}\quad\frac{B\ 45}{A\ 90}$$

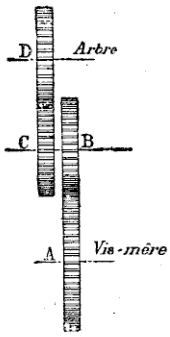


Fig. 15

On peut procéder à l'inverse du précédent toujours en suivant le même principe. Soit A qui fait 7 tours, B fera $\frac{7 \times 90}{45} = 14$ tours, mais C étant mariée avec B fera également 14 tours et D fera alors :

$$\frac{50 \times 14}{70} = 10 \text{ tours.}$$

pour l'arbre principal. De cette façon on peut s'assurer de la valeur des pas, supposons par exemple que la vis-mère ait 12 millimètres, le pas sera donc de 8 millim.,4 qui multiplié par 10 donnera 84 millimètres comme les 7 tours de A.

Il faut se rendre compte aussi si la combinaison des pas à quatre roues ne pourrait pas être remplacée par celle à trois roues. Je prends pour exemple le pas de 48 millimètres cité précédemment en considérant la vis à un seul filet. Dans ce cas on utilise-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rait les roues 48 et 10, on chercherait leur p.g.c.d. ce qui nous donnerait 24 pour la vis-mère qui a le pas de 10 millimetres, il est facile de voir alors que le chariot peut se reculer à 240 millimètres et comme conséquence à tous ses sous-multiples.

Pour trouver le nombre de dents aux roues de filetage on peut également employer le procédé suivant. (Pas de la vis-mère 10 millimètres).

Soit un pas à exécuter de 5 millim.,875, je divise le pas par son sous-multiple 5 = 1,175, je multiplie ce résultat par une roue supposée de 80, ce qui donne 94. Le pas ayant été divisé par 5, je suppose une roue de 50 dents divisée par 80 (première roue supposée) et j'ai comme résultat 6,25 qui multiplié par 94 donne 587,5 lequel nombre divisé par le pas à faire donne 100.

5,875	5 D			1,175	
08	1,175			80 C	
37				94,000	
025				B	
00					
500	80		6,25	587,500	5,875
0200	6,25		94	000 000	100 A
0400			2500		
000			5525		
			587,50		

A	B	C	D
100	94	80	50

Soit le pas de 15 millim.,3 cité précédemment à exécuter d'une autre façon ayant toujours une vis-mère de 10 millimètres.

153	45	45	450	25
0180	34	10	200	18
000		450	00	

57

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

34
18
272
34
612

612 | 15,3
000 | 40

Les roues à employer doivent donc être :

A	B	C	D
40	45	25	34

Pas de 3 millim.,72 à exécuter avec une vis-mère de 10 millimètres.

10
30
300

300 | 50
00 | 6

62
6
372

372 | 100
0720 | 3,72
0200
000

Les roues à employer doivent donc être de :
100, 62, 50, 30.

Avec une vis-mère de 6 millimètres.

3,72 | 6
0 12 | 12
0

60
62
120
360
3720

3720 | 24
132 | 155
120
00

155
48
1240
620
7440

7440 | 372
0000 | 20

Les roues à employer doivent donc être de :
20, 48, 24, 62

Pas de 6 millim.,5 à exécuter avec une vis-mère de 25 millimètres et des roues superposées.

26
25
130
52
650

650 | 50
150 | 13
00

13
45
65
52
585

585 | 90
450 | 6,5
00

Les roues à employer doivent donc être de
90, 45, 50, 26.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vérification :

45 B	1170	90 A	29250 | 4500
29 D	25	50 C	22500 | 6,5
270	5850	4500	0000
90	2340		
1170	29250		

Dans le cas, où l'on ne trouverait pas facilement le pas en opérant comme précédemment, on peut suivre le procédé suivant :

Soit un *pas de 9 millim.,61 à exécuter avec une vis-mère de 18 millimètres.*

On cherche un sous-multiple que l'on multiplie par un autre ou par lui-même, ce qui est plus simple, lorsque cela se peut, pour avoir la valeur du pas, et un autre qui donne celui de la vis-mère.

31					
31					
31	60	A	B	C	D
93	30	30	31	60	31
961	1800 vis-mère.				

Vérification :

31	961	17298 | 1800
31	18	10980 | 9,61
31	7688	001800
93	961	0000
961	17298	

Soit un *pas de 12 millim ,5, la vis-mère ayant 15 millimètres.*

50	50				
25	30				
250	1500	A	B	C	D
100		30	25	50	50
1250					

On peut suivre ce principe pour tous les pas à faire et pour tous les pas de vis-mère.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pas de 30 millimètres à exécuter avec une vis-mère de 12 millimètres. — Roues supposées.

70	840 | 10	30	1560 | 10
12	040 | 84	52	056 | 156
140	00 42	60	060 78
70	21	150	00 39
840		1560	

Les roues sont donc : 21, 39, 52, 70.

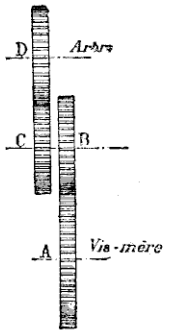


Fig. 16

En résumé la façon de trouver les pas n'est qu'une application des proportions en ayant soin de se bien persuader de la position qu'occupe les pièces désignées ci-dessous (fig. 16):

A roue commandée placée sur la vis-mère.

B roue commandeur placée sur l'axe de la coulisse.

C roue commandée placée sur l'axe de la coulisse.

D roue commandeur placée sur l'arbre.

Dans le cas où le montage des roues n'est pas facile on peut très bien changer la roue A avec C et la roue B avec D, le résultat ne changera pas.

Soit un *pas de 4 millim.,5 à exécuter avec une vis-mère de 12 millimètres*, on peut s'il est nécessaire multiplier ou diviser les deux commandeurs et les deux commandées par le même nombre, sans nuire en aucune façon au résultat.

30 D	32 C	
40 B	100 A	
1200	3200	
12 vis-mère		
2400	14400	3200
1200	016000	4,5
14400	00000	

Il faut multiplier les deux commandeurs B et D, l'une par l'autre, et multiplier le résultat par la vis-mère ce qui donne 14400, que l'on divise

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par le produit des deux commandées A et C, ce qui donne le pas de 4 millim.,5,

En multipliant les quatre roues par le même chiffre, soit 2, on aura :

$$A = 100 \times 2 = 200 \qquad B = 40 \times 2 = 80$$
$$C = 32 \times 2 = 64 \qquad D = 30 \times 2 = 60$$

80	4800	200	57600 | 12800
60	12 vis-mère	64	064000 | 4,5
4800	9600	800	00000
	4800	1200	
	57600	12800	

En divisant les quatre roues par le même chiffre, soit 2, on aura :

$$A = \frac{100}{2} = 50 \qquad B = \frac{40}{2} = 20$$
$$C = \frac{32}{2} = 16 \qquad D = \frac{30}{2} = 15$$

20	300	50	3600 | 800
15	12 vis-mère	16	04000 | 4,5
100	600	300	0000
20	300	50	
300	3600	800	

Si pour une cause ou pour une autre, on ne peut pas placer les roues, on peut donc faire subir à la première combinaison trouvée, tous les changements que l'on fait subir aux termes d'une combinaison arithmétique.

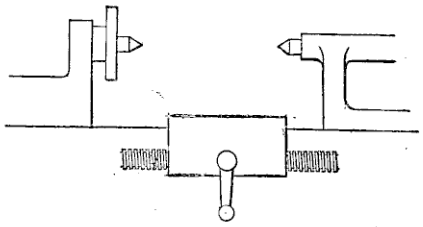


Fig. 17
Buttage du chariot.

Si l'on filète à droite, il est d'usage de mettre des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cales entre la poupée mobile et le chariot (fig. 17), si l'on filète à gauche c'est entre le chariot et la poupée fixe qu'il faut les mettre. Seulement ces cales ont l'inconvénient quelquefois de laisser passer les copeaux entre elles et leur point d'appui, ce qui donne une mauvaise reprise de filet, c'est pourquoi il est préférable de se servir d'une vis taraudée dans chaque poupée, de cette façon on règle la course instantanément et les copeaux n'ont plus raison de donner lieu à aucun inconvénient.

Pas de 25 millimètres à exécuter. — Vis de 10 millimètres.

				25		40
				‖		‖
Vis du tour. . .		10.0	:	5	=	20
				×		×
				5		2
				×		×
Pas à exécuter. .		25.0	:	10	=	25
				‖		‖
				50		50

Donc les roues doivent être :

40	50	25	50
A	B	C	D
20	50	25	25

Soit 10 pas de la vis-mère auquel on ajoute un zéro pour faciliter ces opérations et que l'on divise par 5 = 20.

25 pas à exécuter auquel on ajoute également un zéro que l'on divise par 10 = 25.

Multipliant ces nombres dans le sens vertical par un chiffre commun entre eux, nous avons $5 \times 5 = 25$, $5 \times 10 = 50$ et 20 et 25×2 donnent 40 et 50. Il est à remarquer que les chiffres 5 et 2 peuvent être remplacés par d'autres suivant les besoins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pas de 8 millim.,1 à exécuter. — Vis-mère de 12 millimètres

On cherche le sous-multiple du pas et celui de la vis et on dispose l'opération comme suit :

$$\frac{81 = 9 \times 9}{120 = 10 \times 12}$$

Vérification :

$$9 \times 9 = 81$$
$$8{,}1 \times 120 = 972$$
$$\frac{972}{120} = 8{,}1.$$

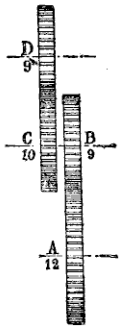


Fig. 18

Les roues B et D peuvent être changées, ainsi que A et C (fig. 18), le résultat restera le même.

Pas de 15 millim.,5 avec une vis de 10 millimètres.

$$\frac{155}{100} = \frac{31 \times 5}{20 \times 5}$$

Multipliant 155 par 10 et divisant le produit par 100, on à 15,5 pas de la vis-demandée.

Observation. — Multiplier ou diviser par le même nombre un des numérateurs et un des dénominateurs ne change en rien le résultat.

Multiplier et diviser un dénominateur et un numérateur, avec ou sans correspondant ne change en rien le résultat, soit :

$\frac{31 \times 5}{20 \times 5}$ peut devenir $\frac{31 \times 50}{20 \times 50}$ ou $\frac{62 \times 50}{40 \times 50}$ ou $\frac{62 \times 100}{80 \times 50}$

Ainsi $62 \times 100 = 6200 \times 10$ pas de la vis-mère $= = 62000$ divisé par 80×50 ou $4000 = 15{,}5$ comme précédemment.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Soit à trouver le *pas de 62 millim.,5 avec une vis-mère de 12 millim.,8 et deux mariages.*

$\frac{62.50}{12.80}$ Examinons avec le sous-multiple 5,

6250	5		
12	1250	5	Cherchons encore le sous-multiple de 1250.
025	025	250	
00	00		

On a donc pour numérateur $250 \times 5 \times 5$.

Opérant de même pour le dénominateur

1280	4		
08	320	4	On a : $80 \times 4 \times 4$
00	00	80	

$\frac{250 \times 5 \times 5}{80 \times 4 \times 4}$ peut devenir $\frac{125 \times 5 \times 5}{40 \times 4 \times 4}$

ou encore

$$\frac{25 \times 25 \times 5 \times 12.8}{40 \times 4 \times 4}$$

Vérification. — Il faut multiplier les numérateurs entre eux et le produit par le pas de la vis-mère.

$25 \times 25 \times 5 = 3125 \times 12{,}8 = 40000$

que l'on divise ensuite par le produit des dénominateurs $40 \times 4 \times 4 = 640$.

40000	640
01600	62.5
03200	
0000	

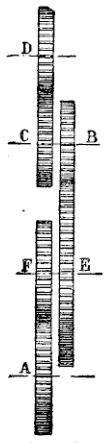


Fig. 19

25	se fixe	en	D	en	B	ou F
25	»		B	»	F	» D
50	»		F	»	D	» B
40	»		C	»	E	» A
40	»		E	»	A	» C
40	»		A	»	C	» E

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quoique les proportions ne soient plus d'usage en arithmétique et que le programme officiel prescrive même de ne pas s'en servir, il n'en est pas moins vrai que la connaissance de leurs principales propriétés facilitera et abrégera à l'ouvrier mécanicien, la recherche de tous les pas possible, dans le calcul des engrenages qui n'est qu'une simple règle de proportion dont le principe est celui-ci :

Le pas à exécuter est au pas de la vis-mère comme le pignon de l'arbre du tour est à la roue de la vis-mère.

Soit un pas de 3 millimètres à exécuter avec une vis-mère de 12 millimètres.

3 : 12 :: 25 : 100

A première vue il est bien facile de voir que le produit des extrêmes est égal au produit des moyens $3 \times 100 = 12 \times 25$. Ceci est pour le filetage à trois roues et même à deux, parce que nous savons parfaitement que l'intermédiaire peut être supprimée ou posséder un nombre quelconque de dents sans rien changer à l'opération, c'est pourquoi cette roue n'entre jamais en ligne de compte dans les calculs.

Pour le cas précédent avec trois roues, on aura : pignon 25 et roue sur la vis-mère 100.

Pour le filetage à quatre roues, il est toujours bon d'établir une proportion.

Le pignon se nomme commandeur et la roue commandée. S'il y en a quatre il n'y a plus d'intermédiaires, elles ont toutes un travail défini et il s'ensuit qu'il y a deux commandeurs et deux commandées, roues qu'il faut toujours avoir soin de placer de façon qu'elles soient en rapport exact avec les deux premiers termes de la proportion ; le pas de la vis à exécuter et le pas de la vis-mère.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si les deux commandeurs sont D et B (fig. 20), les deux commandées sont C et A, en ayant soin bien entendu de placer D sur l'arbre de la poupée fixe et A sur la vis-mère, ensuite B et C sont placées sur une douille clavetée de telle sorte qu'elles ne forment pour ainsi dire qu'une seule roue, de cette façon le pignon D engrène avec C et B avec A.

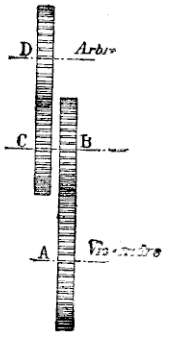


Fig. 20

Plaçons la proportion du pas précédent :

	Pas à faire	Vis-mère	Commandeurs	Commandées
	3 :	12 : :	D × B	: C × A
	3 :	12 : :	25 × 20	: 40 × 50
ou	3 :	12 : :	500	: 2000

Ce genre d'opération est très bon, il fait gagner du temps pour trouver exactement le pas avec quatre roues, il évite de monter les roues inutilement, de démonter en pointe une pièce pour la tracer, de faire fonctionner un certain nombre de tours pour calculer le pas, etc., mais il faut se rendre compte avant tout cela que les roues ont bien le nombre de dents voulues.

Soit un pas inconnu dont les roues sont disposées comme suit :

Pignon sur l'arbre 25 dents, 40 et 20 dents sur la douille de mariage, 50 dents sur la vis-mère, 25 engrenant avec 40 et 20 avec 50 on à la proportion suivante :

Pas à faire	Pas de la vis	Commandeurs		Commandées
× :	12 : :	25 × 20	:	40 × 50
× :	12 : :	500	:	2000
× :	$\frac{12 \times 500}{2000} = 3$	25		

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est facile de voir alors que le pas que l'on obtiendra sera les 25/100 de celui de la vis-mère ce qui permet également de trouver le pas exact de cette dernière qui n'est pas toujours parfaitement métrique, c'est-à-dire qu'étant considérée comme ayant le pas de 10 millimètres, elle peut bien pour 100 tours faire avancer le chariot de $1^m,003$ ou seulement de $0^m,997$, ce qui démontre sans discussion qu'elle n'est pas juste et supprime tous les calculs à faire.

Revenons à la proportion ci-dessus, ayant un pignon de 25 dents et plaçant les roues comme précédemment, si j'obtiens le pas de 3 millimètres c'est que la vis-mère aura 12 millimètres.

$$30 : \times :: 25 \times 20 : 40 \times 50$$
$$30 : 0 :: 500 : 200$$

ou $$\frac{600}{500} = 1 \text{ centim.,2 ou 12 millimètres.}$$

En étudiant sérieusement comme je l'ai fait moi-même, tous les procédés précédents, tous les pas que l'on a à faire sont possibles, soit au tour, aux machines à fraiser, à diviser, etc.

Quoique les roues soient montées dans d'excellentes conditions, il arrive souvent que le pas présumé n'est pas donné exactement. Cela provient soit de l'usure de la vis-mère ou de l'écrou du chariot, et il arrive même fréquemment qu'une vis faite sur un tour ayant une vis-mère de 15 millimètres par exemple, ne peut pas aller avec un écrou fileté sur un autre tour ayant également une vis-mère de 15 millimètres.

Lorsque ce cas se produit voici comment l'on peut s'y prendre. Pour plus de simplicité prenons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une vis-mère de 10 millimètres. On y place une roue de 100 dents et on fait une combinaison pour faire un pas de 10 millimètres, on fait faire un tour à l'écrou pour qu'il n'y ait pas de retard et on fait un repère sur la roue de 100 dents qui soit bien en rapport avec une aiguille ou un autre repère sur le banc. On fait également sur le banc un second repère, pour contrôler le démarrage du chariot du côté de la poupée mobile, et on fait faire 100 tours à la vis, en ayant bien soin d'arrêter au repère de la roue avec le banc.

On fait un troisième repère pour l'arrêt du chariot et se servant alors d'un mètre le plus juste possible il est facile de voir ce qu'il y a en plus ou en moins de la valeur réelle et d'y suppléer par une combinaison.

Supposons que pour 100 tours, avec une vis-mère de 10 millimètres, nous n'obtiendrons qu'une course totale de $0^{m},9984$, ce qui donne un pas de 9 mill.,984, on procédera comme suit :

9984 | 48	208	104 | 100	
0384 | 208	50	00400 | 104	
008	10400	000		

Les roues à employer sont donc :

	A	B	C	D
	48	50	104	100
ou	48	50	52	50

Pas de 13 millimètres à exécuter avec une vis-mere de 0,9984.

9984 | 48	208	208	52 | 13	
0384 | 208	100	25	00 | 40	
000	20800	1040		
		416		
		5200		

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les roues à employer sont donc :

A	B	C	D
40	25	48	100

Le lecteur qui aurait besoin de détails plus complets sur le filetage n'a qu'à se reporter aux excellents ouvrages de Ch. Bernard *(Nouvelle méthode pratique pour fileter et charioter)* et de Bocquet *(Nouvelle méthode de filetage à 2, 4 et 6 roues)*.

Les roues de filetage doivent être pleines ou pour le moins à bras renforcés.

Les vis-mères doivent avoir un pas métrique et sans division au-delà du millimètre.

Les pas varient pour chaque industriel et même pour chaque administration, ce qui donne lieu à une quantité de pas bâtards qu'il serait bien préférable de voir remplacer par un pas unique pour l'intérêt de tous, comme cela existe dans les pays voisins. (Voir tableaux, pages 270 et 271.)

Pour la valeur des mesures anglaises, voir le tableau, page 617.

Ainsi soit à trouver la valeur d'un diamètre de 5/8 de pouce anglais.

Le pouce anglais d'après le tableau vaut $0^m,0254$ en chiffres ronds, 1/8, vaudra 8 fois moins et les 5/8, 5 fois plus =

$$= \frac{0,0254 \times 5}{8} = 0^m,015875$$

Il n'y a qu'à procéder de même pour trouver toute autre mesure.

Ne voulant pas perpétuer indéfiniment une mauvaise marche, je ne donnerai aucun autre tableau des principaux pas et filets employés en France, par différents ateliers de construction.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'expression divisé par, pour un filet indique que le haut du triangle de ce même filet et le fond sont arrondis et que la portion réelle A est celle comprise entre ces deux parties (fig. 21). Si le filet est à arêtes vives, il n'est pas divisé.

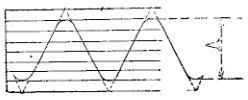


Fig. 21

Dans la vis à filet carré Withworth le nombre des filets dans le sens de la longueur de la vis, est moitié moins grand que celui des vis à filets triangulaires, et leur profondeur est égale à leur écartement.

Etant donné la hauteur du triangle d'un filet et la valeur du pas, il ne s'agit plus que de tracer un triangle dans les conditions voulues et de mesurer la valeur de son angle au sommet, au moyen du rapporteur comme il est indiqué ci-contre (fig. 22) pour déterminer pratiquement cette valeur.

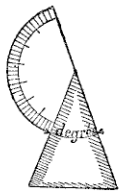


Fig. 22

Par ce qui précède, il est facile de se rendre compte combien il serait préférable à tous les points de vue, d'adopter un pas unique en France, au lieu de chevaucher et d'employer quelquefois dans le même atelier, plusieurs pas différents, suivant la destination des commandes. C'est une chose qui est reconnue nécessaire depuis longtemps par des praticiens de mérite qui en connaissent la valeur, aussi bien au point de vue du progrès, que de l'économie et qui nous laisse encore bien en arrière sur les Anglais qui ont adopté le système unique Withworth.

En général dans un filet, la hauteur de la partie arrondie varie toujours entre le quart et le cinquième

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la hauteur du pas, ce qui fait que les triangles qui se rapportent à différents pas n'ont pas le même angle au sommet et par conséquent une base plus ou moins large (fig. 23), tandis que les filets exécutés toujours avec le même angle au sommet du triangle

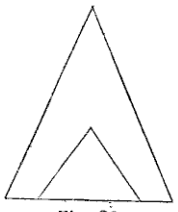


Fig. 23

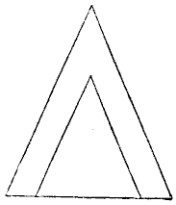


Fig. 24

(fig. 24) restent toujours de même forme quel que soit le pas.

Si les pas sont métriques il est facile de les chercher sur la règle à calcul, mais s'ils ne le sont pas, comme $0^m,00997$, le résultat n'est pas facile à obtenir juste, il est bien préférable de suivre les calculs que j'indique, établis d'après la marche donnée par l'expérience d'un vieux praticien et que j'ai utilisés et fait utiliser maintes fois dans le cour de ma carrière et dont j'ai toujours été satisfait et reconnu l'exactitude.

Il arrive très souvent qu'ayant un filetage très rapide à exécuter on est obligé de munir l'arbre D d'une grande roue et la vis-mère A d'un pignon, ou pour mieux dire d'une roue d'un petit diamètre, ce qui exige un effort assez considérable perdu pour le travail utile du tour, il est préférable alors dans ce cas de faire la commande du tour par la vis-mère, et à cet effet d'adopter sur cette dernière deux poulies, une fixe et une folle.

La considération qui fait actionner le tour par la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vis dans le cas des pas très rapide est le bris des engrenages qui ne pourraient entraîner la disposition des relations de vitesse. Si la disposition d'un tour ne permet pas de commander par la vis, on peut à la rigueur disposer la commande sur l'intermédiaire et dans ce cas, on ne met généralement qu'une poulie, le débrayage restant le même sur la commande du tour, on ajoute simplement une poulie sur cette commande, une poulie sur la vis et le cône ne sert plus.

Telle est la raison pour laquelle dans la construction d'un tour, il faut toujours laisser dépasser la vis-mère d'environ 200 millimètres, pour permettre un montage de roues et poulies.

Liste des nombres premiers moindres que 100

2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47, 53, 59, 61, 67, 71, 73, 79, 83, 89, 97.

Nombres ayant des sous-multiples

De 1 à 39.

Nombres	Sous-Multiples				Nombres	Sous-Multiples						
2	1	»	»	»	24	12	8	6	3	4	2	»
4	2	»	»	»	25	5	»	»	»	»	»	»
6	3	2	»	»	26	13	2	»	»	»	»	»
8	4	2	»	»	27	9	3	»	»	»	»	»
10	5	2	»	»	28	7	4	2	»	»	»	»
12	6	4	3	2	30	15	6	5	3	2	»	»
14	7	2	»	»	32	16	8	4	2	»	»	»
15	5	3	»	»	33	11	3	»	»	»	»	»
16	8	4	2	»	34	17	2	»	»	»	»	»
18	9	6	3	»	35	7	5	»	»	»	»	»
20	10	5	4	2	36	18	12	9	6	4	3	2
21	7	3	»	»	38	19	2	»	»	»	»	»
22	11	2	»	»	39	13	3	»	»	»	»	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

De 40 à 77.

Nombres	Sous-Multiples							Nombres	Sous-Multiples							
40	20	10	8	5	4	2	»	»	60	30	20	15	12	10	6	4	3	2	»
42	21	14	7	6	3	2	»	»	62	31	2	»	»	»	»	»	»	»	»
44	22	11	4	2	»	»	»	»	63	21	9	7	6	3	»	»	»	»	»
46	23	2	»	»	»	»	»	»	64	32	16	8	4	2	»	»	»	»	»
48	24	16	12	8	6	4	3	2	65	13	5	»	»	»	»	»	»	»	»
49	7	»	»	»	»	»	»	»	66	33	22	11	6	3	2	»	»	»	»
50	25	10	5	2	»	»	»	»	68	34	17	4	2	»	»	»	»	»	»
51	17	3	»	»	»	»	»	»	69	23	3	»	»	»	»	»	»	»	»
52	26	13	4	2	»	»	»	»	70	35	14	10	7	5	2	»	»	»	»
54	27	18	9	6	3	2	»	»	72	36	24	18	12	9	8	6	4	3	2
55	11	5	»	»	»	»	»	»	74	37	2	»	»	»	»	»	»	»	»
56	28	14	8	7	4	2	»	»	75	25	15	5	3	»	»	»	»	»	»
57	19	3	»	»	»	»	»	»	76	38	19	4	2	»	»	»	»	»	»
58	29	2	»	»	»	»	»	»	77	11	7	»	»	»	»	»	»	»	»

De 78 à 100.

Nombres	Sous-Multiples							Nombres	Sous-Multiples							
78	39	26	13	6	3	2	»	91	13	7	»	»	»	»	»	»
80	40	20	10	8	4	2	»	92	46	23	4	2	»	»	»	»
81	27	9	3	»	»	»	»	93	31	3	»	»	»	»	»	»
82	41	2	»	»	»	»	»	94	47	2	»	»	»	»	»	»
84	42	21	14	7	6	3	2	95	19	5	»	»	»	»	»	»
85	17	5	»	»	»	»	»	96	48	24	12	8	6	4	3	2
86	43	2	»	»	»	»	»	98	49	14	7	2	»	»	»	»
87	29	3	»	»	»	»	»	99	33	11	9	3	»	»	»	»
88	44	22	11	8	4	2	»	100	50	25	20	10	5	4	2	»
90	45	10	9	5	2	»	»									

Parallélipipède. Un parallélipipède est un prisme dont les bases sont des parallélogrammes. C'est donc un corps terminé par six parallélogrammes.

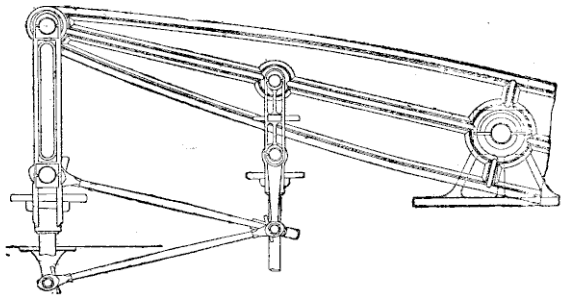
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un parallélipipède-rectangle est un corps terminé par six rectangles parallèles deux à deux. Cette figure se rencontre très souvent ; les chambres ordinaires, les poutres bien équarries sont des parallélipipèdes-rectangles.

Le cube est un parallélipipède dont les six faces sont des carrés, un dé à jouer en est un exemple.

Parallélogramme. Le parallélogramme ou *rhombe* est un quadrilatère qui a les côtés opposés parallèles (voir *Surface*).

Parallélogramme de Watt. — Dans les machines à balancier si la tige du piston était articulée directement au balancier, pendant chaque oscillation de celui-ci, elle serait sollicitée à décrire un arc de cercle, et par suite elle serait soumise à des efforts



obliques qui tendraient à la briser et à produire des fuites de vapeur. Pour remédier à cet inconvénient, le célèbre *Watt* imagina d'interposer entre le balancier et la tige du piston, un parallélogramme articulé portant le nom de son inventeur et qui transforme sans effort pour la tige, le mouvement de celle-ci en un mouvement circulaire alternatif du balancier.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Passe-courroie. L'utilité de détendre les courroies pendant l'arrêt des machines est incontestable.

Une courroie tendue se fatigue et s'allonge ; détendue elle reprend son élasticité, revient à sa longueur normale et par suite présente plus d'adhérence à la reprise du travail. Elle dure plus longtemps.

L'utilité d'empêcher de courir une courroie à vide n'est pas moins incontestable au point de vue des accidents. Non seulement en effet, tant qu'elle est en mouvement, les ouvriers qui travaillent à l'entour peuvent être saisis par elle, mais encore une machine quelconque arrêtée sur sa poulie folle, pendant que la machine motrice continue à tourner, peut se *remettre accidentellement en marche*, soit que l'embrayage s'opère seul par le frottement, soit que la poulie folle s'échauffe et grippe, soit pour tout autre cause ; ce n'est qu'en abattant la courroie qu'on se met en garde d'une façon absolue contre cette mise en marche imprévue qui peut occasionner de graves avaries ou accidents.

Enfin quelques transmissions de mouvement n'ont pas à fournir un travail continu. Celles par exemple qui actionnent les *dynamos* pour l'éclairage électrique ne servent qu'à certaines heures ; dans ce cas, la poulie folle tournant sans interruption à une grande vitesse, s'use rapidement malgré le graissage le plus assidu, et consomme des flots d'huile sans travail utile.

A tous les points de vue, il vaut donc mieux ou avoir un débrayage qui rende la poulie, folle sur l'arbre, ou faire tomber les courroies plutôt que de les faire passer sur une poulie folle et, si l'on hésite

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parfois à employer ce dernier mode d'arrêt (chute de la courroie), c'est que le replacement d'une courroie sur sa poulie présentait autrefois de grandes difficultés et de réels dangers.

Il faut dans beaucoup de cas, pour effectuer ce remontage, ralentir la marche de la machine, ce qui occasionne une perte de temps dans les ateliers et malgré cette précaution souvent indispensable, la manœuvre n'en reste pas moins des plus périlleuses.

Pénétrés de cette idée, beaucoup d'inventeurs ont cherché à créer des monte-courroies qui permissent d'exécuter cette manœuvre en pleine marche et sans danger. Mais jusqu'ici ils étaient trop compliqués, ou trop volumineux, ou d'un emploi trop élevé.

Car ce qu'il faut à l'industrie, c'est un appareil d'un mécanisme simple, facile à manœuvrer, qu'on puisse mettre entre les mains les moins expérimentées, le cas le plus général des grands ateliers, et enfin d'un prix peu élevé.

Cette dernière condition n'est pas la moins importante si l'industriel, soucieux de la *sécurité de son personnel*, veut généraliser l'emploi de cet engin de garantie.

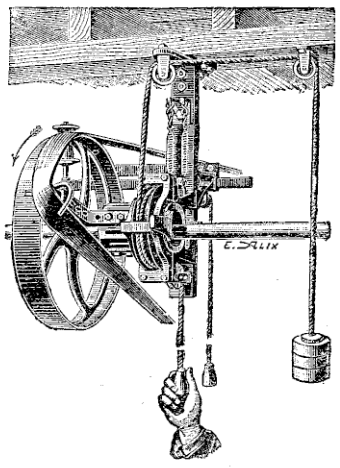
Au moment en effet, où le Parlement semble entrer dans une voie de plus en plus résolue de protection des ouvriers contre les accidents du travail, au moment surtout où de toutes parts en France, l'initiative privée des chefs d'industrie a mis à l'étude les moyens d'assurer la sécurité de l'atelier, j'ai pensé qu'il était utile de faire connaître le passe-courroie *Piat-Forest*, le plus pratique et le meilleur existant aujourd'hui, appareil qui répond

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à tous les besoins et réunit en outre des avantages qui assurent au matériel une plus longue durée.

D'une extrême simplicité de mécanisme, ce passe-courroie se compose uniquement d'un bras de forme irrégulière évoluant librement autour de la poulie; c'est ce bras qui dans son évolution, que l'on provoque en tirant sur une des deux cordes dont l'appareil est muni, saisit la courroie tombée et la remonte sur la poulie. Une seconde corde fait mouvoir une tige mobile en forme d'équerre dont une des branches pousse la courroie et la chasse de la poulie.

Il suffit donc de tirer l'une ou l'autre de ces cordes pour remonter ou démonter la courroie; et cette manœuvre peut se faire à *une distance quelconque de la poulie*, et peut au besoin s'opérer par un décliquetage électrique; ce résultat s'obtient en conduisant les deux cordes dans la direction et à l'endroit voulu à l'aide de petites poulies à gorge.



Ainsi le démontage et le remontage de la courroie s'effectuent sans le moindre danger et même *sans s'approcher de la poulie* ni de l'arbre de transmission quand celui-ci est inaccessible ou que son approche est rendue dangereuse par le voisinage d'appareils en mouvement, de réservoirs, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il arrive, dans certaines industries, que souvent la courroie tombe au moment de l'embrayage de la machine à mettre en mouvement, ou pendant la marche par suite d'à-coups se produisant dans le fonctionnement de l'outil, quelquefois même l'arrêt momentané causé par cette chute peut compromettre la suite de l'opération en cours (papeterie, brasserie, etc.), et il est urgent de remonter *instantanément* la courroie tombée, c'est ce que permet de faire le passe-courroie.

Certains types d'appareils sont munis d'une bobine en bois, qui empêche que cette chute ait lieu du côté opposé à celui où l'appareil doit ramasser la courroie. Certains autres peuvent être munis d'un bras monte-courroie spécial à double tige qui ramasse la courroie et la remonte instantanément quel que soit le côté de la poulie où elle est tombée.

Patron (Certificat de),

Je soussigné Claude R....., constructeur de..... demeurant à..... rue..... .... n°.... certifie que le nommé Charles B..... né à..... le..... mil-huit-cent ..... a été employé chez moi en qualité de..... du ..... mil-huit-cent..... au..... mil-huit-cent..... que pendant tout ce temps il s'est acquitté de ses fonctions, et qu'il est sorti de ma Maison libre de tout engagement.

Fait..... le..... mil-huit-cent.....

(Signature du Patron)

Vu par nous, Antoine X..... ..... maire de..... .. pour la légalisation de la signature de.....

(Cachet de la Mairie) (Signature du Maire)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tout ouvrier qui engage ses services, peut exiger à l'expiration du contrat, de celui qui les a loués, sous peine de dommages-intérêts, un certificat contenant tout simplement la date de son entrée, celle de sa sortie et l'espèce de travail auquel il a été employé. Ce certificat est exempt de timbre et d'enregistrement.

Peignes. Les peignes sont des outils destinés à régulariser un filet ou à l'exécuter directement. On les fait soit en acier fondu, soit avec des limes de rebut, par économie. La vis-mère qui sert à les tailler doit avoir un diamètre aussi approchant que possible de celui du filet à obtenir, de façon à donner aux dents l'inclinaison convenable.

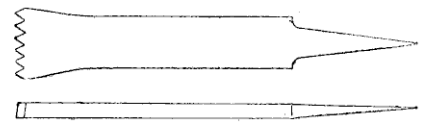


Fig. 1



Fig. 2

Il y a deux sortes de peignes, le peigne d'extérieur (fig. 1) et le peigne d'intérieur (fig. 2).

Pour exécuter un peigne possédant un pas ou une forme de filet qui ne sont pas d'un usage courant, il faut d'abord le charioter et le fileter ; dans ce but, il faut ajuster un outil de la forme voulue dans un meneur que l'on monte sur le tour de façon à obtenir avec le montage des roues de filetage, le pas cherché.

Lorsqu'on taille un peigne, on doit, pour lui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

donner une coupe suffisante, l'incliner comme l'indique la figure 3, en plaçant en dessous la face qui doit être en dessus pour peigner.

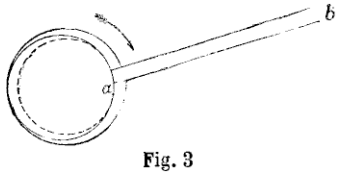
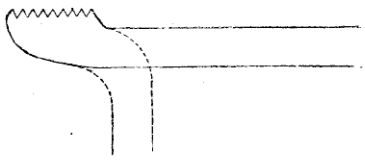


Fig. 3

L'opération du peignage s'effectue à la main en ayant soin de placer la face supérieure de l'outil à la hauteur de l'axe du tour.

Les peignes pour le filetage sont faits de la même manière, sur une vis-mère de pas contraire à celui du filet intérieur.

Pour les tailler on peut leur donner la forme indiquée par le tracé de la figure 4, puis les redresser ensuite suivant le tracé plein.


Fig. 4

Les dernières passes doivent être très légères et il faut avoir soin de graisser à l'huile. Une fois terminé, on meule légèrement le plat du côté *a* qui devient la coupe et on trempe jaune paille foncé.

Dans le cas où l'on en a plusieurs à faire, on peut se servir d'une fraise à filets (fig. 12, page 303) confectionnée et ajustée d'après un peigne préparé comme type.

Pour faire un peigne à la fraise, on monte cette dernière en pointe sur le tour, le peigne se dispose absolument comme pour le faire de la façon ordinaire et on donne l'avancement du chariot au moyen de la manivelle.

Si l'on veut, on peut encore monter la fraise sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le nez du tour et tenir le peigne à la main en le faisant reposer sur un support en bois ou en métal. On l'appuie fortement pour qu'il prenne bien l'empreinte du filet de la fraise, et cela jusqu'à ce qu'il lui vienne en plein filet.

Quand on affûte un peigne il faut avoir soin de lui conserver sa coupe (fig. 5) toujours le plus parallèlement possible à son épaisseur.

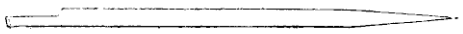


Fig. 5



Fig. 6

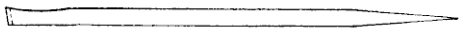


Fig. 7

Affûté en pente (fig. 6) il fait à la pièce travaillée un filet moins profond que celui réel; affûté en gorge (fig. 7) c'est le contraire. Il peut se présenter que sans tour parallèle, ni fraise, l'on ait à exécuter un peigne, pour cela, on prend tout simplement un écrou, auquel on fait deux mortaises comme l'indique la figure 8; on introduit dans chacune d'elle, avec un peu de serrage, un peigne brut, jusqu'à fleur de l'intérieur du trou, on serre l'écrou dans l'étau et on taraude. La denture des peignes exécutés ainsi est parfaite.

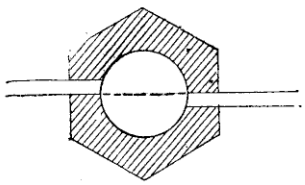


Fig. 8

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quantité de matières nécessaires pour la détrempe des peintures désignées ci-dessous et d'un emploi courant

DÉNOMINATION DES TEINTES	Blanc de Céruse broyée	Huile de lin au manganèse	Essence de térébenthine	Noir de fumée	Minium	Vermillon	Mine orange	Siccatif	Total des matières
Blanc pour impression des bois .	0k820	»	0k180	»	»	»	»	»	1k000
Teinte grise ordinaire (Faire varier la quantité de noir pour obtenir un gris plus ou moins clair).	0.585	0k260	0.135	0k020	»	»	»	»	1.000
Minium.	0.095	0.095	0.105	»	0k705	»	»	»	1.000
Noir à l'huile.	»	0.720	0.215	0.065	»	»	»	»	1.000
Rouge pour inscriptions . . .	»	0 250	»	»	»	0k120	0.630	»	1.000
Blanc pour lettres	0.927	0.070	»	0.003	»	»	»	»	1.000
Blanc pour pièces polies (Voir **Graisse.** — *Pièces polies à emballer*, page 327).									
Blanc pour traçage (remettre de l'essence lorsqu'il devient trop épais)	0.800 légèrement préparé à l'huile	»	0.200	»	»	»	»	»	1.000

NOTA. — En hiver par les temps froids et humides, on peut ne faire usage que d'huile de lin au manganèse comme le tableau l'indique, mais à mesure que la température s'élève, on peut la mélanger en proportion variable à de l'huile de lin naturelle et même en été par les fortes chaleurs, la remplacer complètement par cette dernière.

Maintenant si pour une cause quelconque, il faut sécher la peinture vivement par un temps froid et humide, on peut encore ajouter à la détrempe une petite proportion de siccatif.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Peinture. La peinture a pour objet de couvrir de diverses couleurs la surface des bois, métaux, maçonneries, etc., dans le but d'assurer leur conservation et de leur donner un coup d'œil agréable.

L'huile la plus communément employée est l'huile de lin.

Quand on doit peindre des ferrures rouillées, il faut avoir soin d'en bien piquer la roulle avant d'étendre la première couche qui est toujours du minium, sur laquelle il est bon d'en passer une seconde, après lesquelles on couvre avec une ou deux couches de la nuance que l'on désire.

Pour le bois il faut toujours autant que possible employer des mélanges à base de céruse.

Pour peindre sur métaux ou autres matières dures polies, il est bon de mettre un peu plus d'essence dans la première couche d'impression. Cette essence fait pénétrer l'huile.

(Voir le tableau ci-contre).

Perche. On désigne sous ce nom un brin de bois, long de trois ou quatre mètres, à l'extrémité duquel est emmanché au moyen d'une douille et fixé à demeure avec des rivets, un doigt en fer qui permet d'embrayer ou de débrayer les courroies en marche, ou de les déplacer sur les cônes de transmissions pour changer les vitesses.

Perpendiculaire. La ligne perpendiculaire est celle qui, rencontrant une autre ligne droite ne penche ni d'un côté de cette ligne ni de l'autre et forme avec celle-ci deux angles droits (fig. 1).

Dans les lignes AB, CD, CE qui se rencontrent, les lignes AB et CD sont perpendiculaires l'une à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre, et les lignes AB et CE ou CE et CD sont obliques les unes aux autres.

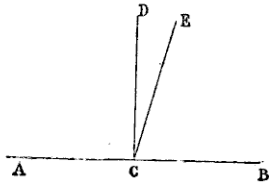


Fig. 1

Il y a cinq cas différents pour tracer une ligne perpendiculaire à une autre ligne. Chacun de ces cas est exposé ci-après avec deux figures donnant deux positions différentes pour chaque cas.

1° (Fig. 2 et 3). *Élever une perpendiculaire sur le milieu d'une ligne droite AB.* — Cette disposition s'appelle communément trait carré. Des extrémités de la ligne AB et avec une ouverture de compas plus grande que la moitié de la ligne, décrivez des arcs de cercle de même rayon qui se coupent en C et en D, tirez la droite CD elle sera perpendiculaire à la ligne AB et de plus partagera celle-ci en deux parties égales ;

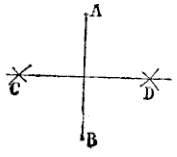


Fig. 2

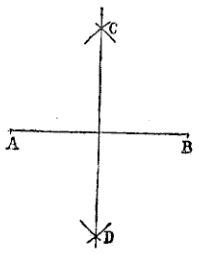


Fig. 3

2° *Elever une perpendiculaire par un point donné C sur une droite AB* (fig. 4 et 5). — Du point donné C, décrivez avec le même rayon les arcs A

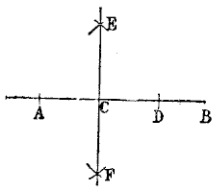


Fig. 4

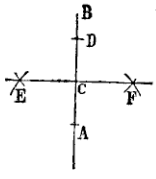


Fig. 5

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et D; des points A et D et d'un rayon plus grand décrivez des arcs qui se coupent en E et F, tirez la ligne EF, elle sera la perpendiculaire demandée ;

3° *Abaisser une perpendiculaire par un point donné C hors d'une ligne AB* (fig. 6 et 7). — Posez la pointe du compas au point C, tracez l'arc AB, des points A et B, décrivez deux arcs qui se coupent en D, la ligne CD sera la porpendiculaire demandée.

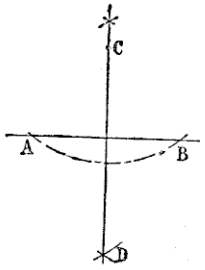


Fig. 6

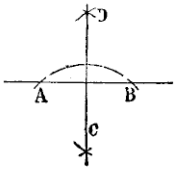


Fig. 7

4° *Élever une perpendiculaire à l'extrémité d'une ligne* (fig. 8 et 9). — Prolongez la ligne par des points, de l'extrémité B décrivez des arcs C et D, de ces points et avec un même rayon décrivez des arcs qui se coupent en E et F. La ligne EF sera la perpendiculaire demandée.

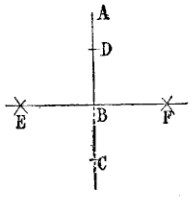


Fig. 8

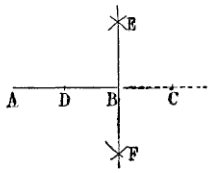


Fig. 9

5e *Élever une perpendiculaire à l'extrémité d'une ligne qu'on ne peut prolonger* (fig. 10) — Du point A ou du point B décrivez un arc indéfini CE, avec

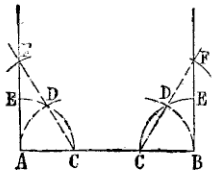


Fig. 10

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le même rayon et du point C coupez l'arc en D, du point D toujours avec le même rayon, décrivez l'arc F, menez la ligne CDF bien juste, sa rencontre avec l'arc F donnera les points où doivent passer les perpendiculaires AF et BF.

Élever une perpendiculaire à l'extrémité d'une droite par le moyen d'une circonférence (fig. 11). — Prenez un point quelconque C et avec la distance CB, décrivez une circonférence ABD, tirez le diamètre AD, l'extrémité D est le point où doit passer la perpendiculaire BD, l'angle ABD est droit car il comprend une demi-circonférence.

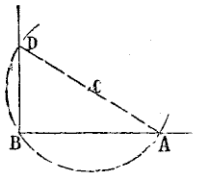


Fig. 11

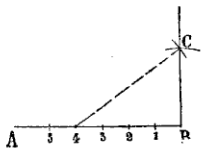


Fig. 12

On peut encore élever une perpendiculaire à l'extrémité d'une droite AB qu'on ne peut prolonger par le moyen suivant (fig. 12). Portez sur la ligne AB et du point B cinq divisions égales, du point B et avec une ouverture égale à trois divisions, décrivez l'arc C de la quatrième division et avec une ouverture de compas égale à cinq divisions, coupez le premier arc en C, menez BC, ce sera la perpendiculaire demandée.

Pesanteur — Poids. La *pesanteur* est l'attraction qui existe entre la terre et les corps qui sont à sa surface. Quand on éloigne une pierre du sol, cette pierre et la terre s'attirent toutes deux, et si on abandonne la pierre, elle tombe par l'attraction de la terre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque molécule d'un corps etant attiré par la terre, la somme de toutes ces attractions forme le *poids* du corps. Plus il y a de molécules, plus le poids est considérable ou pour mieux dire le *poids est proportionnel à la masse.*

Il faut bien distinguer le poids d'avec la pesanteur. Tous les corps sont également pesants, puisqu'ils sont également attirés par la terre ; mais tous n'ont pas le même poids, parce que tous n'ont pas le même nombre de molécules.

Pour trouver le poids d'un corps il suffit d'en chercher le volume et de le multiplier par sa densité ou poids spécifique.

Ainsi par exemple une tôle de fer d'un mètre de côtés sur deux millimètres d'épaisseur pèsera :

$$\begin{array}{r} 1{,}00 \\ 1{,}00 \\ \hline \end{array}$$

Surface $= 1{,}0000$

$$\begin{array}{r} 1{,}0000 \\ 0{,}002 \\ \hline \end{array}$$

Volume $= 0{,}002.000.0 = 2000$ centim. cubes.

Le tableau des densités nous donnant 7gr.,8 poids d'un centimètre cube de fer, 2000 pèseront 2000 fois plus ou $2000 \times 7{,}8 = 15.600$ grammes ou 15 kg.,600 gr., et on procède de même pour toutes les matières, liquides et gaz.

Pied à coulisse. Le pied à coulisse (fig. 1) est un instrument qui doit être fait, tant au point de vue de son exécution que de ses divisions, avec beaucoup de précision, de manière à ne donner lieu à aucune discussion possible, et la jonction de ses deux becs doit être tellement précise que l'instrument fermé, même à la loupe, l'examinateur ne doit y découvrir aucun jour, si minime qu'il soit. Le glissement de la coulisse doit être très doux, uniforme et n'avoir aucun jeu aussi bien sur sa hauteur que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur son épaisseur. Les dimensions doivent être prises sans faire forcer les becs sous peine de les faire ployer et d'obtenir un résultat faux.

Le vernier qui sert à indiquer les subdivisions de millimètres doit posséder sur l'une de ses faces, une longueur de 9 millimètres divisée en dix parties égales pour indiquer les dixièmes de millimètre ou une longueur de 19 millimètres divisée en vingt parties égales pour les vingtièmes, etc., suivant les appréciations auxquelles l'instrument est destiné. L'indication est donnée par la correspondance de l'une des divisions du vernier avec l'une de celles graduées sur la règle du pied, ainsi par exemple, si l'on veut prendre un diamètre de 40 millim.,5 dixièmes, avec un pied au dixième, il faut placer la division 5 du vernier sur celle de 45 de la règle.

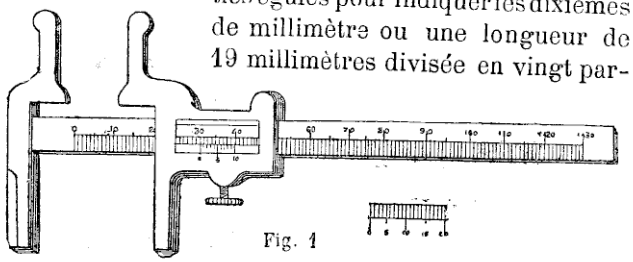


Fig. 1

Si c'est avec un pied au vingtième, ce sera la division 10 du vernier qu'il faudra placer en regard de celle de 50 de la règle, etc.

Les pieds à coulisse doivent être entretenus dans un état de propreté constant, pour éviter qu'ils se rouillent.

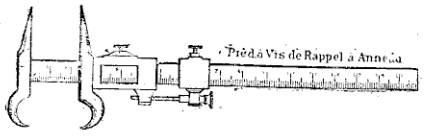


Fig. 2

Des pieds à coulisse encore assez en usage mais exigeant beau-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

coup de soin, sont ceux représentés par les figures 2 et 3.

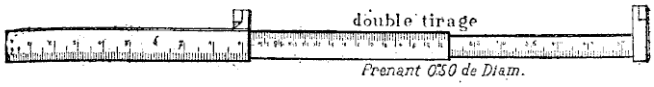


Fig. 3

(Voir page 366).

Pierres à affûter. Les *pierres à affûter* s'emploient pour enlever les aspérités et donner le fil aux instruments tranchants, après que ceux-ci ont été passés à la meule.

Les grattoirs, les planes, etc., et surtout les instruments destinés au travail des métaux tendres, tels que le laiton, l'étain, etc., doivent être passés à la pierre à affûter.

Les principales pierres employées, sont:

La *pierre à faux* qui se fabrique en Normandie avec des grès houillers que l'on pulvérise pour en former ensuite une pâte que l'on moule et que l'on cuit comme la terre de grès.

La *pierre à l'eau* qui est un schiste argileux, plus ou moins dur et à grains plus ou moins fins.

La *pierre du Levant* ou vulgairement *pierre à l'huile* est la plus usitée, c'est une chaux carbonatée dure, très compacte et à grains très fin, sa couleur ordinaire est jaune pâle. On doit l'user le plus régulièrement possible et la maintenir toujours très propre et même enfermée dans une boite si cela se peut.

Pince (voir *Anspect*).

Piston. Le piston est l'organe sur lequel la vapeur exerce sa pression et met ainsi en mouve-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment toute la machine. Il se compose d'un disque circulaire qui se meut à frottement doux dans l'intérieur du cylindre afin que la résistance au mouvement ne soit pas trop grande et que le piston ne soit pas exposé à rayer et à déformer ce dernier.

Il doit aussi être étanche, sans quoi il y aurait une perte de vapeur considérable et par suite une perte de travail.

Pour remplir ces conditions, on le fait d'une foule de manières différentes. Le plus souvent, il est formé de deux plateaux métalliques d'un diamètre un peu plus petit que celui du cylindre, et solidement reliés entre eux ainsi qu'à la tige qui les traverse. Sur le pourtour sont ménagés des gorges pour loger la garniture qui est ordinairement en chanvre pour les machines à basse pression ou métallique pour les machines à haute pression

Puissance du travail développé sur le piston d'une machine à vapeur. — Désignons par P la pression moyenne par mètre carré (10.330 kilogrammes par atmosphère) exprimée en atmosphères sur le piston de la machine, V le volume engendré par ce piston et exprimé en mètres cubes. Le travail développé en kilogrammètres par chaque coup de piston sera :

$$10.330 \times P \times V.$$

Exemple :

Quel est le travail développé par coup de piston dans une machine qui fonctionne avec une pression moyenne de 5 atmosphères dans le cylindre, dont la course du piston est de $0^m,50$ et son diamètre $0^m,30$.

Cherchant d'abord la valeur de V, on a :

$$0,50 \times \overline{0,15}^2 \times 3,14 = 0^{m3},035300$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et ensuite appliquant la formule ci-dessus, on a :

$10.330\ VP = 10.330 \times 0^{m3},0353 \times 5 = 1823,2$ kgmt.

Cette formule est générale, et il faut très bien faire attention que P doit être la valeur de la pression moyenne dans le cylindre.

Pour plus de détails voir *Notes et Formules* de l'Ingénieur et du Constructeur-Mécanicien.

La garniture métallique à laquelle on donne le nom de bague ou segment se fait, soit en acier doux forgé comme dans le piston *Ramsbottom* (fig. 1) dont le corps est évidé pour avoir plus de légèreté, ou en fer forgé, ou en métal blanc, ou en laiton, ou même en acier recouvert de métal blanc. Les segments doivent être tournés à un diamètre un peu plus grand que celui du cylindre et coupés de façon à ce que les deux extrémités ne viennent pas se buter à la mise en place et avoir soin de croiser les coupures de différentes bagues superposées.

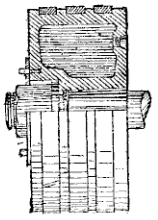


Fig. 1

Les segments se font communément en fonte douce. Lorsque le corps du piston n'est pas démontable, l'on met un millimètre de coupe par centimètre de diamètre de façon à pouvoir passer les segments par dessus le piston sans les déformer, ainsi par exemple pour un segment de 0,300 de diamètre, on aura 30 millimètres de coupe. Lorsque les segments sont côte à côte on peut les couper en biais (fig. 1) s'ils sont séparés par une cloison, on doit les couper en baïonnette (fig. 2) c'est préférable.

Lorsque les segments sont ajustés dans les cylindres on doit donner à la coupe de 1 millimètre à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1 millim.,1/2 pour que les segments ne bloquent pas et ne rayent pas le cylindre.

Dans les pistons démontables on met généralement moins de coupe et on tient les segments plus épais.

Le piston en règle générale lorsqu'il ne fonctionne pas verticalement s'établit avec un excentrage d'un millimètre environ au-dessus de son axe, suivant son diamètre, pour être certain qu'à la suite d'usure il ne vienne pas porter sur la partie inférieure du cylindre. Les gorges, elles au contraire, doivent être excentrées d'environ un millimètre vers la partie inférieure pour être certain que les segments reposent sur le bas du piston et empêcher ainsi une flexion trop prononcée de la tige.

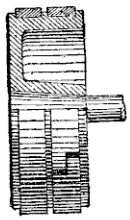


Fig. 2

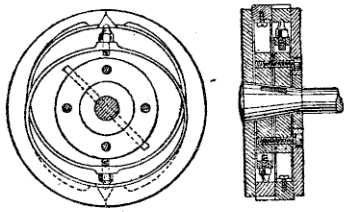


Fig. 3

Comme principaux types de piston, on remarque encore celui qui possède des ressorts pressés contre les bagues au moyen de boulons (fig. 3). Le piston suédois (fig. 2) qui possède des bagues formant ressorts par elles-mêmes. Le corps est généralement en fer forgé, les bagues en acier, en laiton ou en fonte durcie par un peu d'étain.

Le piston à ressort héliçoïdal (fig. 4, 5 et 6) est en deux plateaux, dont l'un est fortement nervé. Les deux bagues élastiques sont en fonte dure, et leur profil est celui d'une cornière. Elles sont tendues et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

appuyées contre le cylindre par un ressort héliçoïdal, qui est figuré détendu en A. Le second plateau, tenu par les écrous en bronze de six prisonniers, est soigneusement dressé sur le premier, on peut l'enlever sans toucher à l'écrou de la tige du piston.

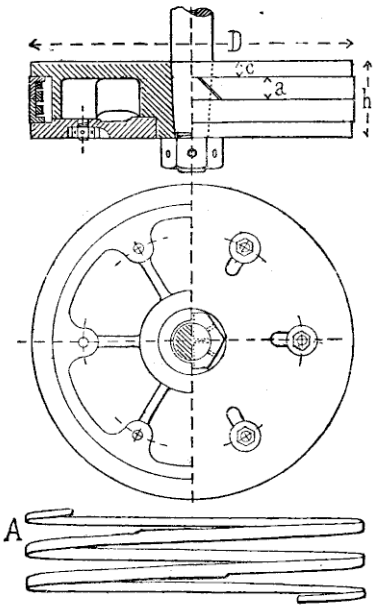


Fig. 4, 5 et 6

Tous les écrous doivent être goupillés, et il est bon de percer le gros écrou de trois trous à 60°, la tige étant percée de deux trous à 90°. (Pour les dimensions à donner aux pistons, voir *Notes et Formules* de Cl. de Laharpe.)

La vitesse du piston ne doit pas dépasser 1 mètre par seconde pour les petites machines et 1m,50 pour les grandes; mais dans les locomotives où il faut obtenir une grande vitesse on atteint 4 mètres.

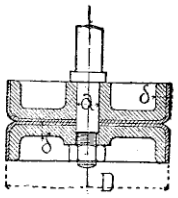


Fig. 7

Les pistons de pompe (fig. 7) possèdent une garniture en chanvre, ou en cuir quand la température ne doit pas s'élever à plus de 35°.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les machines soufflantes, on se sert d'une garniture en toile enduite de graphite.

L'assemblage d'un piston avec sa tige se fait au moyen d'un écrou à clavette ou d'un autre dispositif pour éviter le desserrage. L'extrémité conique de la tige qui prend place dans le piston doit toujours être ajustée à l'émeri.

Pivot (Voir *Crapaudine*).

Plan. On appelle plan ou surface plane une surface sur laquelle une droite appliquée partout et dans tous les sens coïncide entièrement.

Exemple : La surface d'une glace polie, d'une glace de tiroir, d'un marbre bien dressé, etc.

Plomb. Le *plomb* pur possède une couleur d'un gris bleuâtre, il est plus dense que le fer et le cuivre, à volume égal il pèse près de douze fois autant que l'eau. Il peut être facilement rayé par l'ongle et il laisse sur le papier une trace comparable à celle d'un crayon ordinaire dont autrefois il tenait souvent lieu. Très brillant quand il vient d'être coupé, le plomb se ternit bien vite à l'air, mais une fois que sa surface a subi cette légère altération, le plomb peut se conserver longtemps exposé aux influences atmosphériques. Il est très malléable, peut être réduit en feuilles très minces et s'étirer en fils très déliés, qui ont peu de tenacité ; un fil de deux millimètres de diamètre se rompt sous un poids de neuf kilogrammes.

Sa densité est 11,44, il fond vers 330 degrés, son retrait en volume est d'environ 1/31 ou 3 millimètres 2 par mètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Poinçons. Il y a trois sortes de poinçons, le poinçon à main, celui à la machine, et le poinçon de forge. Tous les trois doivent être en acier.

Celui à main (fig. 1) a généralement le corps octogone et doit avoir son extrémité étirée au diamètre voulu en pointe pour faire la coupe. Il doit être en acier fondu et trempé comme le burin ordinaire.



Fig. 1

Celui à la machine se prend généralement dans une barre d'acier fondu, il se tourne dans la masse en ayant soin d'y faire une emmanchure conique. Il se trempe dur complètement, et la coupe se fait revenir jaune paille foncé.

La figure 2 représente le poinçon simple; si l'on craint la fatigue, on peut employer celui représenté par la figure 3 qui possède un collet.



Fig. 2

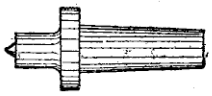


Fig. 3

On emploie encore des poinçons à tête fraisée et des poinçons goupillés sur le côté de l'emmanchure.

La partie proprement dite du poinçon doit être légèrement plus forte à la coupe qu'à l'arrière, 1/10 de millimètre environ par 5 millimètres de diamètre, de façon à permettre le dégagement de l'outil; on peut suivre les mêmes proportions pour la matrice, dont le grand diamètre doit être un peu plus grand que la coupe du poinçon sans toutefois ne jamais dépasser 1 millimètre et demi, même pour un grand diamètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les poinçons doivent posséder un petit têton venu de tour au milieu de la coupe, destiné à venir se placer dans le coup de pointeau donné après le traçage, pour désigner l'emplacement du trou à percer. Pour les machines qui possèdent un chariot diviseur, ce têton peut être supprimé.

Si les poinçons sont d'un calibre assez grand, on peut les faire en fer ou en fonte par économie, et appliquer à la partie qui travaille une plaque d'acier munie d'une rainure ou d'un têton (fig. 4), pour empêcher son déplacement, et on la fixe alors au corps au moyen de vis ou de boulons. La plaque d'acier se trempe dur et doit être revenue couleur jaune paille foncé.

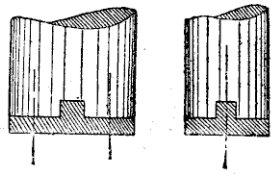


Fig. 4

Une chose qu'il ne faut pas négliger, c'est de donner une inclinaison de coupe, soit au poinçon, soit à la matrice pour faire dépenser moins d'effort à la machine. L'inclinaison est à donner à la matrice (fig. 5) si c'est la débouchure qui s'utilise, si au contraire elle ne sert pas c'est le poinçon qui doit être incliné (fig. 6).

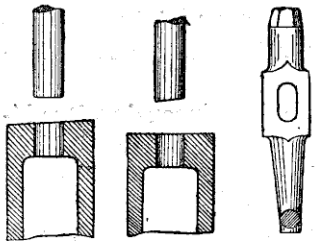


Fig. 5 Fig. 6 Fig. 7

La vitesse moyenne des poinçons doit être environ de 20 millimètres à la seconde.

Le *poinçon de forge* (fig. 7) est destiné à percer des trous à froid lorsque le métal est mince, généralement du fer, et à chaud lorsqu'il est épais.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Son corps doit être à section carrée et posséder un œil pour recevoir un manche en bois. L'une de ses extrémités doit être ronde ou octogonale et terminée par une forme convenable pour recevoir les coups de marteaux. L'autre doit être étirée en forme de cône et terminée au diamètre des trous à percer. Il peut être aciéré ou en acier doux et trempé comme un burin pour le fer.

Poinçonneuse à main. Les poinçonneuses à main sont destinées à percer des trous d'un petit diamètre, 15 millimètres au plus. Elles peuvent fonctionner au moyen d'un levier comme le représente la figure 6, page 546 et servir de cisaille, ou bien au moyen de deux leviers (fig. 5, page 546), dans ce dernier cas les trous à poinçonner peuvent atteindre 22 millimètres de diamètre sur 15 d'épaisseur.

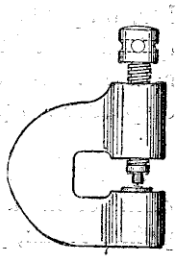


Fig. 1

Pour un usage courant et avoir un appareil peu lourd et peu encombrant, on se sert d'un C (fig. 1).

Les matrices et les poinçons de ces divers outils doivent être exécutés avec autant de soin et en suivant les mêmes principes que pour les machines à poinçonner.

Pointe à tracer. La pointe à tracer (fig. 1, 2, 3), est à l'ouvrier mécanicien ce que le crayon est au dessinateur, elle doit être en acier fondu, avoir les deux extrémités qui se trempent jaune paille, etirées en pointe dont l'une recourbée. La pointe à tracer s'affûte à la meule et le milieu du corps doit être

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fait de telle façon qu'elle ne puisse glisser entre les doigts lorsque l'on s'en sert.



Fig. 1

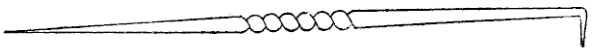


Fig. 2

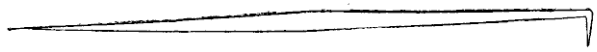


Fig. 3

Si la précision du trait à obtenir n'est pas absolue, on peut se servir de pointes à tracer en laiton, qui laisse à la surface des objets une ligne suffisamment apparente, sans être obligé pour le traçage de passer les pièces au blanc ou au rouge.

Pointeau. Le pointeau (fig. 1, 2), est un outil destiné à faire une marque en un ou plusieurs points creux, pour indiquer l'emplacement d'un axe, d'un centre ou d'un trait que l'on désire conserver. Les centres sont repérés par des coups de pointeau plus profonds, qui permettent au tourneur ou au perceur de se centrer plus facilement. L'angle du cône d'un pointeau qui peut



Fig. 1
Pointeau d'ajusteur.



Fig. 2
Pointeau de tourneur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

varier de 45 à 90 degrés, est fait suivant l'usage auquel il est destiné. Il peut être en acier fondu, pris dans la barre, ronde ou octogonale, mais plutôt ronde, pour plus de simplicité.

La tête doit être disposée pour recevoir les coups de marteau et son extrémité conique peut être faite à la lime ou sur le tour, trempée couleur jaune paille foncé et terminée à la meule.



Fig. 3
Pointeau calibre.

Le pointeau calibre (fig. 3) se fait sur le tour et doit posséder un têton ; il se trempe comme les précédents.

Polissage (Voir *Machine à polir*).

Polygone. Un polygone est une surface à un nombre quelconque de côtés. L'ensemble des lignes qui déterminent le polygone est le contour ou le *périmètre* du polygone.

Les polygones sont désignés d'après le nombre de leurs côtés.

Le *triangle* est un polygone à trois côtés.

Le *quadrilatère* est un polygone à quatre côtés.

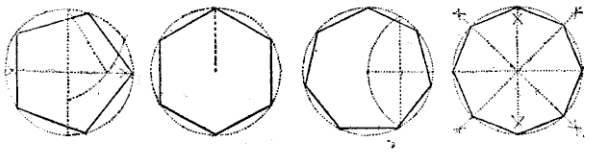


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

Le *pentagone* (fig. 1) est un polygone à cinq côtés.

L'*exagone* (fig. 2) est un polygone à six côtés.

L'*heptagone* (fig. 3) est un polygone à sept côtés.

L'*octogone* (fig. 4) est un polygone à huit côtés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un polygone *inscrit* est celui qui se trouve dans un cercle et dont tous les côtés sont des cordes, comme les figures 1, 2, 3 et 4.

Un polygone *circonscrit* (fig. 5) est celui qui est formé autour d'un cercle et dont tous les côtés sont des tangentes.

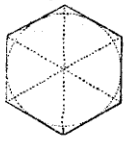


Fig. 5

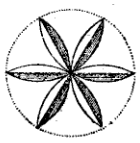


Fig. 6



Fig. 7

Un polygone en forme de rose (fig. 6) se nomme *rosace.*

Un polygone *étoilé* (fig. 7) est celui dont les côtés sont coupés et forment des pointes qui représentent une étoile.

Un pelygone *régulier* est celui dont les côtés et les angles sont égaux comme les polygones précédents.



Fig. 8

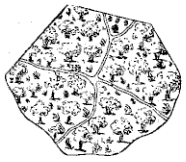


Fig. 9

Un polygone *irrégulier* (fig. 8 et 9) est celui dont les côtés et les angles sont inégaux (voir *Surface).*

Pompes. Les pompes sont des machines qui sont le plus généralement employées pour élever les eaux. C'est par la pression naturelle de l'air sur la surface du liquide, qu'on explique le jeu des pompes.

Il y en a plusieurs espèces, dont les principales sont : 1° la pompe aspirante ; 2° la pompe foulante ; 3° la pompe aspirante et foulante ; 4° la pompe rotative.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pompe aspirante. Cette pompe se compose d'un corps de pompe A (fig. 1) et d'un tuyau d'aspiration B plongeant dans le liquide que l'on veut élever. Deux soupapes s'ouvrant de bas en haut sont placées, l'une dans le piston C, l'autre en D à la jonction du corps de pompe et du tuyau d'aspiration. Le liquide s'écoule par un tube latéral et le piston dans son plus grand abaissement doit atteindre la soupape D.

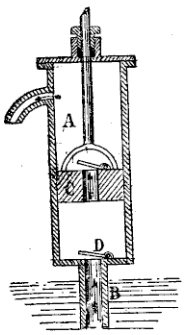


Fig. 1

Quand le piston est au bas de sa course, la soupape C se ferme par la pression de l'atmosphère, et si on le relève, le vide se fait en dessous; l'air du tuyau d'aspiration ouvre la soupape D et se répand dans le corps de pompe, occupant alors un volume plus grand, il perd de sa force élastique, et la pression atmosphérique à la surface du liquide le fait monter dans le tube B. En abaissant le piston on comprime l'air du corps de pompe, la soupape D se ferme et la soupape C s'ouvre pour donner passage à l'air qui s'échappe. En faisant fonctionner le piston à nouveau les mêmes phénomènes se reproduisent; l'air du tube B se trouve continuellement raréfié. A mesure que cette raréfaction avance, le niveau du liquide s'élève et si la soupape D est à une hauteur plus faible que celle où la pression atmosphérique peut élever le liquide, celui-ci ouvrira cette soupape et pénétrera à son tour dans le corps de pompe A, d'où il s'écoulera par l'ouverture latérale.

Pour élever l'eau à l'aide de cette pompe, il faut que la soupape D soit à moins de $10^{m},3$ du niveau

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du liquide. Pour élever le mercure, cette soupape devrait être à moins de $0^m,76$ et pour bien faire elle doit toujours être à une hauteur moindre que celle où la pression atmosphérique élèverait le liquide dans un tube vide.

Le piston de ces pompes peut être garni en plomb, en chanvre, en cuir, en caoutchouc, en segments métalliques, etc., l'essentiel c'est que la garniture s'applique exactement contre les parois du corps de pompe, car s'il y avait de l'air l'aspiration ne se ferait pas.

Les soupapes ou clapets sont quelquefois en bronze, mais le plus généralement en cuir, clouées par un de leurs bords sur les côtés de l'ouverture qu'ils doivent fermer au besoin, et auxquels on donne la roideur nécessaire, en clouant en dessus et quelquefois en dessous, des rondelles métalliques.

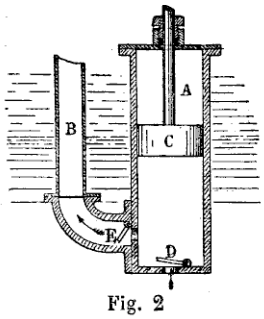


Fig. 2

La *pompe foulante* (fig. 2) se compose d'un corps de pompe A communiquant latéralement à sa partie inférieure avec un tuyau d'ascension B. Le piston C est plein. Deux soupapes sont nécessaires : l'une D à la partie inférieure du corps de pompe, l'autre E au commencement du tuyau d'ascension. La soupape D fonctionne de bas en haut, et la soupape E de dedans en dehors. Considérant le piston au bas de sa course et la partie inférieure du corps de pompe plongeant dans l'eau, si on soulève le piston l'eau ouvre la soupape D et remplit le corps de pompe sous la pression de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'air à sa surface. Lorsqu'on abaisse le piston, l'eau se trouve comprimée, ferme la soupape D, ouvre la soupape E et s'échappe par le tuyau d'ascension.

Le liquide ne s'écoule généralement que pendant la descente du piston, mais il est facile d'obtenir un jet continu avec un réservoir à air. Le tube B conduit le liquide dans ce réservoir où se trouve emprisonnée une certaine quantité d'air ; à mesure que l'eau s'y introduit, le volume occupé par l'air diminue et sa force élastique augmente ; de la partie inférieure du réservoir part un autre tube par lequel le liquide jaillira continuellement sous la pression du piston dans sa descente et en vertu de l'élasticité de l'air comprimé quand il monte. En relevant d'une certaine hauteur, dans la pompe aspirante, le tube par lequel l'eau se déverse on a la pompe aspirante élévatoire qui est une véritable pompe aspirante et foulante.

La longueur que l'on peut donner aux tuyaux d'ascension n'a pour ainsi dire pas de limite, il y en a qui ont jusqu'à 400 mètres de hauteur.

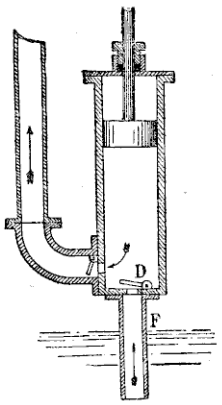


Fig 3

La pompe *aspirante et foulante* est en tout semblable à la précédente, elle possède seulement en plus un tuyau F (fig. 3). Comme dans la pompe aspirante sa soupape **D** doit être à moins de $10^{m},3$ du niveau de l'eau et en général à une hauteur variant suivant les densités des liquides. Si les soupapes sont remplacées par des clapets, il faut veiller à ce que ces derniers et leurs sièges soient

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toujours en parfait état de propreté, de même que tous les joints de la pompe doivent être parfaitement étanches, car si la pompe prend de l'air elle n'aspire plus. Le graissage des pistons s'il en est besoin ne doit pas se faire à l'huile.

Une pompe très employée par sa simplicité et son bon fonctionnement est la pompe *Letestu* dont la particularité est de posséder un piston en cuir embouti en forme d'entonnoir. Par cette disposition lorsque le piston descend, son rebord se relève donnant ainsi un large passage au liquide. A la montée au contraire, ce même rebord vient s'appuyer fortement contre les parois intérieures du corps de pompe et la fermeture est complète.

Des pompes plus compliquées sont les pompes à incendie à vapeur dont le fonctionnement et l'entretien doivent être confiés à des ouvriers sérieux et bien au courant de leur métier.

Dans quelques pompes aspirantes et foulantes, on a remplacé le mouvement de va et vient par un mouvement de rotation continu. La première *pompe centrifuge* puissante de ce genre est due à *Appold*.

Pompe alimentaire. Il est nécessaire d'alimenter la chaudière d'eau à mesure que celle-ci se vaporise. Or, c'est la machine elle-même qui est chargée de ce travail. A cet effet on lui adjoint une pompe aspirante et foulante horizontale (fig. 1), verticale (fig. 2), dont la tige reçoit généralement son mouvement de va et vient d'un excentrique placé sur l'arbre de couche.

Dans les machines à condensation par injection directe, elle aspire son eau à la bâche, parce que cette eau est déjà un peu chaude (40° environ); dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les machines à condensation par surface, elle aspire l'eau de condensation qui est refoulée par la pompe à air dans une capacité spéciale ; enfin dans les machines sans condensation, l'aspiration se fait : soit dans un puits, soit à la mer, soit dans des bâches, etc. Dans tous les cas,

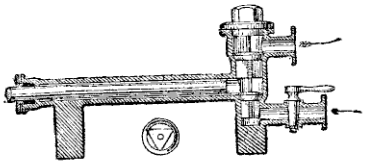


Fig. 1

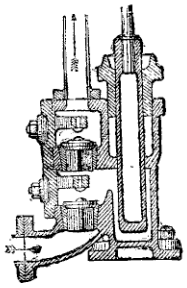


Fig. 2

l'eau refoulée par la pompe alimentaire se rend au générateur au moyen d'un tuyau spécial.

Quand tout est en bon état, une pompe alimentaire fournit plus d'eau qu'il en est nécessaire, au moins trois fois plus, à cet effet pour empêcher le niveau d'eau de s'élever, le chauffeur doit fermer une soupape placée sur le tuyau de refoulement, l'eau ne trouvant plus d'issue, soulève une autre soupape disposée dans la boîte alimentaire et retourne à la bâche. Cette dernière soupape s'appelle *soupape de trop plein.*

Si la soupape de trop plein n'existe pas, on ferme tout simplement le robinet de prise d'eau et la pompe fonctionne à vide.

La pompe alimentaire doit être vérifiée de temps à autre et il faut s'assurer qne les clapets ne sont pas encrassés et portent bien sur leur siège.

La pompe alimentaire est remplacée avec avantage par l'injecteur, qui permet l'alimentation sans l'intermédiaire de la machine. (Voir *Injecteur.*)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pompe à air. La pompe à air a pour objet d'aspirer à chaque instant dans le condenseur l'eau qui a servi à la condensation de la vapeur et de la rejeter au dehors ; on lui donne le nom de pompe à air parce qu'elle aspire en même temps que l'eau, l'air qui se trouve dans le condenseur et qui provient : soit de l'air que l'eau froide tient en dissolution, soit de l'air qui rentre du dehors dans le condenseur par les petites fuites que peut présenter ce dernier. Les clapets de pompe à air sont en caoutchouc vulcanisé, dont l'épaisseur varie de 12 à 20 millimètres, avec toiles interposées. Ils fonctionnent sur des grillages dont la section libre est 1/3 à 1/2 de la surface du piston. Le corps de pompe possède presque toujours une cheminée intérieure en bronze. Le piston également en bronze est garni de chanvre, mais il est préférable de le tourner très juste avec de nombreuses cannelures, sans aucune garniture. Une chose essentielle c'est que le piston soit toujours recouvert d'eau.

Quand la pompe est *horizontale*, et que la vitesse du piston est modérée (environ 1 mètre par seconde), on peut la commander directement depuis le piston, soit par une tige spéciale (machines marines), soit par une contre-tige, en plaçant le condenseur en arrière du cylindre. Cette dernière disposition est commode pour l'entretien, mais présente l'inconvénient d'allonger beaucoup l'assise de la machine ; il est bon de réunir la contre-tige du piston à vapeur, et la tige du piston de la pompe, par un manchon qui laisse à l'une des tiges un certain jeu latéral.

Lorsqu'on place la pompe dans l'étage inférieur de la fondation, on lui donne généralement le mouvement au moyen d'un balancier placé verticale-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment, et dont l'extrémité supérieure est reliée à la tête du piston par deux petites bielles.

On fait aussi des pompes à air *inclinées* à environ 45 degrés, auxquelles on donne directement le mouvement au moyen d'un excentrique calé sur l'arbre de la manivelle.

Quand la pompe à air est *verticale*, il est facile de la commander directement au moyen d'une contre-manivelle, ou même depuis un prolongement du manneton; dans les machines verticales, on peut employer un excentrique. Dans quelques machines horizontales, on place deux pompes à air verticales à simple effet, mises en mouvement, en sens opposé, par deux bras d'un balancier vertical.

Pompes centrifuges. Les

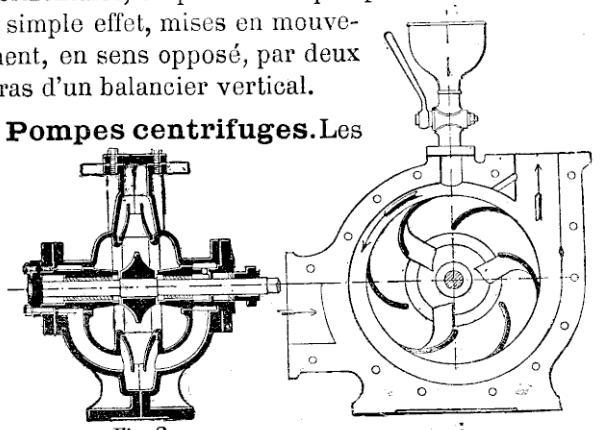


Fig. 2

pompes centrifuges sont principalement employées pour élever de grandes quantités d'eau à une faible hauteur.

L'effet utile de ces pompes est d'environ 60 %, à la condition toutefois

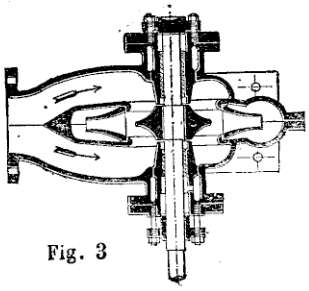


Fig. 3

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que la hauteur d'aspiration soit moindre que 4 mètres et que la hauteur d'ascension ne surpasse pas 15 mètres, car, pour des hauteurs plus considérables, l'effet utile est de beaucoup diminué.

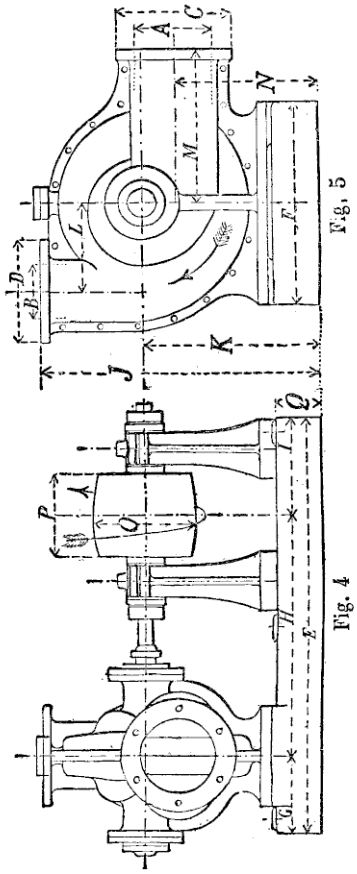


Fig. 5

Fig. 4

Le corps de la pompe se construit en deux parties, jointes à boulons dans le plan de symétrie (fig. 1 à 5, type de *L. Dumont*, à Paris). Le nombre des aubes ou palettes varie de 6 à 12 Des conduits intérieurs amènent l'eau autour des douilles des paliers, pour empêcher l'échauffement et pour éviter les rentrées d'air. Un petit canal permet le dégagement des bulles d'air entraînées accidentellement, qui s'accumuleraient au sommet de la pompe. Le diamètre du refoulement est moindre que celui de l'aspiration, à cause de la grande vitesse dont l'eau est animée au sortir de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pompe. On le raccorde, par un cône très allongé, avec le reste de la conduite, qui a le diamètre de l'aspiration.

On attèle quelquefois directement la pompe centrifuge à un moteur à grande vitesse monté sur le même arbre.

Pour les grandes pompes c'est très pratique, mais il faut avoir soin de choisir des machines spécialement affectées à ce genre de travail. Ordinairement la commande se fait par courroie et doit être l'objet d'un montage soigneux.

Pompes rotatives. Il n'y a peut-être pas de machine qui ait plus exercé l'imagination des inventeurs. Le défaut général des nombreux systèmes que l'on rencontre, est que le passage de l'eau, entre les organes de la pompe, se trouve gêné, à certaines périodes du mouvement, les sections d'écoulement étant insuffisantes, ce qui occasionne des pertes de travail et souvent des chocs.

Les pompes rotatives se divisent en deux classes : les pompes à un axe et les pompes à deux axes.

Les premières n'ont jamais donné des résultats bien satisfaisants. Leur construction intérieure étant trop délicate, et le frottement des palettes à l'intérieur absorbant une grande partie du travail moteur.

Quant aux secondes, il en existe de plusieurs types, mais aujourd'hui d'avis unanimes, c'est la pompe *Greindl* qui est le type le plus parfait.

Elle se compose (fig. 1, 2, 3 et 4), d'une capacité en fonte alésée, avec deux fonds dressés, dans la-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quelle se meuvent deux rouleaux cylindriques à palettes et échancrures. La pompe ne travaille que dans un sens, les deux rouleaux tournent ensemble et en sens contraire, étant maintenus en exacte correspondance par une paire d'engrenages à chevrons calés sur leurs axes.

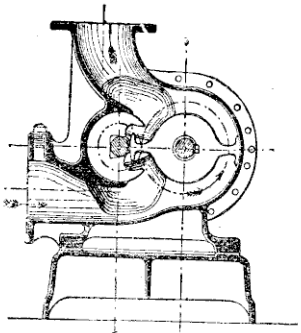


Fig. 1

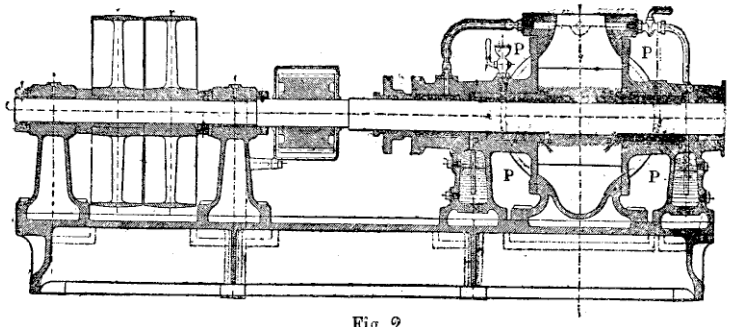


Fig. 2

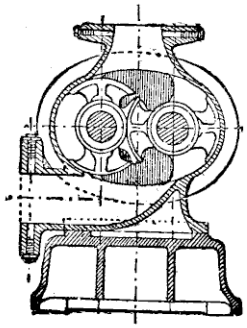


Fig. 3

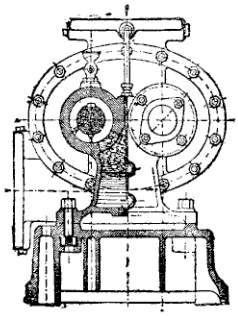


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le type le plus commun est celui de la figure 1. Ce sont les deux palettes du rouleau de droite qui font office de piston, et qui dans leur mouvement de rotation continu, entrent alternativement dans une échancrure de forme épicicloïdale ménagée sur toute la longueur du rouleau de gauche. Les engrenages reliant les axes donnent au rouleau de gauche une vitesse de rotation double de la vitesse du rouleau de droite, ce qui assure le dégagement successif des deux palettes par l'échancrure unique.

Dans les moments où le passage de l'échancrure interrompt le contact entre les circonférences des rouleaux, il y a contact entre la surface cylindrique de l'extrémité d'une palette et le fond de l'échancrure, lequel est également cylindrique et concentrique à son arbre. Les contacts ci-dessus ne sont cependant pas rigoureux, les pièces étant ajustées aussi exactement que possible sans qu'il y ait frottement. La paroi de l'échancrure est brute de fonte, et il y a du jeu à l'introduction et à la sortie de la palette dans la chambre du rouleau échancré, de telle sorte qu'une certaine usure peut se produire aux engrenages sans qu'aucun inconvénient grave puisse en résulter, par le dérangement des positions angulaires respectives des deux axes.

Les sections offertes au passage de l'eau tant du côté de l'aspiration que du côté du refoulement sont telles, qu'une molécule d'eau traversant l'appareil, y conserve une vitesse sensiblement constante et uniforme, ce qui exclut toutes pertes de travail dues à l'inertie. A cet effet dans les moments où les sections d'afflux ou d'échappement, offertes à l'eau entre les organes en mouvement, décroissent et tendent à nécessiter une accélération des filets

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

liquides, ceux-ci trouvent, par des poches latérales, ménagées aux couvercles, des issues supplémentaires. C'est cette disposition qui caractérise les pompes Greindl, et assure l'uniformité du passage de l'eau dans la machine. Les intermittences et les effets d'inertie étant ainsi évités, il s'en suit que pour un même appareil, on peut faire varier dans de grandes limites la vitesse de rotation, le débit réalisé et le travail dépensé, sans que l'effet utile subisse de trop grandes variations.

Les figures 2, 3, et 4 représentent la nouvelle pompe Greindl, dans laquelle les denx rouleaux ou pistons rotatifs sont identiques et tournent avec la même vélocité.

En P, P (fig. 2) sont les poches latérales de dégagement; sur la figure 3 les orifices de ces poches sont couverts de hachures verticales.

Le graissage peut se faire à l'eau en mettant les parties des axes en communication avec le refoulement par deux tuyaux, comme celui de la gauche de la figure 2. Si on le fait à l'huile, on charge cette dernière par les robinets graisseurs (dont un seul est figuré) ; cette huile se loge dans la partie inférieure des supports creux, et on la fait remonter peu a peu sur les portées, en mettant ces capacités en communication avec le refoulement par deux tuyaux avec robinet, comme on le voît à droite de la figure. La pompe Greindl réunit les avantages des pompes à pistons et des pompes centrifuges, elle aspire au maximum pratique de profondeur, et refoule à des hauteurs quelconques, les gaz aussi bien que les liquides ; elle est insensible aux rentrées d'air et s'amorce d'elle-même. Son installation est très simple, sa vitesse de marche est faible, ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui a l'avantage de ne pas être obligé d'avoir recours à une série de transmissions intermédiaires ; ainsi, une pompe dont le débit est de 20.000 litres par minute, ne tourne qu'à une vitesse de 130 tours.

Elle comprime l'air à 6 atmosphères au besoin et fait un vide de 0,70 m. de mercure. Son rendement est de 0,80 à 0,95 et le travail utile les 0,80 du travail moteur.

A la place de pompe, toutes les fois que l'on dispose d'un cours d'eau avec lequel on peut déterminer une chute soit par un barrage, soit par l'effet d'un puits absorbant, on peut employer avec avantage un appareil d'invention toute française, désigné sous le nom de *bélier hydraulique* imaginé par *Montgolfier* en 1796 (Voir le *Journal des Mines*, N° 73, vol. 13, Juillet 1802), pour élever à une hauteur et sur un parcours quelconque, une certaine quantité de l'eau fournie par le ruisseau, la source ou la chute naturelle sans avoir à s'occuper nullement de l'appareil qui marche avec régularité.

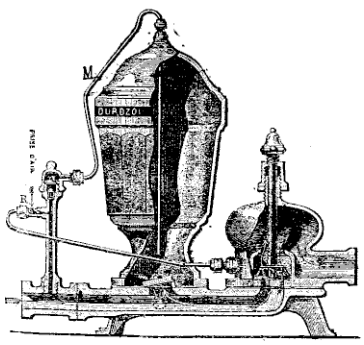


Fig. 1

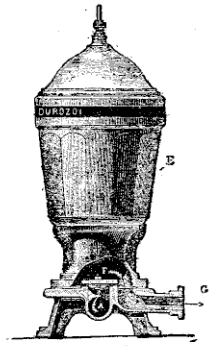


Fig. 2

Le fonctionnement s'opère de la façon suivante (fig. 1 et 2) :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On met en communication par un tuyau d'un diamètre et d'une longueur déterminés, la chute avec le bélier, l'eau arrive dans la tubulure du corps du bélier A, avec une vitesse proportionnelle à la hauteur de chute sous la soupape F et le clapet en bronze N. L'eau soulève la soupape et pénètre dans le récipient d'air E parfaitement étanche placé directement au-dessus d'elle, en comprimant l'air qui y est contenu, jusqu'à ce que l'équilibre des pressions s'établisse.

Dans ce temps la vitesse de l'eau se trouve réduite quand elle vient à rencontrer le clapet N, il en passe alors une certaine quantité par les orifices percés latéralement autour de la partie qui lui sert de guide, pendant que sous la poussée de cette eau il s'élève verticalement, et cela jusqu'au moment où il est collé sur son siège.

A ce moment it se produit un choc assez violent déterminé par l'arrêt brusque de toute la colonne d'eau, la réaction de ce choc imprime à celle-ci un mouvement de recul, mais comme elle n'est pas compressible, elle soulève la soupape F et pénètre dans le récipient d'air.

Le volume introduit comprime l'air qui y est renfermé, lequel réagit sur cette eau et la force à s'évacuer par la tubulure G sur laquelle se raccorde le tuyau d'ascension.

Au moment où la réaction du choc du clapet N imprime à l'eau un mouvement de recul, celui-ci qui était collé sur son siège retombe de son propre poids, jusqu'au moment où l'eau ayant repris sa vitesse primitive, le même mouvement ait lieu.

Un excellent perfectionnement dû à M. *Durozoi* de cet appareil, consiste dans l'adaptation au bélier

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'un appareil automatique d'alimentation d'air dont voici la description.

Au moment où l'eau est animée d'une certaine vitesse, le niveau de l'eau contenu dans le tube de l'appareil d'alimentation d'air baisse, il se forme par ce fait un certain vide au-dessus d'elle ; à ce moment, l'air extérieur pénètre par le petit orifice R de prise d'air placé sur la tubulure de gauche de l'appareil.

Lorsque l'eau revient sur elle-même dans le corps du bélier, le niveau dans le tube de l'appareil s'élève, dépasse la tubulure de prise d'air, forme obturateur de ce côté et en même temps comprime l'air qui se trouve entre elle et le dessous du petit clapet de retenue. Quand la pression est suffisante pour le soulever, cet air passe dans le récipient **E** par le tube M. Ce n'est donc autre chose qu'une pompe à air fonctionnant sans mécanisme, l'entretien en est donc nul et le fonctionnement assuré. On a toujours dans le récipient E de l'air à une tension pouvant faire équilibre à n'importe quelle hauteur de colonne d'ascension.

Le travail utile de cet appareil peut s'élever pratiquement à 80 %.

L'entretien en est presque nul et il peut fonctionner d'une façon continue sans surveillance.

Pour obtenir de bons résultats la hauteur de chute ne doit pas être inférieure à $0^m,50$ et les principaux renseignements nécessaires et qu'il faut connaître pour une installation de ce genre sont :

1° La hauteur de chute ;

2° La quantité d'eau à la minute fournie par cette chute ;

3° La distance de la chute au bélier ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

4° La longueur de la conduite de refoulement ;

5° La hauteur à laquelle on désire élever l'eau.

Connaissant les éléments ci-dessus, pour connaître le débit du bélier à la hauteur voulue, d'après le débit de la source alimentant la chute, on procède de la manière suivante :

Multiplier par 0,65 la quantité d'eau en litres fournie par la chute à la minute, multiplier le produit obtenu par la hauteur de chute exprimée en mètres, diviser ce deuxième produit par la hauteur à élever l'eau également exprimée en mètres.

Le quotient obtenu donne en litres et fractions de litre la quantité d'eau élevée à la minute.

Pompes pour l'alimentation des chaudières. Les figures 1 et 2 représentent une pompe à main de ce genre avec piston plongeur.

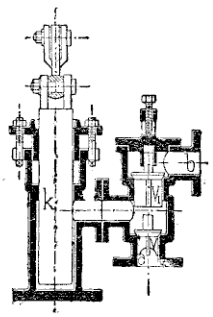


Fig. 1

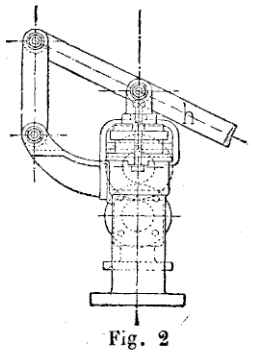


Fig. 2

Le piston plongeur *k* est mis en mouvement par le levier *h*. Quand *k* se soulève, l'eau aspirée arrive en *a* et la soupape *v* lui livre passage; quand le piston baisse, au contraire, la soupape *v* se ferme; v_1 se lève et l'eau est expulsée par la tubulure *b*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La pompe représentée par la figure 3 a son cylindre incliné, son piston est mis en mouvement par l'excentrique d'une machine à vapeur, v est la soupape d'aspiration, v_1 la soupape de refoulement. L'eau entre par r, et passe par r_1 vers la chaudière; w est un réservoir d'air.

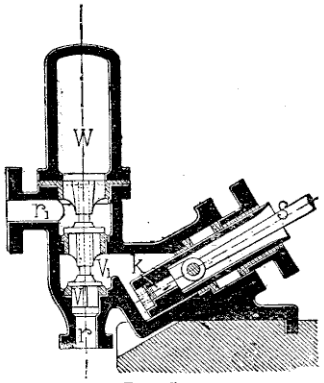
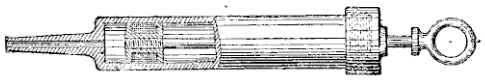


Fig. 3

La tige de l'excentrique s est fixée à œil à l'extrémité inférieure du piston plongeur qui est creux (à l'aide d'un boulon K). Le guidage et le graissage sont par suite très bons, et c'est ce qui doit faire préférer ce modèle à la disposition horizontale qui est très employée.

Pompe d'injection. Cette pompe désignée vulgairement sous le nom de *seringue* est utilisée par les tourneurs, les perceurs au cliquet, etc., pour injecter de l'eau, de l'huile, de l'essence, etc., sur les parties à travailler. Elle est quelquefois en fer, mais le plus souvent en laiton. Le piston peut pos-



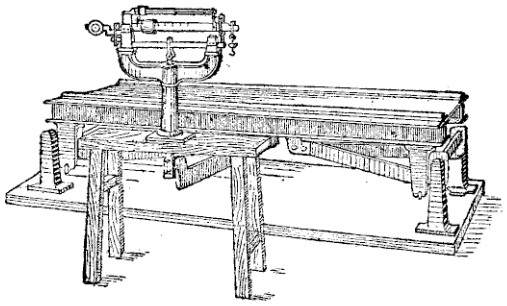
séder des segments métalliques comme garniture, mais pour plus de simplicité il est préférable d'employer le chanvre.

Comme dimensions intérieures, on peut lui don-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ner de 25 à 40 millimètres de diamètre et de 150 à 200 millimètres de longueur suivant l'emploi le plus général auquel on la destine.

Pont à bascule. Le *pont-bascule* est un appareil disposé pour le pesage des chargements sur voitures, wagons, etc. Ce n'est qu'une forte bascule



sur le tablier de laquelle peuvent être disposés des rails. Un pont-bascule doit avoir sa force au moins d'un tiers plus élevée (voir *Pont à bascule*, page 36) que le maximum des charges qu'il est appelé à appelé à recevoir. Ses organes et sa mise en place s'il est scellé doivent être l'objet des mêmes attentions, des mêmes soins qn'une bascule ordinaire et être soumise de temps à autre à des vérifications permettant de se rendre compte qu'il n'est pas dérangé.

Porte-lame. Le porte-lame ordinaire (fig. 1) et le porte-lame qui travaille en remontant (fig. 2) sont des outils qui doivent être tout en acier et sont destinés à la machine à percer.

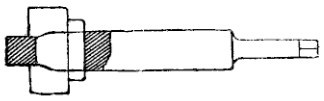


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Leur emmanchure doit se faire de façon à s'engager exactement et sans jeu dans l'arbre sur lequel ils doivent servir

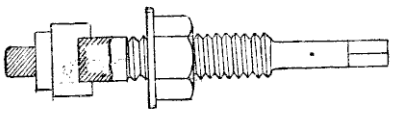
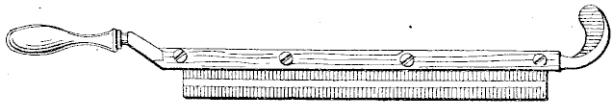


Fig. 2

afin qu'il n'y ait pas de balottage. Les mortaises doivent être bien au centre et par conséquent les parties plates qui doivent recevoir les talons de la lame, sans quoi le montage serait défectueux.

Porte-limes. Le porte-limes est un instrument dans lequel on enchâsse la lime pour faciliter la refente d'une pièce quelconque.



Porte-outils. Les porte-outils (fig. 1, 2, 3), sont utilisés pour activer la production du travail,

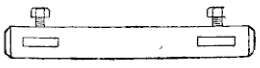


Fig. 1

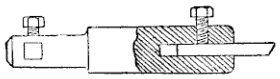


Fig. 2

mais il faut avoir soin de ne les employer qu'avec connaissance et s'être assuré qu'il y a économie, au lieu d'avoir recours à une autre façon de procéder.

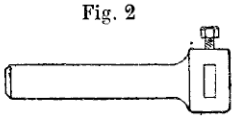


Fig. 3

Poulies. Les *poulies* se construisent, en fonte en une ou plusieurs pièces, en fer et même en bois, dans ce dernier cas, elles prennent alors le nom de *tambour*. Le diamètre des poulies doit toujours être en rapport avec les vitesses que l'on désire obtenir.

Les poulies les plus ordinaires sont celles repré-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sentées par la figure 1, l'une A est fixée et clavetée sur l'arbre, l'autre B qui est *folle* doit être alésée à un diamètre un peu plus grand pour être libre et son diamètre extérieur, légèrement bombé, doit être le même que celui de la précédente. Un léger jeu se conserve entre les deux poulies, mais pas assez grand pour que la courroie puisse s'y engager dans son passage de l'une à l'autre. La poulie folle doit posséder un ou plusieurs trous graisseurs aboutissant à son centre et que l'on peut munir chacun d'un bouchon système *Barbat*, pour empêcher la poussière de s'y engager.

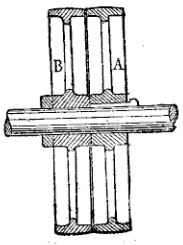


Fig. 1

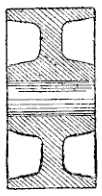

Fig. 2


Fig. 3

Lorsque les poulies sont pleines, il est bon de les tourner complètement si elles doivent être animées d'une grande vitesse, afin d'obtenir une répartition égale de la matière dans tout le corps.

Lorsque l'on a une poulie qui doit en commander deux autres comme la précédente, on la fait généralement au moins de la largeur de ces deux dernières (fig. 2), pour éviter que la courroie ne tombe souvent, mais si pour une cause ou pour une autre on ne peut l'employer, il faut alors avoir recours à celle figure 3, que l'on tourne bien cylindrique extérieurement en lui conservant un petit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cordon au centre, plus ou moins fort suivant la tendance de la courroie à tomber.

Pour les transmissions par câbles on se sert de poulies à une ou plusieurs gorges suivant les besoins. Dans le cas où la poulie sert de volant on lui donne de 80 à 100 fois le diamètre du câble, pour les autres cas; 40 à 50 fois le diamètre du câble est suffisant.

Poulies système Piat. Ces poulies ont été créées dans le but de supprimer, dans l'établissement des transmissions, les galets et les poulies de renvoi que l'on était obligé, jusqu'ici, d'établir entre deux arbres se commandant, dont les directions n'étaient pas parallèles ou qui n'étaient pas dans le même plan.

Les simplifications considérables qu'elles apportent dans les installations, laissent les industriels et les ingénieurs complètement libres de disposer, à leur gré, les bâtiments de leurs usines et d'utiliser des bâtiments existants sans être obligé d'y faire des transformations souvent très coûteuses, comme il arrive quelquefois lorsqu'il s'agit d'installer de nouvelles machines et de nouvelles transmissions pour augmenter les moyens de fabrication.

Les dispositions des transmissions ne sont plus liées étroitement à celles des murs et des charpentes ; les usiniers ont ainsi les coudées franches pour l'agencement de leur outillage.

L'emploi de ces appareils universels permet d'utiliser les terrains des usines et des ateliers sans avoir d'autres préoccupations que la libre circulation des hommes, des matériaux et la manipulation des pièces.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quelle que soit la position d'un arbre par rapport à un autre, ces poulies universelles permettent de lui communiquer directement le mouvement sans employer d'organes intermédiaires encombrants, difficiles à monter, dont les positions dans des plans obliques sont souvent difficiles à déterminer et qui ont pour le moindre inconvénient celui d'augmenter dans de notables proportions le prix de la transmission.

Dans la figure 1 la poulie universelle est montée à l'extrémité de l'arbre ; dans la figure 2 elle est montée en un point quelconque.

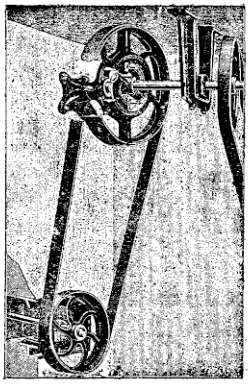


Fig. 1

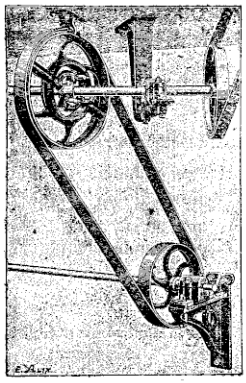


Fig. 2

On voit aisément que la direction de la poulie est d'abord assurée d'une manière invariable par un axe fixé dans un support (fig. 1), ou par coulisse (fig. 2), ou, dans d'autre cas, par des galets ; la poulie lie est ensuite reliée à l'arbre par une suspension à la Cardan.

La poulie universelle représentée (fig. 3) est munie d'un dispositif basé sur le même principe que celui du manchon universel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sa construction est d'une très grande simplicité, son montage par conséquent, et son emploi est naturellement indiqué lorsque les poulies ont un diamètre notable.

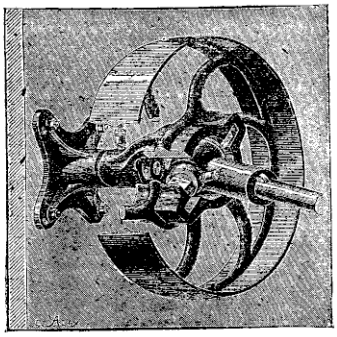


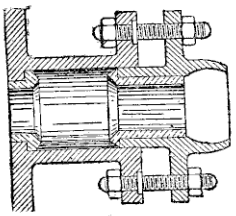
Fig. 3

Les dispositions indiquées ci-dessus s'emploient pratiquement lorsque l'angle formé par les directions des deux arbres est inférieur à 15°.

Au-dessus de 15° on utilise une autre disposition très simple, dans laquelle l'une des poulies ci-dessus est accolée au manchon universel.

De cette manière, la transmission de mouvement d'un arbre à l'autre est rigoureusement uniforme, quel que soit l'angle des deux arbres.

Presse-étoupe. Le presse-étoupe que l'on désigne encore sous le nom de *presse-garniture* et de *stuffing-box* affecte différentes formes, mais le résultat à obtenir est toujours le même, éviter les fuites. Les matières employées comme garniture sont: le chanvre, le cuir, le feutre, etc. Les cordes d'amiante font un très bon usage. La garniture en fil de cuivre jaune, enroulé lâche sur la tige comme sur une bobine, dure très longtemps, etc. La bague et le chapeau se font en bronze; les surfaces de pres-



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sion sont souvent planes, mais le plus souvent bisautées et légérement arrondies. Quelquefois sur le milieu de sa longueur, le presse-étoupe est muni d'une bague destinée à recevoir la matière lubrifiante.

Pression et presse hydraulique. Pour obtenir de fortes pressions avec une force assez faible, on a recours à la presse hydraulique. Cet instrument a été imaginé par *Pascal* et réalisé à Londres en 1796 par *Bramah*.

Elle est très employée en mécanique pour l'essai des métaux, l'emmanchement des pièces tournées ou rabotées, etc.

Pour éviter la congélation du liquide en hiver, il n'y a tout simplement qu'à ajouter à ce dernier un peu de glycérine. Dans certaines usines, on remplace l'eau par de l'huile, ce qui a l'avantage de maintenir tous les cuirs en bon état.

La pression à laquelle elle fonctionne est indiquée en atmosphères ou en kilos.

Pour l'emmanchement d'une pièce, le tourneur doit savoir le maximum de pression qu'il peut employer pour ne pas la détériorer, soit 10, 20, 40, 100, 500, etc., atmosphères. Si c'est un arbre, par exemple, et que celui-ci soit déjà tourné, il doit s'assurer qu'il est parfaitement cylindrique, régler sur place au diamètre trouvé, une jauge mobile graduée au moins au vingtième et la régler à nouveau avec 2, 3, 4, etc., vingtièmes en moins, suivant le serrage qu'il veut obtenir, et aléser la pièce suivant cette dernière mesure.

Si c'est un arbre à tourner, il doit s'assurer que l'alésage est parfaitement rond et lisse, sinon en tenir compte, prendre sa dimension avec une jauge

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mobile et augmenter cette dimension de 2, 3, 4, etc., vingtièmes pour pouvoir donner le serrage voulu.

Dans le cas d'un arbre ou d'un alésage ovale, il faut avoir soin de se baser sur un diamètre moyen, il faut également tenir compte de la longueur de l'emmanchure, des métaux employés, etc., etc., qui sont autant de facteurs à prendre en considération pour obtenir un bon résultat.

Si rien ne s'y oppose, le tourneur doit autant que possible assister à l'opération et prendre bien note du nombre d'atmosphères nécessaires à l'emmanchement et en déduire la valeur par dixième de millimètres en plus ou en moins, prendre également note de cette dernière valeur pour que si des travaux semblables ou à peu près viennent à se présenter, il n'ait pas à tâtonner pour le nombre de dixièmes à mettre en plus ou en moins à son arbre ou à son alésage.

Avec un piston de 400 de diamètre et pièces de résistance, on peut prendre 3/20 à 10 atmosphères pour 100 millimètres de diamètre, 9/20 à 50 atmosphères pour 200 de diamètre, etc.

Il faut également que les congés, les longueurs, etc., soient bien en rapport pour éviter de démancher ce qui occasionne une perte de temps et un mauvais travail.

Si le manomètre employé est marqué en atmosphères et que l'on désire savoir par atmosphère la pression correspondante en kilos à la surface du piston, on a tout simplement qu'à multiplier cette surface par 1 k,0336.

Soit pour un piston de 100 de diamètre, on aura :

100 × 3.1416 × 1.0336	=	81kg,367	par atmosp.	
Pour un piston de 200	=	324	715	—
— 300	=	730	610	—
— 400	=	1298	822	—

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Proportions (¹). 1° Une proportion est l'égalité exprimée de deux rapports.

Exemple : $\frac{8}{12} = \frac{18}{27}$.

L'énoncé d'une proportion comprend quatre nombres ou quatre *termes*. Le premier et le dernier termes énoncés s'appellent *extrêmes* (8 et 27 dans mon exemple) ; les deux du milieu, le deuxième et le troisième, s'appellent *moyens* (12 et 18 dans mon exemple).

2° Principe. *Dans toute proportion le produit des extrêmes est égal au produit des moyens.*

Exemple : $\frac{8}{12} = \frac{18}{27}$, $8 \times 27 = 12 \times 18$.

En effet, réduisons nos rapports au même dénominateur suivant la règle générale, mais sans effectuer les calculs :

$$\frac{8 \times 27}{12 \times 27} = \frac{18 \times 12}{27 \times 12}.$$

Ces deux fractions égales ayant le même dénominateur, leurs numérateurs sont égaux ; $8 \times 27 = 18 \times 12$. C. Q. F. D.

3° Réciproquement, *quatre nombres* 8, 12, 18, 27, *étant donnés, si* $8 \times 27 = 12 \times 18$ (1), *on a la proportion* $\frac{8}{12} = \frac{18}{27}$

En effet, en divisant des deux parts l'égalité (1)

(¹) Les proportions ne sont plus d'usage en arithmétique ; le programme officiel prescrit même de ne pas s'en servir. J'en parle ici afin d'expliquer certaines locutions usitées, et surtout parce que la connaissance des principales propriétés des proportions facilite et abrège énormément le travail du tourneur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par 12×27 on trouve $\frac{8 \times 27}{12 \times 27} = \frac{12 \times 18}{12 \times 27}$ ce qui se réduit évidemment à $\frac{8}{12} = \frac{18}{27}$. C. Q. F. D.

4° *Connaissant les trois premiers termes d'une proportion, on trouve le quatrième en faisant le produit des moyens, et en le divisant par l'extrême connu.*

Exemple : $\frac{40}{10} = \frac{60}{x}$.

D'après le n° 2, $40 \times x = 60 \times 10$; donc

$$x = \frac{60 \times 10}{40} = 15. \quad \text{C. Q. F. D.}$$

5° *Moyen proportionnel.* Quand les deux moyens d'une proportion sont égaux, le terme qui se répète s'appelle *moyen proportionnel.*

Exemple : $\frac{18}{12} = \frac{12}{8}$

12 est moyen proportionnel entre 18 et 8.

D'après le n° 2, 12×12 ou $12^2 = 18 \times 8$. Par suite $12 = \sqrt{18 \times 8}$. *Le terme moyen est la racine carrée du produit des extrêmes.*

Telles sont les propriétés principales des proportions.

En voici quelques-unes moins essentielles, mais néanmoins utiles à connaître.

On peut renverser les rapports sans qu'il cesse d'y avoir proportion.

Exemple : Si $\frac{8}{12} = \frac{18}{27}$, $\frac{12}{8} = \frac{27}{18}$.

En effet $1 : \frac{8}{12} = 1 : \frac{18}{27}$; or $1 : \frac{8}{12} = \frac{12}{8}$, et $1 : \frac{18}{27} = \frac{27}{18}$;

donc $\frac{12}{8} = \frac{27}{18}$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On peut augmenter ou diminuer chaque numérateur de son dénominateur sans qu'il cesse d'y avoir proportion.

Exemple : Si $\frac{12}{8} = \frac{27}{18}$, $\frac{12 \pm 8}{8} = \frac{27 \pm 18}{18}$.

En effet, si $\frac{12}{8} = \frac{27}{18}$, $\frac{12}{8} \pm 1 = \frac{27}{18} \pm 1$. En effectuant l'addition ou la soustraction indiquée, on trouve $\frac{12 \pm 8}{8} = \frac{27 \pm 18}{18}$ C. Q. F. D

Prud'hommes (Conseil de). M. *Cunisset-Carnot*, dans son ouvrage la *Conciliation des affaires*, décrit ainsi le Conseil des prud'hommes : « Les Conseils de prud'hommes sont des tribunaux mi-partie de patrons et d'ouvriers et composés d'un nombre égal des uns et des autres. Le nombre des prud'hommes est déterminé par le décret d'institution, suivant l'importance du centre d'industrie et le chiffre probable des affaires. A la tête de chaque conseil sont placés un président et un vice-président. Quant le président est un patron, le vice-président est un ouvrier et réciproquement. Les conseils de prud'homme se divisent en bureau général et en bureau particulier. Le bureau général, composé du président ou du vice-président et d'un nombre égal de patrons et d'ouvriers, deux au moins de chaque catégorie siège deux fois par mois au moins, et juge des différends entre ouvriers et patrons. Le bureau particulier siège au moins une fois par semaine. Il est composé d'un patron et d'un ouvrier et présidé alternativement par un patron et par un ouvrier. Un secrétaire est attaché au Conseil de prud'hommes ; il est nommé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à la majorité absolue des suffrages. (Lois du 18 mars 1806 et du 7 février 1880).

« Les Conseils de prud'hommes ont pour mission de terminer par la voie de la conciliation, ou si la conciliation est impossible, par jugement, dans les limites déterminées, mais toujours dans les formes les plus économiques et les plus expéditives, les contestations qui résultent journellement des rapports du fabricant et de l'ouvrier, du maître et de l'apprenti. Pour être justiciable de cette juridiction, il faut être marchand, fabricant, chef d'atelier, contre-maître, compagnon ou apprenti. »

La juridiction des prud'hommes, créée en mars 1806 à Lyon, a été étendue depuis à un grand nombre de villes industrielles et manufacturières

Les prud'hommes patrons sont élus par les patrons réunis en assemblée particulière ; les prud'hommes ouvriers par les chefs d'atelier, contremaîtres et ouvriers. Ces fonctions exigent des connaissances spéciales que les praticiens seuls peuvent réunir. Elles exigent aussi, avec la sévérité du magistrat, une sorte de bonté paternelle qui tempère l'autorité du juge, permette quelquefois l'indulgence, appelle sans cesse la confiance et aide toujours à la soumission par la douceur.

Ils sont les juges de paix de l'industrie ; leur science, c'est l'équité ; leur objet capital, c'est la conciliation.

L'organisation des Conseils de prud'hommes a été établie ou modifiée par les décrets, lois ou ordonnances des 11 juin 1809, 3 août 1810, 29 décembre 1844, 9 juin 1847, 27 mai et 6 juin 1848, et enfin 1er juin 1853.

Les prud'hommes sont toujours en nombre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pair, de façon qu'il y ait un nombre égal de patrons et d'ouvriers.

Pour être électeur, il faut être Français, âgé de vingt-cinq ans et compter trois ans de domicile au moins dans la circonscription du Conseil qu'il s'agit de constituer.

Pour être élu, il faut être Français et âgé de trente ans au moins et savoir lire et écrire.

Les conditions communes à l'électorat et à l'éligibilité sont les suivantes :

Exercer, comme patron patenté, ou comme ouvrier, depuis cinq ans au moins, l'une des professions comprises dans la juridiction du Conseil; n'avoir pas fait faillite, ou, en cas de faillite, avoir obtenu sa réhabilitation ; enfin, n'avoir jamais été condamné pour un acte contraire à la probité.

Les prud'hommes jugent, en dernier ressort, dans la limite de 200 francs en capital ; au-delà de cette limite, à charge d'appel; l'appel contre les décisions est porté devant le Tribunal de commerce de la circonscription, et, à son défaut, devant le Tribunal civil de l'arrondissement.

Enfin, quand il n'existe pas de Conseil de prud'hommes, les affaires de leur compétence sont portées devant le Juge de paix de leur canton.

On peut dire cependant que les procès coûtent très cher, et l'on peut répéter avec la sagesse des nations : *Mieux vaut un mauvais arrangement qu'un bon procès.*

Puissance des Machines à vapeur. Les immenses progrès réalisés dans la construction des machines à vapeur, font qu'aujourd'hui leur force, se compte par milliers de poncelets et que c'est dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la marine militaire et marchande qu'il faut aller les chercher. Ainsi les ateliers de Fairfield, à Govan sur la Clyde (Angleterre), ont livré cette année un paquebot, le *Luciana*, qui possède deux machines à triple expansion, dont la puissance totale et moyenne développée, a dépassée 25.000 poncelets (30.000 chevaux) indiqués.

Pour les locomotives, les grandes vitesses et les lourdes charges qui leur sont imposées, sont les causes qui ont conduit à en augmenter notablement la puissance qui, dans beaucoup de cas aujourd'hui, dépasse 750 poncelets (1.000 chevaux).

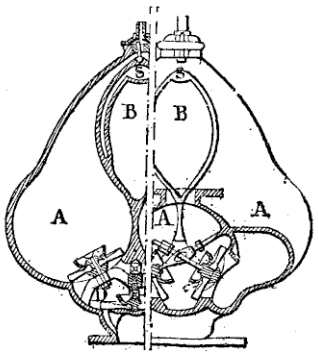
Une des machines les plus puissantes que l'on connaisse est une locomotive Américaine qui traîne 370 tonnes à la vitesse d'environ 95 kilomètres à l'heure. Sa puissance maximum est de 1.350 poncelets (1.800 chevaux) indiqués. Son poids est de 62 tonnes dont 40 chargeant les roues motrices.

De la façon dont on marche, où et quand s'arrêtera la puissance des machines sous l'impulsion incessante des exigences du monde.

Pulsomètre. — Cet appareil d'origine américaine est connu en France depuis l'Exposition de 1878, et il rend de réels services à l'industrie. Son principe est le suivant: un corps de pompe sans piston, plongeant par sa partie inférieure dans l'eau, porte un clapet d'aspiration un peu au-dessus du niveau de l'eau. L'appareil est muni d'un clapet de refoulement avec tuyau correspondant. Le haut du corps de pompe est fermé et communique avec un tuyau de vapeur muni d'un robinet. Si, après avoir rempli de vapeur le corps de pompe, on ferme le robinet de communication, la vapeur se condense

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en partie et détermine un vide partiel. L'eau de la nappe inférieure, poussée par la pression atmosphérique, monte dans le corps de pompe après avoir soulevé le clapet d'aspiration. En même temps, la vapeur se condense. Si, à ce moment, on ouvre le robinet d'amenée de la vapeur, cette vapeur, par sa pression sur l'eau, l'expulsera par le tuyau de refoulement en s'y condensant en partie, et en remplissant le corps de pompe. Si l'on répète la manœuvre du robinet de vapeur en l'ouvrant et en le fermant, on aura un moyen d'élever l'eau du réservoir inférieur des pressées de vapeur successives analogues à des pulsations ou à des battements.



Voilà le principe de l'appareil ; mais, dans l'application, on fait usage de deux corps de pompe : les aspirations sont réunies entre elles, de même que leurs refoulements. En réalité, les corps de pompe ont la forme de poires. A la partie supérieure en S, se trouve un tuyau de prise de vapeur qui se sépare en deux branchements affectés respectivement aux deux ventricules ou compartiments de l'appareil. Les robinets dont on a parlé sont remplacés par deux soupapes qui permettent à chaque ventricule d'être alternativement ouvert ou fermé à l'arrivée de la vapeur, de manière que, pendant qu'un ventricule se remplit d'eau, la va-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peur agit dans l'autre pour expulser, par le refoulement, l'eau qui s'y est introduite. La figure montre à droite une coupe verticale indiquant la chambre et les clapets de refoulement ; à gauche, elle donne la disposition des clapets d'aspiration et le clapet de pied D.

Le pulsomètre est employé pour assécher un puits de mine, une carrière, une cave, mais, en général, pour faire un travail momentané. Mais, pour un service fixe, devant fonctionner à demeure les avantages de simplicité de l'appareil disparaissaient devant la dépense de vapeur à laquelle il oblige. Dans un tel appareil, une partie de la vapeur se condense en pure perte.

Un pulsomètre consomme plus de vapeur qu'il en faut pour actionner une pompe. C'est un appareil qui rend des services dans des cas spéciaux. Il s'installe à peu de frais dans un emplacement restreint, et fonctionne sans aucune surveillance.

M. *Ch. Boivin*, ingénieur à Lille, construit un pulsomètre connu sous le nom de *Parfait pulsomètre* qui présente des perfectionnements de détail sur les anciens pulsomètres. Son assemblage, qui comprend trois pièces, a permis de placer les clapets horizontalement, ce qui donne un meilleur fonctionnement et rend les visites plus faciles. Lorsque les liquides ne sont pas épais, les clapets du pulsomètre sont de simples rondelles en caoutchouc. Si les liquides sont épais ou sableux, les clapets sont des boulets en métal ou en caoutchouc.

On admet que la vapeur à 3 kilogrammes de pression au pulsomètre refoule pratiquement à une hauteur de 20 à 25 mètres. Si la hauteur est plus

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

considérable, on étage plusieurs pulsomètres; celui du fond alimente celui de l'étage supérieur et ainsi de suite. A Paris, la maison *Cuau* construit aussi d'excellents pulsomètres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Q

Quadrilatères. On appelle *quadrilatère* une surface à quatre côtés ; il y a cinq quadrilatères ; le carré, le rectangle, le parallélogramme, le losange et le trapèze.

Le *carré* est une surface renfermée par quatre lignes égales formant quatre angles droits. (Voir *Carré*).

Le *rectangle* est une surface renfermée par quatre lignes égales et parallèles deux à deux, formant quatre angles droits. (Voir *Surface*).

Le *parallélogramme* est une surface renfermée par quatre lignes égales et parallèles deux à deux, formant quatre angles, deux aigus et deux obtus. (Voir *Surface*).

Le *losange* est une surface renfermée par quatre lignes égales, formant quatre angles, deux aigus et deux obtus. (Voir *Surface*).

Le *trapèze* est une surface à quatre côtés, dont deux seulement sont parallèles. (Voir *Surface*).

Le *trapèze rectangle* est celui qui a deux angles droits.

Queue ou contre tige de piston. Pour les pistons, on adopte souvent une queue ou contre-tige, d'un diamètre un peu plus faible que la tige, et destiné à maintenir la rectitude du mouvement du piston dans le cylindre. Cette contre-tige traverse alors le fond du cylindre par un second presse-étoupes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On emploie souvent, dans le même but, des cales interposées entre les bagues élastiques et la partie inférieure du piston.

Queue d'Aronde. On désigne sous le nom de queue d'aronde ou d'*hironde* un ajustage qui se fait au moyen d'entailles exécutées en pyramides tronquées. Son nom lui vient de la ressemblance de

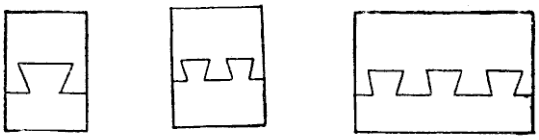


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3

l'entaille avec la queue d'une hirondelle. Cet ajustage s'exécute de plusieurs manières, soit à queue simple (fig. 1), soit à queue double (fig. 2), ou multiple (fig. 3).

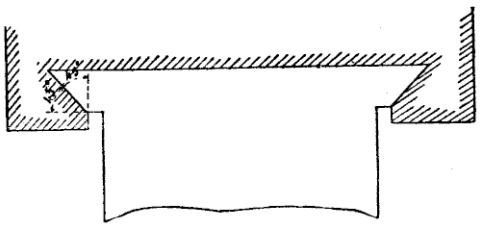
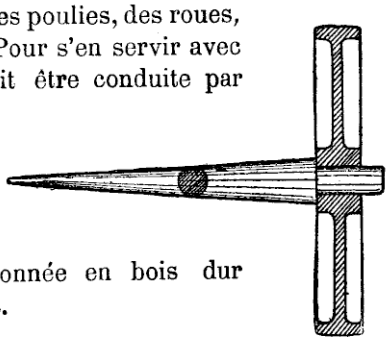


Fig. 4

L'ajustage à onglets (fig. 4) est un ajustage à queue d'aronde dont l'inclinaison des côtés est généralement à 45°, et dont les pièces coulissent l'une dans l'autre. Cet ajustage est beaucoup employé dans les chariots de machines-outils et autres. Il doit être l'objet d'une attention particulière, car les trois quarts du temps, il est très mal fait.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quille. La quille est une pièce de bois qui facilite la manœuvre des poulies, des roues, des volants, etc. Pour s'en servir avec avantage, elle doit être conduite par des mains exercées en ayant soin de la tenir un peu au-dessous de la ligne horizontale. Elle doit être confectionnée en bois dur exempt de défauts.



Quintal métrique, (Voir *Mesures de poids*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

R

Racine carrée. Le *carré* ou la deuxième puissance d'un nombre est le produit de ce nombre par lui-même.

Exemple : le carré de 10 est 10 × 10 ou 100

Le carré s'indique ainsi 10^2.

La *racine carrée* d'un nombre est le nombre qui, élevé au carré, reproduit le nombre proposé.

Exemple. — La racine carrée de 100 est 10.

Une racine carrée s'indique ainsi : $\sqrt{100}$.

Extraction de la racine carrée.

6.42.32	253 racine
4	45
24.2	503
225	
0173.2	
1509	
0223	

Exemple. — Soit à extraire la racine carrée du nombre 64.232.

Je partage le nombre en tranches de deux chiffres en commençant par la droite. Je cherche le plus grand carré contenu dans 6, je trouve 2 que j'écris à la racine ; je retranche 2 × 2 ou 4 de 6, il reste 2. A côté de ce reste, j'abaisse la tranche suivante 42, j'ai 242. Je sépare par un point le dernier chiffre, je double la racine 2, et j'obtiens 4 que j'écris sous la racine ; je divise 24 par 4 je trouve 5, je l'écris à la droite de la racine et de 4 ; je multiplie 45 par 5 et je retranche le produit, 225 de 242, il reste 17 ; à droite de ce reste j'abaisse la troisième tranche 32, je sépare par un point le dernier chiffre. Je double

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la racine 25, j'ai 50 ; je cherche combien de fois 50 est contenu dans 173, je trouve 3 que j'écris à la racine et, à côté de 50, je multiplie 503 par 3 et je retranche le produit 1.509 de 1.732, il reste 223.

Pour faire la preuve, je multiplie la racine trouvée 253 par elle-même et j'ajoute le reste 223, ce qui me donne $(263 \times 253) + 223 = 64.232$, donc 253 est bien la $\sqrt{64.232}$.

(Voir *Carré* pour la table des carrés et des racines carrées).

Racine cubique. Le cube est la troisième puissance d'un nombre ou le produit de trois facteurs égaux à ce nombre :

Exemple. — Le cube de 10 est $10 \times 10 \times 10 = 1000$

Le cube s'indique ainsi 10^3.

On appelle *racine cubique* d'un nombre donné le nombre qui, élevé au cube, reproduit le nombre donné. *Exemple.* 10 est la racine cubique de 1.000.

Une racine cubique s'indique ainsi : $\sqrt[3]{1000.}$

Extraction de la racine cubique.

Exemple. — Soit à extraire la racine cubique du nombre 76.765 630.

76.765.630	425 racine
64	$4 \times 4 \times 4 = 64$ cube de 4
127.65	$4 \times 4 \times 3 = 48$ triple carré de 4
74088	$42 \times 42 \times 42 = 74088$ cube de 42
026776.30	$42 \times 42 \times 3 = 5292$ triple carré de 42
76765625	$425 \times 425 \times 76765625$ cube de 425
00000005	

Je partage le nombre proposé en tranches de 3 chiffres en commençant par la droite et je dis le plus grand cube contenu dans 76 est 64 dont la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

racine est 4 ; j'écris 4 à la racine, je retranche le cube de 4 ou 64 de 76, il reste 12 ; à côté de ce reste j'abaisse la tranche suivante 765, je sépare les deux derniers chiffres à droite ; je cherche le triple carré de la racine 4, c'est 48, je divise 127 par 48, le quotient est 2, que j'écris à droite de la racine 4 ; j'ai 42, en cubant cette racine j'obtiens 74.088 que je retranche de 75,765, il reste 2,677. A côté de ce reste j'abaisse la tranche suivante 630 et je sépare par un point les deux derniers chiffres à droite. Je divise 26.776 porté à gauche du point par le triple carré de 42 qui est 5.292, le quotient est 5 que j'écris à la racine ; j'ai 425, je cherche le cube de 425 = 76.765.625 et je le retranche de 76.765.630, le reste est 5.

Pour faire la preuve, je fais le cube de la racine trouvée et j'ajoute le reste 5.

$$(425 \times 425 \times 425) + 5 = 76.765.625 + 5 = 76.765.630$$

Donc 425 est bien la $\sqrt[3]{76.765.630.}$

(Voir *carré* pour la table des cubes et des racines cubiques),

Rail. Les *rails* d'un chemin de fer ne sont autre chose que des guides à maintenir les trains sur une voie déterminée.

A l'origine les rails étaient en fonte, puis après on les a fait en fer et maintenant ils sont presque tous en acier.

Les *changements de voie* sont des guides mobiles qui servent à faire passer à volonté les trains d'une voie sur une autre.

Le rail à patin est pour ainsi dire généralement adopté.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le poids des rails en fer est de 37 kilos environ par mètre courant, celui des rails en acier varie entre 30 et 40 kilos. Les dimensions générales de ces derniers sont :

Hauteur	125 à 132	millimètres.
Largeur du champignon	56 à 62	—
Largeur du patin. . . .	97 à 130	—
Epaisseur de l'âme . , .	12 à 17	—

Les plus petites valeurs se rapportent au profil du rail de 30 kilos adopté au chemin de fer du Nord.

Les rails sont posés avec une inclinaison de 1/20 vers l'intérieur de la voie.

Rallonge. — La rallonge est un outil en fer avec pointe aciérée, ou en acier, qui sert dans plusieurs cas, mais spécialement pour les forets à la main ou la machine. L'axe de l'emmanchure doit toujours être parfaitement dans le prolongement de celui de la tête ou de la vis afin qu'il n'y ait pas de faux rond en marche.

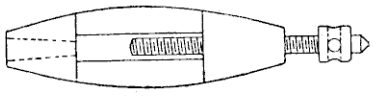


Fig. 1

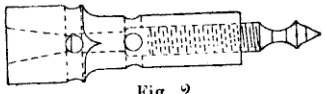


Fig. 2
Rallonges à vis pour foret à la main



Fig. 3
Rallonge à vis ou manchon à vis pour foret à la main.

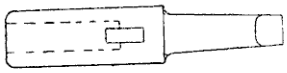


Fig. 4
Rallonge ou manchon pour foret à la machine.

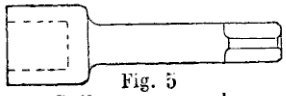


Fig. 5
Rallonge ou manchon pour prolongement d'axe.

La forme des rallonges (fig. 1 à 5) varie suivant l'emploi auquel on les destine.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Râpe. (Voir *Lime*).

Rectangle (Voir *quadrilatère.*)

Recuit. Recuire un métal a pour objet, en quelque sorte de ressouder ses molécules en le remettant au feu, de l'attendrir, de le rendre plus malléable, moins cassant et, par conséquent, plus facile à travailler.

Pour recuire les métaux, il y a plusieurs façons qui peuvent se résumer par celles que je vais indiquer plus loin et qu'il m'a été donné d'apprécier.

Recuit de l'acier. — Les pièces à recuire doivent être disposées comme pour la cémentation, dans des caisses en fer ou en fonte, les recouvrir et entre chacune d'elles mettre soit du grès, du sable fin, etc., afin qu'elles puissent se refroidir sans subir le contact direct de l'air, laisser chauffer le tout, couleur rouge cerise pendant cinq heures à peu près, arrêter l'opération et ne les découvrir que lorsqu'elles sont complètement froides.

Il faut bien se rendre compte que la durée du recuit doit varier suivant les pièces à travailler, ainsi pour les tarauds une heure est suffisante, sinon à la trempe on obtiendrait une différence plus que sensible dans la longueur du pas par suite du retrait inégal à l'allongement primitif, ce qui peut engendrer des désagréments notables, et des dépenses inutiles.

Le recuit peut également se faire dans un tube, dans une boîte, dans une cornue, etc., et même à la forge avec du charbon de bois, du charbon de terre, etc., en ayant toujours soin de ne pas dépasser la couleur rouge cerise, et à leur sortie du feu, mettre les pièces à l'abri direct du contact de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'air et même dans les cendres chaudes de la forge.

Recuit du bronze. — Il faut le chauffer légèrement rouge et le laisser refroidir dans un endroit à l'abri de l'air vif ou dans les cendres chaudes.

Recuit du cuivre rouge. — Chauffé dans les mêmes conditions que le bronze, on obtient un excellent recuit en ayant soin de le tremper dans l'eau aussitôt sa sortie du feu.

Recuit du fer. — Le fer doit être chauffé rouge très clair et être mis à refroidir en suivant les mêmes principes que pour l'acier s'il est possible.

Recuit de la fonte. — Les pièces à recuire doivent être mises dans une boîte avec du minerai de fer en grain, bien fin ou, à son défaut, avec des copeaux de fer, la boîte doit être bien fermée et le tout chauffé au rouge cerise pendant 10, 20 ou même 30 heures s'il est possible, après quoi on laisse le tout refroidir et on ne sort les pièces qu'après complet refroidissement.

Recuit du laiton. — Il suffit de le chauffer rouge sombre et de le mettre à l'eau si l'on veut.

On donne encore le nom de recuit à l'opération qui a pour but d'attendrir au point voulu des pièces trempées dures. Son but principal est de développer l'élasticité de l'acier et de l'empêcher de s'égrener, sans faire disparaître les caractères principaux, la dureté spécialement de l'acier trempé, ou à une opération qui a pour objet d'être un sujet d'ornement pour la pièce plutôt que d'utilité.

Les pièces à revenir se posent, soit sur une plaque de fer sous laquelle se trouve un feu quelconque sans flamme, soit sur du grès chauffé fortement, ou bien si l'on ne s'inquiète pas de la cou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

leur, à feu nu et l'on fait revenir à l'huile, à la graisse ou à tout autre corps gras.

Pour qu'une pièce possède une belle couleur, il faut qu'au préalable elle ait été polie le mieux possible, qu'elle soit sèche et très propre, qu'elle n'ait pas été souillée par le contact des doigts, de l'essence, de l'huile, de la graisse, etc., sinon la couleur obtenue n'est pas uniforme, les taches apparaissent, et le tout ne contente pas l'œil. Sur la partie chaude destinée à communiquer la chaleur à la pièce, il faut que cette dernière y soit posée avec précaution, retournée de temps à autre pour que la couleur soit la même sur toutes les faces, en se servant de tenailles minces et effilées ou de fil de fer, après quoi on la plonge dans de l'eau ordinaire recouverte d'une légère couche d'huile, on la laisse refroidir et on l'essuie. Les pièces ainsi préparées ne doivent pas rester dans l'eau plus longtemps les unes que les autres, car quoique revenue à la même nuance, cette dernière peut varier suivant le temps de l'immersion, tout en ayant conservé le même degré de dureté.

Le revient ou, pour mieux dire le réchauffage de l'acier lui fait prendre successivement les couleurs jaune paille, jaune d'or, rouge, gorge de pigeon, violet foncé, violet bleu, bleu foncé, bleu clair, gris, et c'est à la couleur la meilleure reconnue, par expérience pour la pièce travaillée, que l'on s'arrête. C'est le bleu qui correspond au maximum d'élasticité. On fait également revenir le fer, le cuivre etc., tout simplement pour les colorer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Recuit de l'acier trempé.

Couleurs	Correspond aux degrés	A ces degrés l'acier est
Jaune paille. .	220	Sec et dur
Jaune d'or . .	240	Coupe bien la fonte
Brune. . . .	255	Ces couleurs peuvent être utilisées pour les outils à travailler le fer
Pourpre . . .	265	
Blanc calcaire .	285	
Indigo . . .	295	Outils à travailler le bois
Bleue foncée .	315	Mou comme le fer

Régulateur. Le régulateur encore appelé *modérateur* est un appareil destiné à agir à la façon des freins quand la vitesse de la machine tend à s'accélérer, et à supprimer au contraire certaines résistances quand le mouvement tend à se ralentir.

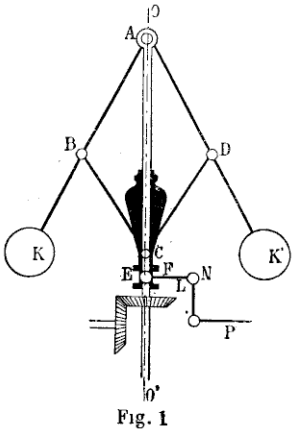


Fig. 1

Le régulateur de machine le plus commun est le régulateur de Watt à force centrifuge ou *pendule conique*. Cet appareil consiste en une sorte de losange (fig. 1) ABCD articulé autour des points A, B, C, D. L'axe de rotation OO' est mû par la machine au moyen d'engrenages coniques. La pièce EF est un anneau qui entoure l'axe OO' et qui est susceptible de glisser sur lui. Aux extrémités, des deux côtés AB, AD, prolongés sont fixés deux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

boules pesantes K et K'. Lors de la mise en mouvement, les deux boules K et K' tendent, en vertu de la force centrifuge, à s'écarter d'autant plus que le mouvement est plus rapide. En s'éloignant, les boules ouvrent le losange, ce qui force l'anneau EF à s'élever.

Celui-ci, en se déplaçant, entraîne le levier L dont une extrémité s'engage dans une rainure de la pièce EF faisant partie de l'anneau mobile, tandis que l'autre extrémité tourne autour d'un axe N. Au levier L qui est double est articulée une tige P qui reçoit ainsi un mouvement de va et vient quand l'anneau monte et descend. Cette tige P fait tourner le disque qui règle l'admission de la vapeur. Ce disque ou valve (voir *Valve du régulateur)* est entièrement ouvert lorsque l'anneau E F est le plus bas possible, mais il se ferme, d'autant plus que ce dernier s'élève davantage, ce qui fait que plus la machine tourne vite, plus les boules s'écartent, plus l'anneau monte et plus le régulateur, modérant l'accès de la vapeur, s'oppose à l'accroissement de vitesse. Il est donc facile de voir que l'appareil règle effectivement le mouvement du piston et, par conséquent, celui de la machine.

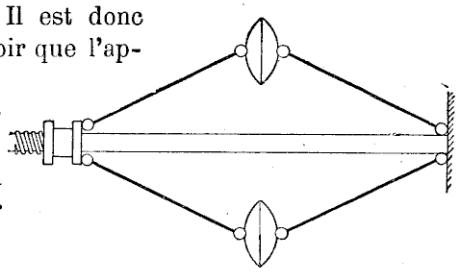


Fig. 2

D'autres types sont le régulateur *Fland* (fig. 2), le régulateur *Farcot* (fig. 3). Le régulateur de Watt a l'inconvénient que les régulateurs *Fland* et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Farcot n'ont pas, de régler avec la vitesse de régime, la puissance de la machine, tandis que ceux-ci permettent de faire varier cette puissance, sans que la vitesse de régime varie sensiblement, ce qui est très important et utile dans certains ateliers.

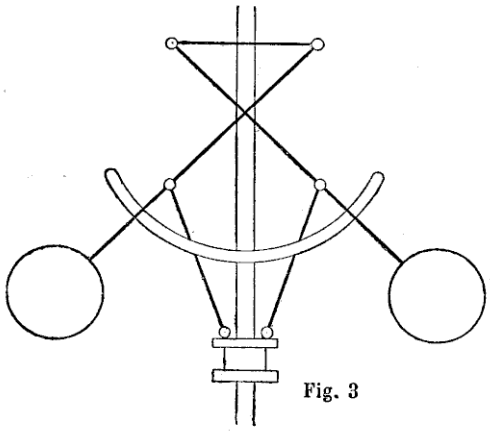


Fig. 3

Un régulateur dont j'ai pu suivre de très près les expériences ayant été employé à sa construction, est le régulateur (fig. 4), imaginé par M. *Andrade*, ingénieur de la marine. M. *Hergot*, ancien ingénieur des établissements *Cail*, en donne ainsi la description dans son traité de mécanique. « Il est formé de deux leviers à boule OK et OK' et d'un losange ABCD dont les quatre sommets ont les fonctions suivantes: le point A est fixe, le point C peut se mouvoir verticalement sur l'axe du régulateur, et les deux points D et B glissent à frottement doux, à l'intérieur de deux rainures pratiquées dans les branches des leviers à boules. Un

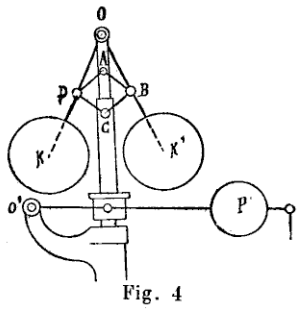


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

manchon mobile vient s'articuler par sa partie supérieure au point C du losange et à sa partie inférieure, un poids P lui est appliqué par l'intermédiaire d'un levier mobile autour d'un point fixe O'. La longueur des quatre côtés du losange doit être rigoureusement égale à la longueur OA. La position du contrepoids P est fixe pour une même vitesse de régime, et pour faire varier cette vitesse, il suffit de déplacer ce contrepoids.

Le régulateur *Andrade* est pratiquement isochrone: adopté par MM. *Cail et Cie*, pour leur machine Ingliss, il n'a été constaté qu'un écart de vitesse moyenne très faible, pendant les expériences de réception qui ont été faites à l'arsenal de Cherbourg malgré l'énorme variation de force appliquée sur l'arbre moteur de l'une de ces machines. Le travail effectif sur le piston variait en effet de 10 à 100 chevaux d'une minute à l'autre.

Comme le dit M. *Hergot*, cet organe demande une construction des plus soignée, et il est utile de faire les petites bielles en acier, ce que je recommande du reste moi-même pour tous les régulateurs, son ensemble est ramassé et n'est pas encombrant.

Pour éviter toute transition brusque dans les écarts de vitesse se produisant lorsque la résistance vient à changer brusquement le levier O' P du contrepoids entraîne dans son mouvement d'oscillation, la tige du piston d'un petit cylindre placé contre le support du régulateur. Ce cylindre, dont le diamètre varie de 60 à 80 millimètres de diamètre est installé perpendiculairement à la direction O' P et dans le plan vertical passant par OC. Les boules devant se lever presque instantanément, sous l'influence d'une réduction

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sensible de la puissance à développer, le piston de la pompe qui a sa face percée de deux ou trois trous tend, en se soulevant, à faire le vide au-dessous de lui, et sert ainsi de modérateur en empêchant une rapide élévation des boules. Celles-ci revenant à leur position normale, le piston produit le même effet, mais en sens inverse, il redescend exactement et l'air qui était au-dessous de lui passe par les orifices pratiqués à cet effet.

Quelquefois on met, dans ce petit cylindre, de l'huile qui passe alternativement sur l'une ou l'autre face du piston, suivant la marche du régulateur.

(Voir *Notes et Formules de l'Ingénieur*, par *Cl. de Laharpe.*)

La disposition des régulateurs varie à l'infini, mais en somme, leur but est toujours le même.

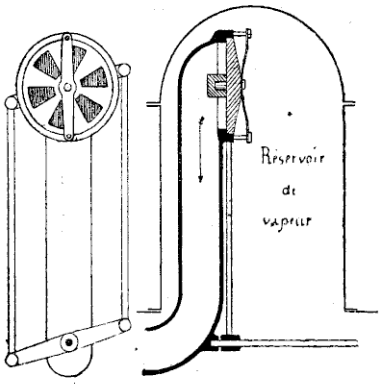


Fig. 5

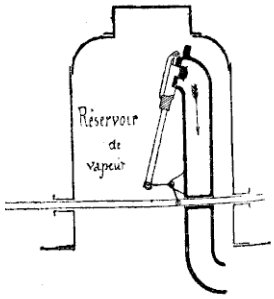


Fig. 6

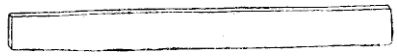
Dans les locomotives, le régulateur est mû directement par le mécanicien au moyen d'une tringle, les principaux types sont le régulateur à papillon (fig. 5), le régulateur à tiroir (fig. 6), dont le simple examen des figures indique le fonctionnement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un autre type de régulateur est celui décrit pages 444 et 446.

Je bornerai là ma description sur les régulateurs et je citerai qu'à titre de mémoire les régulateurs à air qui sont très peu employés.

Règle. La règle est une bande de fer ou d'acier qui doit être dressée sur toutes ses faces avec beaucoup d'attention. Son épaisseur, sa largeur et son équerrage ne doit rien laisser à désirer. Sa vérification se fait sur un marbre suivant la méthode ordinaire ou à l'aide d'un règle type. Dans ce dernier cas, la juxtaposition des champs des deux règles ne doit laisser passer aucun jour. Si la règle est longue, il faut apporter une grande attention au dressage de son milieu, qui a toujours de la tendance à fléchir, ce qui entraînerait à la faire plus étroite.



On lui donne des dimensions variables suivant les cas, mais les longueurs les plus usitées sont : $0^m,25$, $0^m,30$, $0^m,35$, $0^m,40$, $0^m,50$, $0^m,80$, 1 mètre, $1^m,25$, $1^m,50$, 2 mètres et 3 mètres.

Réparation. On donne le nom de réparation à l'ensemble du travail qui a pour but de remettre en état des machines dont une partie des organes sont usés ou dont l'une des pièces vient à casser. Le démontage doit être fait par l'ouvrier chargé du remontage, en somme, le même individu doit suivre toute l'opération, sinon l'on peut s'engager à provoquer des pertes de temps et quelquefois même des accidents. Avant de démonter une machine, il faut d'abord se rendre compte du travail à faire,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'examiner attentivement, démonter les pièces, les nettoyer et les ranger avec ordre. Cela fait, on les passe en revue l'une après l'autre, pour voir celles qui doivent être changées, soit par usure ou pour toute autre cause, afin de pouvoir faire immédiatement les commandes, à la forge, à la fonderie, etc., ou réparer celles qui peuvent se faire sur place. Quant à ce dernier travail, on doit redoubler d'attention et bien se persuader qu'une réparation faite à une pièce, doit la rendre plus solide qu'une neuve, sinon à tous les points de vue il ne faut pas hésiter à la changer et à la mettre au rebut. Un travail fait dans de mauvaises conditions n'est que de la poudre aux yeux comme économie, et que l'on appelle en terme d'atelier de la poudre d'actionnaire.

L'exécution des nouvelles pièces doit se faire suivant les dessins ; s'il n'en existe pas, il faut relever des croquis et des calibres de forme et de longueur, en un mot faciliter le travail le plus possible sans pourtant pousser à l'exagération qui peut également devenir des chances d'erreurs.

Dans les ateliers où les réparations sont journalières, il est bien préférable d'y attitrer les mêmes individus qui finissent par acquérir la sûreté de coup d'œil et d'exécution nécessaires pour obtenir un bon résultat.

Comme principe, les pièces qui sont soumises à nn travail ne doivent pas être brasées. Les arbres, les vis, etc., doivent être montés et vérifiés sur le tour. Les vis, si elles sont faussées, doivent être refaites à neuf, car, malgré toutes les précautions que l'on puisse prendre si le noyau est parfaitement redressé, le filet reste toujours jarreté et, par conséquent, donne un mauvais travail.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut s'assurer si l'usure des coussinets n'est pas trop grande et peuvent, une fois réajustés, marcher encore suffisamment de temps, sans être obligé d'arrêter la machine pour leur changement, sinon il ne faut pas hésiter à les remplacer. Les roues d'engrenage doivent aussi être l'objet d'un examen attentif, il faut voir si les dents ne sont pas trop usées, si elles ont été établies dans de bonnes conditions et alors si besoin est, faire des calibres ou des épures pour faire de nouvelles roues.

En somme, dans le démontage et le remontage d'une machine, il faut avoir soin de tout remettre en état, bien d'équerre, de niveau, ne rien omettre comme vérification, même le plus petit trou graisseur, la plus petite goupille, etc., etc. Le tout terminé, on l'essaie à blanc, et on corrige les petites défectuosités qui, immanquablement, peuvent se présenter. On est certain alors, d'avoir un travail soigné et de livrer des machines qui fonctionneront parfaitement.

Résistance des câbles ronds en chanvre.

CABLES NON GOUDRONNÉS			CABLES GOUDRONNÉS		
Diamètre en millimèt.	Poids par mètre cou ant en kilogr	Charge de travail en kilogr. Coefficient de sécurité	Diamètre en millimètr.	Poids par mètre courant en kilogr.	Charge de travail en kilogr. Coefficient de sécurité
16	0,21	200	46	1,65	2250
20	0,32	300	52	2,13	3000
23	0,37	400	59	2 67	3600
26	0,53	500	65	3,70	4500
29	0,64	750	72	4,00	5000
33	0,80	900	78	4,80	6200
36	0,96	1000	85	5,60	7500
39	1,06	1250	92	6.40	8700
46	1,55	1500	98	7,46	10000
52	2,03	2000	104	8,53	12500

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance des métaux usuels en kilogrammes (par millimètre carré)

DÉSIGNATION du métal	CHARGE LIMITE D'ÉLASTICITÉ			CHARGE PRATIQUE			CHARGE DE RUPTURE			ALLONGEMENT par mètre de longueur dans la limite d'élasticité
	Traction	Compression	Cisaillement	Traction	Compression	Cisaillement	Traction	Compression	Cisaillement	
Acier de cémentation	27	—	20	13	13	10	80	—	50	0.00120
Acier fondu . . .	66	—	45	30	30	22	100	—	65	0.00022
Fil d'acier . . .	—	—	—	19	—	—	115	—	—	—
Cuivre laminé écroui	14	14	11	6.6	66	5	—	—	—	0.00130
» » recuit	3	2.75	2	2.5	2	1.5	21	41	—	0.00025
Fil de cuivre . .	12	—	—	6.6	—	—	42	—	—	0.00100
Laiton	4.85	—	3.64	2.5	—	1.9	12.5	7.5	—	0.00076
Fil de laiton . .	13.3	—	—	6.6	—	5.0	34.5	—	—	0.00135
Bronze	3	—	3 25	2	—	1.5	25.5	—	—	0.00063
Fer	14	14	10.5	7	7	6	36	35	30	0.00065
Tôle	14	14	10.5	7	7	6	30	30	30	0.00075
Fil de Fer . . .	22	—	—	12	—	—	60	—	—	0.00120
Fonte.	7.5	15	5.6	2.5	7	2	15	75	25	0.00080
Zinc	2.3	—	—	—	—	—	5.25	—	—	0.00024
Plomb	1	—	—	—	—	—	1.2	5	—	0.00210
Fil de Plomb . .	0.47	—	—	—	—	—	2.2	—	—	0.00067
Courroie en cuir .	—	—	—	0.5	—	—	3	—	—	—
Corde en chanvre .	1 5	—	—	0.8	—	—	5	—	—	—

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance des matériaux. La résistance est l'effort contraire à la production de l'effet produit par des forces que l'on appelle puissances. Il y a plusieurs sortes de résistances qui varient avec la nature de la matière employée et qui peuvent se résumer dans les suivantes :

1° *Résistance à la traction.* — L'effort de traction ou d'*allongement* est un effort qui tend à allonger la matière jusqu'à sa rupture, les maillons d'une chaîne par exemple travaillent à la traction.

On appelle *limite d'élasticité*, l'allongement le plus grand que puisse prendre une barre, sous l'action d'une charge croissante, sans discontinuer de reprendre sa longueur primitive lorsque la charge n'agit plus sur elle.

2° *Résistance à la compression.* — L'effort de compression ou d'*écrasement* est opposé au précédent, il a pour effet de comprimer la matière. Les colonnes, les piliers, les étais, etc., travaillent à la compression. La *limite d'élasticité* à la compression est sensiblement la même que la limite d'élasticité à la traction.

3° *Résistance à la flexion.* — L'effort de flexion, tend à faire fléchir la matière, ainsi le poids d'un arbre de transmission est suffisant pour le faire ployer, si les paliers sont trop éloignés l'un de l'autre.

4° *Résistance à la torsion.* — L'effort de torsion, tend à tordre la matière et à lui donner l'apparence du pas de la vis, les arbres de frein par exemple travaillent à la torsion.

5° *Résistance au cisaillement.* — L'effort de cisaillement, tend à couper la matière, le poinçonnage de la tôle en est un exemple.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

6° *Résistance composée.* — Souvent la matière est soumise à la fois à plusieurs résistances, dans ce cas il faut proportionner la pièce pour la plus forte d'entre elles et bien se garder d'atteindre la limite d'élasticité. Pour le travail pratique, on se tient généralement à la moitié de cette valeur comme l'indique la table page 780, mais si on peut se tenir encore plus bas il est préférable, de façon à ne pas avoir d'avarie au moindre choc accidentel.

Ressort à boudin (trempe). Le tremper rouge cerise dans l'huile au moyen d'un fil de fer, le relever presque immédiatement et laisser le recuit s'opérer par la combustion de l'huile adhérente, opération après laquelle on trempe à l'eau froide.

Retrait des métaux fondus. La table ci-contre indique que les matières en fusion possèdent un plus grand volume que lorsqu'elles sont froides et le tableau de la page 316, les points de fusion de ces mêmes matières.

Points de fusion (voir *Fusibilité*).

Tableau du rapport des Poids du modèle et approximativement celui de la pièce obtenue

MODÈLE en	NATURE DU MÉTAL FONDU			
	Fonte de fer et étain	Laiton et bronze	Plomb	Zinc
Pin, sapin ou aulne . .	13	16	20	12
Sapin rouge et pin rouge.	15	18	25	15

Le poids de la pièce à fondre s'obtient en multipliant le poids du modèle par l'un des nombres du tableau ci-dessus.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Retrait des métaux fondus.

DÉSIGNATION du métal	RETRAIT			LE VOLUME du modèle étant 1 le volume de la pièce obtenue est
	en longueur	en surface	en volume	
Acier fondu	0m015 à 0m020	0m03 à 0m04	0.045 à 0.060	0.940 à 0.955
Bronze	0.010 à 0.015	0.02 à 0.03	0.030 à 0.045	0.955 à 0.970
Cuivre rouge	0.010 à 0.012	0 02 à 0.024	0.030 à 0.036	0.964 à 0 970
Etain	0.005 à 0.008	0.01 à 0.016	0.015 à 0.024	0.976 à 0.985
Fer	0.010	0.020	0.030	0.970
Fonte blanche 1re fusion	0 010	0 020	0.030	0.970
Fonte tendre	0.008	0 016	0.024	0.976
Fonte malléable	0.015 à 0 021	0.003 à 0.042	0.045 à 0.063	0.937 à 0.955
Laiton	0.012 à 0.015	0.024 à 0.030	0.036 à 0.045	0.955 à 0.964
Plomb	0.003 à 0.010	0.006 à 0.020	0 009 à 0.030	0.970 à 0.991
Zinc	0.003 à 0.010	0.006 à 0.020	0.009 à 0.030	0.970 à 0.991

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi par exemple : Soit un modèle en aulne qui pèse 1 kilogramme, le poids de la pièce en fonte de fer sera de $1 \times 13 = 13$ kilogrammes, tandis que si le modèle est en sapin rouge et qu'il pèse 1 kilogramme le poids de la pièce en fonte de fer sera de $1 \times 15 = 15$ kilogrammes.

Il faut donc que les dimensions des modèles soient plus fortes que celles des dessins que l'on copie à cause du retrait qui s'opère dans les fontes par leur refroidissement, ce qui revient à prendre toutes les mesures avec un mètre ayant en plus comme longueur la valeur du retrait du métal que l'on veut fondre et ce mètre plus long doit également être divisé comme le mètre ordinaire de façon que le retrait total soit reproduit proportionnellement sur toute sa longueur.

Il faut bien se pénétrer qu'une pièce fondue sur une autre est plus petite que cette dernière et ainsi de suite.

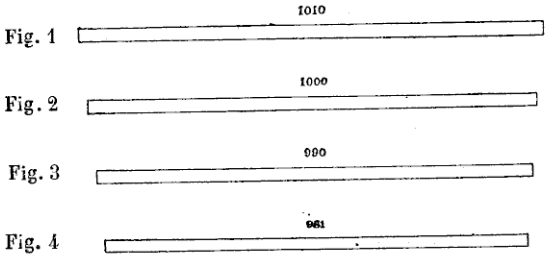


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Supposons une pièce en fonte blanche de première fusion de 1 mètre de longueur à obtenir, le modèle devra avoir $1^m,010$ (fig. 1), la pièce aura 1 mètre (fig. 2), celle qui serait faite d'après cette dernière n'aurait plus que $0^m,990$ (fig. 3), etc. (fig. 4). Il faut également tenir compte que le retrait de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

10 millimètres, par exemple, qui se produit sur une pièce de faible épaisseur devient bien moindre dans une de forte épaisseur, 8 millimètres par exemple et quelquefois même 5 millimètres dans les massifs, c'est une chose à ne pas oublier dans l'exécution d'un modèle.

Rétrécir. Il se présente souvent que le trou d'une bague en fer ou en acier a été alésé trop grand, ou que son diamètre se soit augmenté par suite d'usure, ou que d'autres pièces analogues soient à diminuer de diamètre, il s'agit simplement de chauffer plus on moins rouge la pièce et d'en mouiller l'extérieur seulement. L'intérieur du trou restant rouge cède peu à peu sous l'effort de la partie extérieure qui se rétrécit. Un trou de 10 millimètres de cette façon peut être réduit de 3 à 4 dixièmes et un cercle de 1 mètre de diamètre peut facilement être réduit de 5 millimètres. Dans le cas où la première chaude ne donne pas satisfaction, on peut recommencer l'opération.

Si l'on a un boulon ou une vis serrés ou rouillés, on peut faire rougir une petite barre de fer, plate à son extrémité et l'appliquer quelques minutes sur la tête du boulon ou de la vis, qu'on peut alors retirer très facilement avec une clé ou un tournevis.

Rivets et rivetage. *Proportion des rivures* (voir page 787). Un bon rivet doit se plier en deux, à froid, les deux moitiés se touchant, sans qu'il se manifeste aucune trace de crique sur l'extérieur du coude. Les rivets se chauffent, soit à l'aide d'une petite forge portative, soit dans un petit four spécial, ou dans un four à double vent. En attendant le rivet,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le riveur doit brocher son trou si cela est nécessaire et en fraiser ensuite le tour, à la fraise ou au burin (fig. 5 à 10, p. 788).

Rivetage à bouterole conique. — Aussitôt le rivet maintenu dans son trou, la tige est d'abord écrasée à coups de marteaux d'un poids moyen (1k,70) de manière à former grossièrement une pyramide à huit pans. Puis le riveur saisit la bouterole, qui est tenue dans une tenaille à longs mors, la présente d'aplomb sur le rivet, et les frappeurs lui frappent sur la tête à tour de bras, au marteau à devant (de 6 kg. à 6k,5). Dès que la tête est formée, et que le fer encore rouge reflue de tous côtés sous la bouterole comme de la pâte, la rivure est assurée. Toutefois, le plus souvent, on termine la tête par quelques coups de bouterole, l'outil étant cette fois dirigé suivant les génératrices d'un cône (15° environ de l'axe du rivet), ce qui a pour but de resserrer le fer sur les bords de la tête, et de couper les bavures. Avec des ouvriers soigneux, on peut négliger cette dernière passe (qui n'est pas sans danger pour les yeux, les bavures que détache la bouterole étant projetées très loin), et se borner à donner quelques coups verticalement sur le rivet après avoir resserré la tôle par quelques coups de marteau.

Le poids du tas, généralement en fer, sur lequel on appuie la tête du rivet, doit être le plus fort possible. S'il est moindre que quatre fois le poids du marteau, le travail à la bouterole n'est plus bon, et il faut river au petit marteau.

La bonne exécution du travail de rivure est de la plus haute importance, et on ne saurait y apporter trop de soins. Les rivets bouterolés, et qui néces-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

siterait, lors de l'épreuve, un matage notable, sont presque à coup sûr cassés, et il ne faut pas hésiter à les remplacer.

Les rivets posés à la bouterole sur de très fortes épaisseurs (croisures triples, dômes et têtes de bouilleurs en fonte, etc.,) se cassent par le refroidissement si on n'a pas le soin de ne chauffer au rouge vif que la longueur de tige correspondant à un rivet ordinaire, la tête restant noire.

Dimensions. — L = longueur de la tige nécessaire pour former la tête. La petite fraisure v ajoute beaucoup à la solidité des têtes. Pour le travail à la main, les proportions indiquées dans les figures ci-dessous ne peuvent être prises que comme des moyennes.

Rivets à la bouterolle.

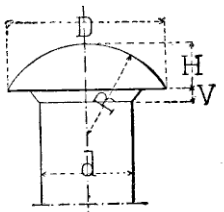


Fig. 1

$H = 0{,}5d$ à $0{,}6d$
$D = 1{,}7d$
$R = d$
$v = \frac{1}{8}d$
$L = 1{,}25d$

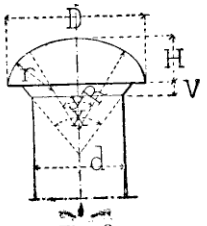


Fig. 2

$H = 0{,}5d$
$D = 1{,}5d$
$R = d$
$r = 0{,}5\,d$
$v = \frac{1}{8}d$
$L = 12\,d$
$x = 75°$, $y = 60°$

Les têtes fraisées et noyées de la figure 4, sautent presque toujours, lorsqu'on les mate; mais on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut arriver à les serrer suffisamment au marteau pour se dispenser du matoir.

Rivets au marteau.

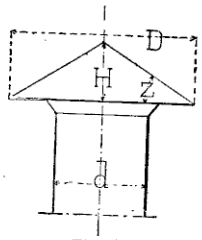


Fig. 3

$H = \frac{3}{2}d$ à $0{,}8d$
$D = 2d$
$z = 33°$
$L = 1{,}8d$

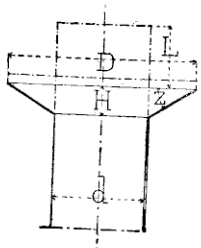


Fig. 4

$H = \frac{d}{3}$ à $0{,}4d$
$D = 17d$ à $2d$
$z = 33°$
$L = 0{,}7d$

Rivetage à un rang de rivets à clin ou à simple couvre-joint (fig. 5 et 6).

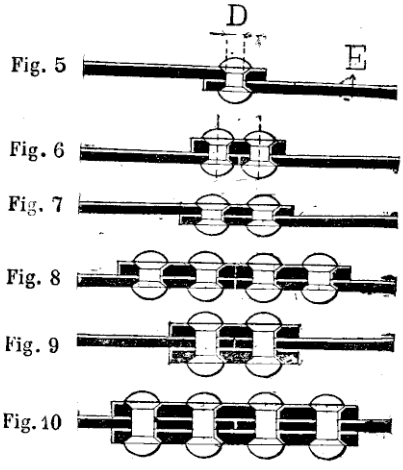


Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 10

Rivetage à deux rangs de rivets, à clin ou à simple couvre-joint (fig. 7 et 8).

Rivetage à un rang de rivets et à double couvre-joint (fig. 9).

Rivetage à deux rangs de rivets et à double couvre-joint (fig. 10).

(Pour plus de détail se reporter aux *Notes et For-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mules de l'Ingénieur et du Constructeur-Mécanicien, par *Cl. de Laharpe*).

Remplacement des rivets par des vis. — Il arrive très souvent dans le cours d'une réparation, qu'on ne puisse pas river une pièce sur la partie à réparer. Dans ce cas on est obligé d'avoir recours à des vis taraudées, dont la tête ressemblant à celle d'un rivet se termine par un carré. La vis doit passer librement dans la pièce ajoutée et venir se visser dans la partie à réparer dont les trous doivent être taraudés. Serrées à bloc ces vis donnent un bon résultat, elles peuvent même se mater et se chanfreiner comme les rivets ordinaires si cela est nécessaire. Il ne s'agit plus comme fini, que d'enlever la partie carrée.

Rivets (*Poids*), voir *Boulon.*

Rivure. La rivure s'emploie pour des assemblages qui restent constamment dans le même état, et entre des pièces capables de résister au choc du marteau. Il y a la rivure d'*assemblage* (poutres, balanciers, charpentes métalliques, etc.), et la rivure *étanche*, qui peut être *matée*, pour les vases destinés à contenir des liquides non oxydants (huiles, alcalis, cyanures, etc.), ou *non matée*, pour les réservoirs d'eau par exemple, ou la simple interposition de papier ou d'étoupes est quelquefois suffisante; mais dans la plupart des cas pour ces derniers il faut encore avoir recours au *matage*. Enfin la rivure peut être à la fois d'*assemblage* et *étanche* pour les vases qui renferment des fluides sous forte pression (*Chaudières à vapeur*).

Les rivets doivent être en bon fer forgé (fer fin à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grain) ou en métal fondu (acier *Bessemer* ou *Martin*, le plus doux), ne prenant pas la trempe. La résistance des rivures a lieu uniquement par le frottement des tôles les unes sur les autres, résultant du serrage des rivets, ces derniers travaillent par traction et non par cisaillement.

Les rivets en fer jusqu'à 12 millimètres peuvent se river à froid. Au-dessus de cette dimension, on les pose en faisant chauffer le corps *rouge clair*, et l'extrémité qui doit être travaillée *rouge blanc* et au moment où cette dernière devient noire, la tête du rivet doit être formée. Lorsqu'on rive à la bouterolle, la tête est achevée dès qu'elle est bien formée. Si alors on continue à bouteroller c'est tout simplement pour la pincer et lui donner du cachet. Si l'on rive au marteau, il faut en outre la resserrer en partant de la pointe, et mater tout le tour. Il est très bon pour donner de la solidité à une tête de rivet de fraiser légèrement le trou qu'elle doit recouvrir.

Rivures diverses. Il est possible de river les tôles de fer avec des rivets en cuivre, en les prenant d'un diamètre plus fort ; mais ce mode de rivure n'assure pas l'étanchéité, la dilatation et l'élasticité de ces deux métaux étant différentes.

L'assemblage des fortes planches de cuivre, peut se faire avec des rivets du même métal, mais pour des planches ayant moins de 8 millimètres d'épaisseur, on emploie un mode de rivure spécial ; les trous se percent au poinçon, à coups de marteau, dans les pièces présentées en place l'une sur l'autre ; on emploie alors les rivets représentés par la figure 4, page 788, et on frappe sur une chasse évidée et concave, jusqu'à ce que la tête soit entièrement noyée

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et que les planches fassent saillie autour du corps du rivet, en se moulant dans la chasse. Alors on écrase et on bouterolle la queue du rivet. Généralement on interpose du papier entre les pièces.

Les gazomètres se rivent à froid, avec des rivets de 6 à 8 millimètres de diamètre écartés de 25 millimètres de centre en centre, avec 26 millimètres de recouvrement. On assure l'étanchéité en interposant sous la pince une corde molle ou une bande de toile, imprégnée de céruse et de mastic au minium. On se sert de cornières pour former les angles et armer les grandes parois planes.

Robinet. En mécanique, le robinet consiste le plus généralement en une cannelle horizontale qui a la forme d'un tuyau recourbé à l'une de ses extrémités et muni à l'autre d'un pas de vis ou d'une bride permettant de le fixer à la capacité dont on veut retirer le liquide ou le gaz. Ce tuyau porte un renflement que l'on appelle *boisseau* et qui est percé d'un trou conique, bouché par une *clef* ou *noix*, qui s'oppose au passage du liquide ou du gaz dans un sens, mais qui permet l'écoulement quand on lui fait faire un quart de révolution, amenant ainsi dans le sens du tuyau le canal dont elle est percée.

Les robinets sont le plus généralement en bronze, quelquefois en fonte. Pour le rodage (voir *machine à roder*).

Robinet à soupape. Une soupape *c* en bronze. porte à joint conique rodé, sur un siège rapporté, également en bronze. Il est essentiel :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Que le guidage du clapet soit indépendant de l'axe *c* du volant de manœuvre *f* (fig. 1) ;

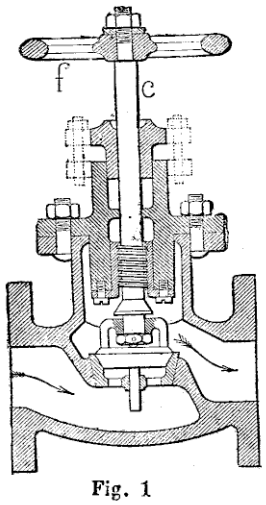


Fig. 1

2° Que le passage sous le clapet soit au moins égal à la section des orifices *d* ;

3° Que l'on puisse refaire la garniture de la tige *c*, sans vider la conduite ;

4° Que la tige inférieure, guide du clapet, ne descende pas dans un alésage borgne, susceptible de se remplir de matières solides et d'empêcher la fermeture.

Il est en outre utile que le volant de manœuvre monte et descende avec le clapet, afin d'indiquer par sa position l'ouverture ou la fermeture.

Le robinet doit être tourné de façon que la pression agisse en-dessous du clapet, autrement l'ouverture est difficile et brusque.

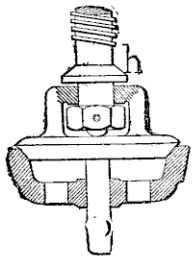
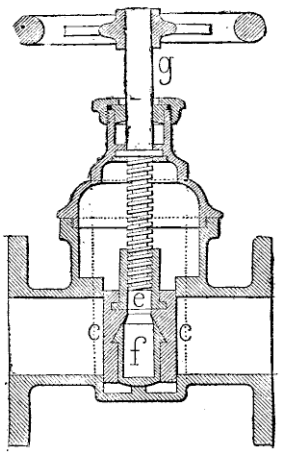


Fig. 2

Dans le type représenté par la figure 1 (*Muller* et *Roger*), pour refaire la garniture de la tige *c*, on peut soit fermer le robinet, soit l'ouvrir en grand. Dans ce dernier cas, le cône *h* de la tige (fig. 2) vient s'appliquer contre la partie inférieure de l'écrou, également conique, et ferme le passage au fluide en pression.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Robinet-valve Peet (ou **Peet-valve**). La boîte du robinet porte un double siège plan, section droite du conduit, et contre ces deux faces qui sont rodées, viennent porter deux tiroirs ou obturateurs dressés, *c*, *c*. L'écrou *e*, abaissé par la vis *g* (qui est maintenue fixe en hauteur par un collet), appuie sur les tiroirs, et ceux-ci, glissant sur les plans inclinés que porte le butoir *f*, sont serrés sur les sièges et opèrent la fermeture. En tournant en sens inverse, l'écrou soulève les obturateurs, qui s'écartent d'abord des sièges ; le mouvement continuant, les obturateurs et le butoir sont enlevés ensemble et démasquent complètement l'orifice.



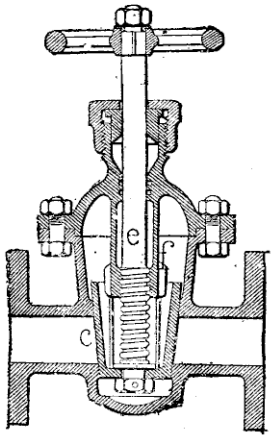
Le robinet étant fermé, on peut refaire la garniture de la tige *g* sans vider la conduite. Les obturateurs peuvent facilement s'enlever, et on peut les dresser au grattoir.

Le robinet *Peet* est léger et d'un volume restreint. Autant que possible il faut le placer avec le volant en haut.

Robinet Bromulger. Ce robinet, comme le précédent, démasque entièrement le passage direct du conduit. La fermeture s'opère par un obturateur tronc-conique, qui descend dans un alésage de même forme, les deux pièces rodées ensemble. Le tronc

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du cône est fou sur l'extrémité de la vis *e*, mais porte des nervures intérieures, qui l'empêchent de tourner, en butant contre des talons de l'écrou fixe *f*. L'écrou est d'une pièce avec le chapeau du robinet La tige et le volant montent et descendent avec l'obturateur. Une fois le robinet fermé, on peut refaire la garniture de la tige *e* sans vider la conduite.



On peut l'employer jusqu'à une pression de 15 kilogrammes.

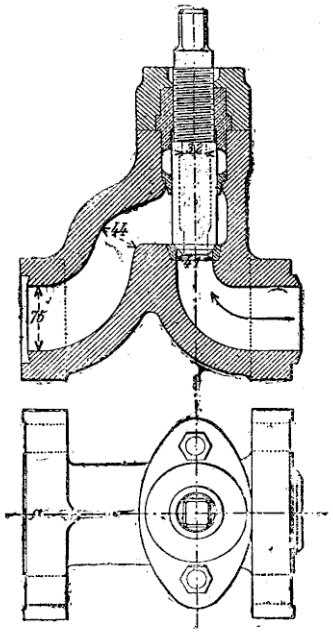
Observation générale. — Lorsqu'il y a un tuyautage compliqué, par exemple au départ des générateurs, on doit agencer méthodiquement la combinaison des robinets, et si possible les réunir tous en un même endroit, bien en vue pour la surveillance, et facilement accessible au personnel de service.

Robinets de jauge. On se sert aussi pour indiquer le niveau de l'eau dans les générateurs, de robinets de jauge, ce sont trois robinets A, B, C, placés sur la face de la chaudière qui regarde la chambre de chauffe, et situés, l'un à la hauteur du niveau normal de l'eau, l'autre un peu au-dessus, l'autre un peu au-dessous, quand on les ouvre, le premier A doit toujours donner de l'eau, le deuxième B également,



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

quant au troisième C, il doit donner de la vapeur. En les ouvrant successivement, on voit si le niveau de l'eau ne s'écarte pas de la hauteur réglementaire, laquelle doit être indiquée par une plaque en cuivre fixée sur la face du générateur. Dans certaines petites chaudières, on se contente de réduire le nombre des robinets de jauge à deux, A et C, mais pour moi c'est intolérable, les trois doivent toujours exister par mesure de précaution. Les robinets de jauge doivent être tenus en parfait état, il faut avoir soin de les faire fonctionner au moins une fois par jour, ce qui généralement et malheureusement n'a pas lieu, et sur ce point je recommande une très grande sévérité (voir *Chaudière)*.



Robinet Guyenet. Ce robinet représenté par la figure ci-contre, est un robinet de branchement. La clef, à vis, est entourée d'un fourreau de bronze qui forme soupape conique.

Robinet à soupape, équilibrée pour vapeur et eau, *système J. Hochgesand.* Ce robinet est employé dans la marine et dans toutes les installations où l'on cherche par tous les moyens d'éviter un arrêt dans le service.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sa construction permet de visiter, réparer et

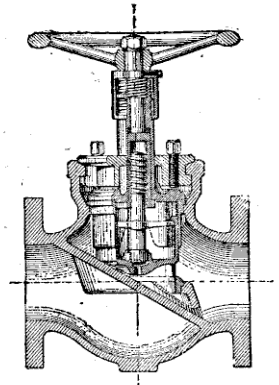


Fig. 1

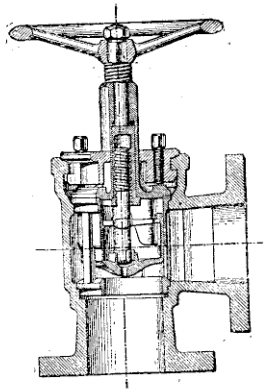


Fig. 2

même remplacer les pièces intérieures, sans démonter le corps du robinet (fig. 1 et 2).

Robinets purgeurs. Par suite des condensations de vapeur qui se produisent dans les cylindres ou de l'entraînement d'eau par la vapeur (quand celle-ci est saturée), il arrive fréquemment que de temps en temps un peu d'eau se trouve accumulée au fond des cylindres ; on s'en débarrasse au moyen d'appareils appelés *robinets purgeurs* (voir *Cylindre* page 179, et *Machine à vapeur Conduite* page 577). Le plus simple consiste en un robinet placé à chaque bout du cylindre, et dont la clé se meut le plus ordinairement au moyen de tringles disposées de telle façon que la poignée de commande soit à la portée du mécanicien.

Quand il y a de l'eau dans les cylindres, on en est prévenu par un claquement plus ou moins fort, qui se produit à fond de course, et on ouvre alors le robinet de purge, de cette façon, l'eau est expulsée au de-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

hors par la pression qu'exerce alternativement la vapeur de chaque côté du piston.

Il arrive quelquefois que la vapeur qui sort de la chaudière entraîne avec elle des quantités d'eau assez notables ; le fond ou le couvercle du cylindre ou bien le piston seraient alors brisés avant qu'on ait eu le temps d'ouvrir les robinets de purge ; c'est pourquoi dans beaucoup de cas, on place sur le fond et sur le couvercle du cylindre un appareil appelé *soupape de sûreté* ; il se compose d'une soupape appliquée fortement sur son siège à la manière ordinaire, au moyen d'un ressort à boudin qui vient à céder quand une certaine quantité d'eau se trouve comprimée entre le piston et le fond ou le couvercle, la soupape se referme ensuite aussitôt après. Ces soupapes sont encore placées tantôt au centre du cylindre, tantôt à la partie inférieure, ce qui est préférable. Elles doivent être rodées avec le plus grand soin de façon à ne pas donner lieu pendant la période d'évacuation à des rentrées d'air qui diminueraient le vide dans le cylindre.

Pour simplifier l'emploi et d'un robinet purgeur et d'une soupape de sûreté, on fait aussi usage du robinet purgeur système *Barbat*, qui renferme les 2 appareils précités, qui est d'une construction simple et économique et qui a pour objet de parer aux *coups de bélier* qui se produisent journellement.

Robinets graisseurs. Les parois des cylindres ont besoin d'être constamment imprégnées de matières grasses, sans quoi le piston les grippe infailliblement.

Dans certaines machines, on estime que l'huile et le suif qui servent à graisser les tiroirs et qui sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ensuite entraînés dans les cylindres, suffisent au graissage de ces derniers. D'autres fois on place à chaque extrémité du cylindre un godet graisseur muni de deux robinets.

On verse du suif fondu dans la coupe et on ouvre le robinet supérieur, le suif tombe alors dans le réservoir intermédiaire, après quoi on ferme le robinet supérieur et on ouvre celui inférieur, ce qui permet au suif fondu d'être aspiré dans le cylindre pendant la période d'évacuation, Les deux robinets sont nécessaires pour empêcher l'huile ou le suif fondu d'être projeté à la figure des mécaniciens par la pression de la vapeur. (Voir cylindre ; graissage ; graisse ; graisseurs).

Rodoirs. Les rodoirs sont des outils destinés à polir, à nettoyer, à aléser, etc., l'intérieur des trous, les tourillons, les fusées, etc. On les fait en bois, en fer garni de plomb ou de cuir, en cuivre rouge, en bronze, etc., et les formes varient suivant les besoins.

Les uns préfèrent les rodoirs en bois garnis de cuir ou de plomb, d'autres les rodoirs en fer garnis

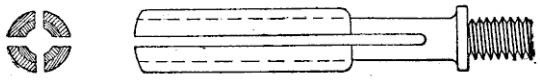


Fig. 1

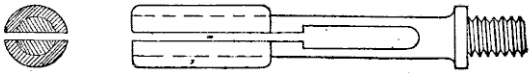


Fig. 2
Fer et plomb.

de plomb, cela dépend de l'idée de l'ouvrier et du travail à obtenir. Les rodoirs (fig. 1, 2, 3 et 4), doivent être fendus en 2, 3 ou 4 parties, sur toute la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

longueur utile pour en faciliter l'augmentation de diamètre, soit par un coin, une broche conique, une vis cône, etc.

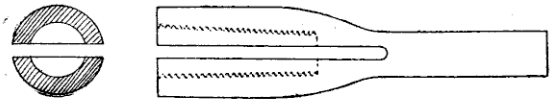


Fig. 3
Cuivre rouge.



Fig. 4
Cuivre ou bois.

Le rodoir (fig. 5), se compose tout simplement de deux planchettes en bois, sur lesquelles on fixe une bande de cuir A.



Fig. 5

Le rodoir (fig, 6), est utilisé pour le nettoyage des transmissions en marche.

La partie supérieure est en bois recouvert intérieurement de plomb ou de cuir destiné à recevoir la matière employée pour le nettoyage. Une tige en fer rond munie d'une patte

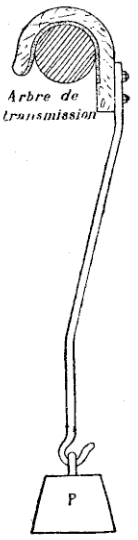


Fig. 6

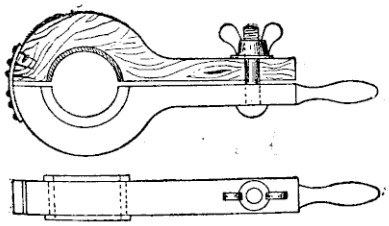


Fig. 7
Bois et cuir ou fer et plomb.

est fixée au rodoir proprement dit, et la partie infé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rieure de cette tige possède un crochet pour recevoir un poids P.

Quand au rodoir (fig. 7), il peut être fait soit en bois, garni de cuir intérieurement, ou en fer garni de plomb, et en 2, 3 ou 4 parties assemblées avec des charnières en tôle ou en cuir.

Rondelles. (Voir page 62).

Roues d'engrenages. Les roues d'engrenages ont pour objet de transformer un mouvement de rotation autour d'un axe en un même mouvement autour d'un autre axe.

Il doit exister un rapport constant entre les vitesses de rotation simultanées autour de chacun des axes.

Les principaux types d'engrenages sont : droits, cylindriques, coniques, etc.

L'engrenage *droit* est composé d'une roue dentée et d'une crémaillère.

L'engrenage *cylindrique* résulte du contact immédiat de deux roues droites à axes parallèles.

L'engrenage est *conique* lorsque deux roues ayant la forme d'un cône tronqué, sont placées sur des axes qui forment entre eux un angle quelconque, mais qui se rencontrent à un sommet commun. On leur donne encore le nom de *roues d'angle*.

Si l'on remplace l'écrou d'une vis fixe par une roue dentée dont les dents soient taillées inclinées, de façon à représenter chacune une portion d'écrou; le mouvement de la vis fera évidemment tourner cette roue, et ce mouvement sera d'autant plus lent, que le pas de la vis sera plus court. Une vis ainsi disposée porte le nom de vis sans fin parce qu'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peut la faire tourner indéfiniment dans le même sens.

On donne le nom de *diamètres primitifs* ou *diamètres proportionnels* aux diamètres des circonférences qui viennent se toucher en un point et dont les valeurs sont calculées pour obtenir la vitesse utile. Lorsque deux roues ont un diamètre différent, la rapidité de rotation est en raison inverse de la longueur des diamètres, en d'autres termes, la *roue gagne en vitesse ce qu'elle perd en étendue*, c'est-à-dire que si la grande roue se compose d'un nombre de dents cinq fois plus grand que celui de la petite nommée *pignon*, cette dernière devra fournir cinq tours pendant que la première n'en fera qu'un.

Les *cercles primitifs* servent de base au tracé.

L'*épaisseur* des dents se mesure sur la circonférence de ces cercles.

L'intervalle d'une dent à l'autre s'appelle le *creux*. La *largeur* des dents est leur dimension dans le sens de l'axe de rotation.

La partie des dents qui est en dehors des cercles primitifs se nomme la *face*, celle qui est en dedans se nomme le *flanc*.

Le *pas* de l'engrenage est donné par la somme de l'épaisseur et du creux, ou par la distance de deux dents consécutives, mesurée de milieu en milieu.

Les roues d'engrenage sont ordinairement en métal ; fer, fonte ou bronze, quelquefois elles possèdent des alluchons, qui ne sont que des dents en bois rapportées (voir *Alluchon*).

Le nombre de dents à donner à un pignon pour obtenir un bon travail et une marche régulière, varie un peu suivant le genre de tracé que l'on em-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ploie, au minimum c'est 20, mais dans tous les cas il ne doit pas être inférieur à 6.

Dans les ateliers de construction en vue de faciliter et d'économiser du travail, souvent on calcule les dimensions des dents comme si elles devaient être en bois et on les exécute en fonte de même épaisseur.

Lorsque les roues sont pour marcher avec des dents brutes, il faut avoir soin de laisser du jeu suffisamment entre elles pour parer aux défectuosités du moulage environ le 1/20 de la valeur du pas. Lorsque les dents doivent être travaillées, ce jeu peut être moindre, environ 1/50 du pas.

Pour les engrenages à dents brutes, ces dernières doivent être légèrement plus petites en hauteur sur le modèle que celles que l'on désire obtenir du moulage, 1/40 du pas environ, et le creux un peu plus profond dans les mêmes proportions.

Quant aux engrenages à vis sans fin, le jeu doit être le moins grand possible entre les dents, une roue droite à dents inclinées et non concaves doit avoir le creux et le plein de mêmes dimensions.

Epure d'un engrenage droit. — Pour faire l'épure d'un engrenage droit, il faut d'abord savoir la distance d'axe en axe des deux roues et ensuite leur rapport; c'est-à-dire si elles doivent marcher à la même vitesse ou à des vitesses différentes. Soit par exemple à établir l'épure d'une roue de 60 dents ayant son axe situé à $0^m,250$ de celui d'un pignon, auquel elle doit communiquer une vitesse trois fois plus grande. Le nombre de dents à donner à ce dernier sera par conséquent de 60 divisé par 3 = 20 dents.

Ceci posé, on détermine le pas des dents de la façon suivante :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Distance des axes : 250 millimètres $\times 2 = 500$
$500 \times 3{,}14 = 1.570$.

1.570 divisé par 80 (nombre des dents de la roue et du pignon) donne la valeur du pas $= 19{,}625$. Multipliant 19,625 par 60 et divisant le résultat par 3,14, le diamètre du cercle au contact ou diamètre primitif de la roue nous est donné

$$\frac{19{,}625 \times 60}{3{,}14} = 375 \text{ millimètres.}$$

Opérant de même pour trouver le diamètre primitif du pignon on a $\frac{19{,}625 \times 20}{3{,}14} = 125$ millimètres.

On peut encore obtenir (fig. 1) les rayons primitifs de chaque roue en multipliant la distance des centres par le nombre de dents de cette roue et en divisant le produit par la somme du nombre de dents des deux roues. Ainsi dans le cas qui nous occupe, la distance des centres est 250 millimètres, la roue a 60 dents, le pignon 20 dents.

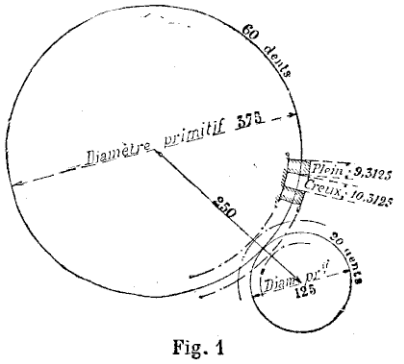


Fig. 1

Pour trouver le rayon primitif de la roue, je multiplie 250 par 60, (nombre de dents de la roue) et je divise le produit par $60 + 20 = 80$ (somme des dents de la roue et du pignon) $\frac{250 \times 60}{80} = 187{,}5$.
Le diamètre sera $187{,}5 \times 2 = 375$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On trouvera également le rayon du pignon qui est de $\frac{250 \times 20}{80} = 62,5$. Le diamètre est donc $62.5 \times 2 = 125$.

Connaissant les diamètres des cercles primitifs et le pas, on détermine le creux en divisant la valeur du pas en deux parties telles que l'une ait environ 1/20 du pas de plus que l'autre. Ainsi dans un pas de 19,625 le jeu étant environ de 1 millimètre la dent aura $\frac{19,625 - 1}{2} = \frac{18,625}{2} = 9,3125$.

Cette valeur de 1/20 peut descendre à 1/10 selon le degré de perfection apporté au travail.

La valeur du creux sera par conséquent égale à $19,625 - 9,3125 = 10,3125$. Le jeu entre les dents sera donc $10,3125 - 9,3125 = 1$ millimètre.

La saillie des dents sur l'anneau ne doit jamais dépasser 1,5 de l'épaisseur de la dent prise sur la circonférence du cercle primitif; ici nous avons donc comme hauteur $9^{mm},3125 \times 1,5 = 13^{mm},96$.

La répartition de la hauteur de la dent au-dessus et au-dessous du cercle primitif, se fait de la manière suivante :

La hauteur au-dessus du contact est égal au $\frac{43}{100}$ (comme règle générale) de la hauteur totale soit $13,96 \times 0,43 = 6$ millimètres environ, ce qui donne comme diamètre extérieur de la grande roue $375 + 2$ fois $6 = 387$ millimètres et pour le pignon $125 + 2$ fois $6 = 137$ millimètres.

La largeur des dents parallèlement à l'axe de la roue doit être de quatre fois l'épaisseur mesurée sur la circonférence primitive pour une moyenne vitesse, et 5 à 6 fois pour une vitesse dépassant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$1^m,50$ en une seconde à la circonférence du cercle primitif, ce qui nous donne ici en supposant une vitesse de 1 mètre à la seconde $9,3125 \times 4 = 37,25$

Pour obtenir le diamètre au fond des dents, il s'agit tout simplement de diminuer le diamètre extérieur de deux fois la hauteur de la dent, ce qui donnera pour la grande roue 387 moins 2 fois 13,96 $= 359,08$.

Pour le pignon 137 moins 2 fois $13,96 = 109,08$. Le jeu au fond des dents est donc de

$$500 - (109,08 + 387) = 500 - 496,08 \frac{4,92}{2} 2^{mm},46$$

L'épaisseur à donner à la jante doit être pour le moins de 2/10 en plus que celle de la dent au contact, soit ici $9,312 \times 1,2 = 11,1744$, en chiffre rond, 11 ou 12 millimètres.

Pour le bien de la jante, celle-ci doit toujours être renforcée par une nervure placée au milieu, dont la saillie sera au moins égale à l'épaisseur de la jante.

Pour les dents en bois, la largeur de l'anneau où elles sont encastrées doit être égale à celle des dents, augmentée de part et d'autre de la dent, d'une quantité égale aux deux tiers de son épaisseur à la circonférence primitive

L'extrémité de la queue des dents, c'est-à-dire la partie qui commence à s'engager dans l'anneau doit avoir de part et d'autre, deux à trois millimètres de moins dans le sens de la circonférence, et quatre ou cinq de moins dans le sens de l'axe, de sorte qu'en chassant la dent avec force elle vient s'appuyer contre la surface extérieure de l'anneau par des épaulements.

La partie qui forme saillie à l'intérieur de l'anneau peut être taillée à queue d'aronde.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Entre deux dents, l'on insère des coins de même forme pour les caler fortement et des vis à bois placées de deux en deux joints, empêchent les coins de tomber si les bois se dessèchent.

Le nombre des bras pour les petites roues est ordinairement de 4, pour les moyennes de 6 et pour les grandes 8 ou 10, qu'il est toujours bon de renforcer par des nervures, une de chaque côté du bras pour les roues ordinaires et d'un seul côté pour les roues d'angle. Dans tous les cas la nervure aura près du moyeu ou de l'axe une plus grande largeur que près de la jante.

La longueur du moyeu doit être égale environ à l'épaisseur de l'anneau, dans le sens de la longueur des dents, augmenté des 6/100 du rayon primitif, Soit 37,25 + 11,25 = 48,50. Le diamètre du moyeu doit être égal à deux fois celui de l'arbre qui doit le recevoir. Quant aux dimensions du clavetage (voir *Clavettes*).

Une fois toutes les données établies, il ne s'agit plus que d'en dresser un résumé sous la forme du tableau ci-dessous et de procéder à l'exécution de l'épure en traits le plus fin possible.

DÉSIGNATION	ROUE	PIGNON
Diamètre extérieur	387	137
Diamètre au contact	375	125
Diamètre au fond des dents . .	359.08	159.08
Pas.	19.625	19.625
Nombre de dents	60	20
Epaisseur des dents.	9.3125	9.3125
Hauteur des dents	13.96	13.96
Longueur des dents.	37.25	37.25

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DESIGNATION	ROUE	PIGNON
Jeu entre les dents	1	1
Jeu au fond des dents	2.46	2.46
Epaisseur de la jante	11.1744	11.1744
Alésage	50	45
Longueur du moyeu.	48.50	48.50
Diamètre du moyeu	100	90
Largeur de la clavette	16	15
Epaisseur de la clavette. . . .	10	9
Distance d'axe en axe	250	
Numéros de modèle	à déterminer	

Il n'y a pas d'inconvénient dans le tableau précédent, comme dans les suivants, à arrondir les chiffres du moment qu'on le fait avec régularité.

On commence (fig. 1 et 2) à tracer la ligne des centres, on y indique l'écartement d'axe en axe des deux roues. Chacun des centres A et B étant déterminé, on trace les circonférences primitives ainsi que celles indiquant l'extérieur et le fond des dents.

Un moyen facile, suivi par les prati-

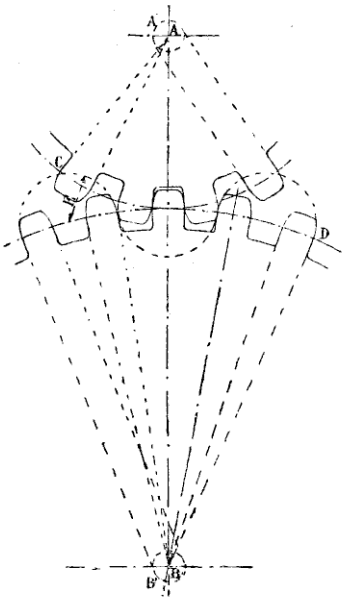


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ciens, mais seulement approximatif de déterminer la courbure des dents, consiste à diviser le cercle générateur en parties égales, suivant le nombre de dents à faire, puis de chacun des points de division comme centre, et avec un rayon E (fig. 2) égal à la distance ou aux trois quarts de la distance qui les sépare, on décrit des arcs jusqu'à la rencontre du cercle générateur : le croisement de ces arcs déterminera la largeur et la courbure de chaque dent.

Par les centres A et B, on mènera des rayons AC et BD qui donneront la direction des flancs. On en fera autant pour l'autre face des dents.

Le prolongement des deux flancs, au lieu de se rencontrer au centre des roues, peuvent être parallèles, c'est-à-dire tangent à une circonférence A et B' décrit sur chaque axe des roues et ayant un diamètre égal à l'épaisseur des dents sur les cercles primitifs.

On adoucira par un petit raccordement curviligne, le flanc et le fond creux pour ne pas avoir d'angle rentrant à vive arête.

L'engrenage à développante de cercle est le système le plus parfait d'engrenage.

Lorsque sur une circonférence (fig. 3) est enroulé un fil ; si on le déroule en le tenant par une de ses extrémités, et en ayant soin de le maintenir constamment tendu, la courbe A, B, C, D, E.... décrite par l'extrémité du fil est une développante.

Pour décrire cette courbe, on divise la circonférence en un nombre quelconque de parties égales, assez grand cependant pour que l'arc d'une de ces parties soit à peu près une ligne droite.

Par chacun des points de division, on mène un rayon et à chacun des rayons, dans une même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

direction, on élève une tangente indéfinie, puis du point B' comme centre et avec un rayon pris de B' en A, on décrit l'arc AB; du point C' et avec un rayon C'B, on décrit l'arc BC ; du point D' et avec un rayon égal à D'C, on décrit l'arc DC, etc. La courbe ABCD.... est la développante cherchée.

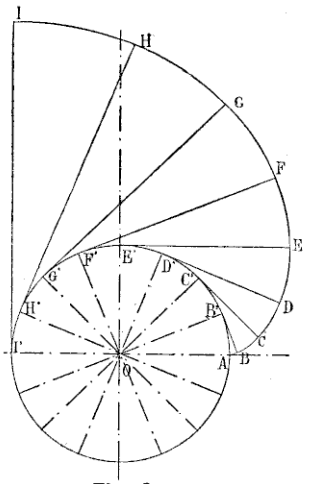


Fig. 3

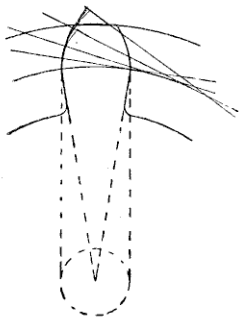


Fig. 4

Appliquée au tracé des dents d'engrenage, on obtient (fig. 4), une série de circonférences partant du flanc de la dent, et qui en indiquent la forme, il ne s'agit plus que de mener une courbe tangente à toutes ces parties, pour obtenir la forme réelle de la face de la dent.

En pratique, le tracé des engrenages par développante se fait de cette façon (fig. 5). Soient une roue de centre O et son pignon de centre O'; R le rayon du cercle primitif de la roue; r le rayon du cercle primitif du pignon.

Par le point de tangence des deux cercles, traçons une ligne AB inclinée à 75° sur la ligne des centres OO'. Par chacun des centres OO', menons

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une circonférence tangente à la ligne AB. Ces circonférences développées par le procédé indiqué précédemment donneront le tracé des faces des dents de la roue et du pignon. Pratiquement, on prend comme rayon de courbure une longueur égale au pas, les centres des rayons de courbure se trouvent sur les circonférences tangentes à la ligne AB.

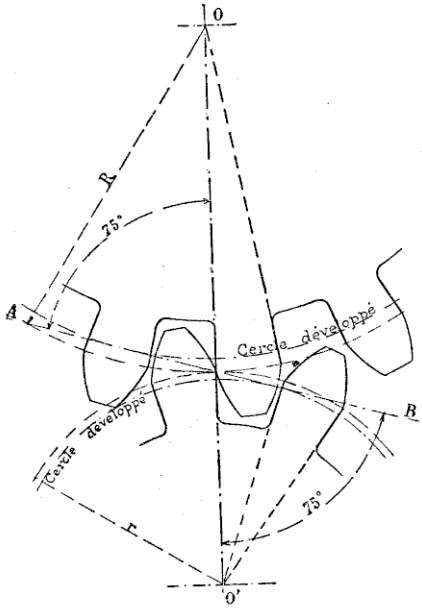
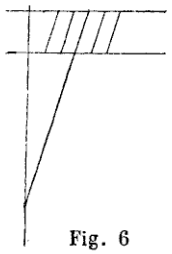


Fig. 5

Si dans une réparation l'on a une roue à remplacer, il faut relever un calibre bien exactement fait du creux et du plein des dents, en tenant compte de l'usure, s'il y en a, et qui sert alors à établir l'épure de la nouvelle roue à faire.


Fig. 6

Pour la denture héliçoïdale, son tracé est le même que pour les dents droites, seulement sa pente doit être indiquée en plan (fig. 6), ou en millimètres pour un nombre de millimètres donné de largeur sur la jante.

Il peut se faire que l'on rencontre des roues qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

engrènent trop, et dont la disposition des axes ne permette aucune modification. Dans ce cas, on doit relever l'écartement des centres, vérifier si les pas et le nombre de dents sont en rapport; diminuer le diamètre de celle trop grande ou de toutes les deux s'il le faut, car si la défectuosité existe sur les deux et que l'on n'en modifie qu'une, on obtiendrait du dur en marchant; un broutage et un bruit continuel suivi le plus souvent de la rupture des dents.

Cycloïde. La cycloïde est la courbe engendrée par le point de contact de la circonférence d'un cercle qui se met en mouvement et qui roule en ligne droite dans un plan perpendiculaire sur une surface plane. Comme exemple, je citerai une roue AB de locomotive, en repos (fig. 7) sur le rail BE au point B. Si l'on met la roue en mouvement pour la faire avancer jusqu'au point C, le premier point de contact décrira la courbe BD. Cette courbe est la *cycloïde*. Inutile d'ajouter que tous les points d'une roue ou d'un disque roulant ainsi sur une surface plane décrivent chacun à leur tour une cycloïde à partir de l'instant de leur contact. Soit à tracer la cycloïde précitée: On divise d'abord la circonférence en un certain nombre de parties égales assez petites cependant pour que la distance du point *a* à la ligne BE soit peu considérable, on porte sur la ligne BE les mêmes divisions, et de celles-ci on élève des perpendiculaires jusqu'à la rencontre de

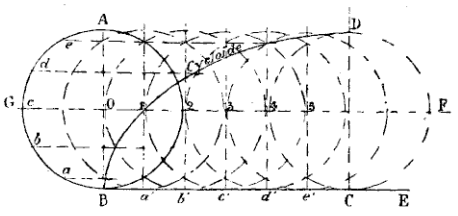


Fig. 7

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

GF engendrée par le centre O du cercle en mouvement et parallèle à BE. Les points 1, 2, 3, 4, 5.... ainsi obtenus sont les centres de la circonférence lorsqu'elle se trouve aux points *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, *e'*... De chacun de ces centres et avec un rayon égal à OB, on décrit les arcs de cercle ponctués. Enfin, menant des lignes horizontales par les points de division de la circonférence, on obtient, aux points de rencontre de ces lignes, avec les arcs de cercles décrits des points 1, 2, 3, 4, 5... les points de passage de la cycloïde.

Lorsque le point B est arrivé en D, c'est-à-dire lorsque le diamètre BA est de nouveau perpendiculaire à BE, le cercle générateur a accompli la moitié de son développement; en faisant avancer le cercle sur le prolongement de BE, on obtiendrait une autre cycloïde semblable à la première, mais qui irait en décroissant progressivement.

Epicycloïde. L'épicycloïde est une courbe engendrée par le point de contact d'une circonférence roulant à l'extérieur ou à l'intérieur d'une autre circonférence. Elle diffère de la cycloïde en ce que le cercle générateur, au lieu de s'avancer sur un plan droit, se meut autour d'un cercle fixe.

Soient donc ABCD, le cercle fixe (fig. 8), et CO'D' le cercle générateur. Du point O et avec un rayon OO' on décrit la courbe que doit tracer le centre O' dans sa marche autour du cercle principal. On divise ensuite le cercle générateur en un certain nombre de parties égales, et l'on reporte ces divisions sur le cercle principal. Du centre de celui-ci, par les points de division, on mènera des rayons jusqu'à la circonférence directrice. Les points *a*, *b*, *c*, *d*... seront les centres successifs du cercle générateur, lorsque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le contact aura lieu aux points 1, 2, 3, 4. De chacun de ces centres, et avec un rayon égal à O'D', on

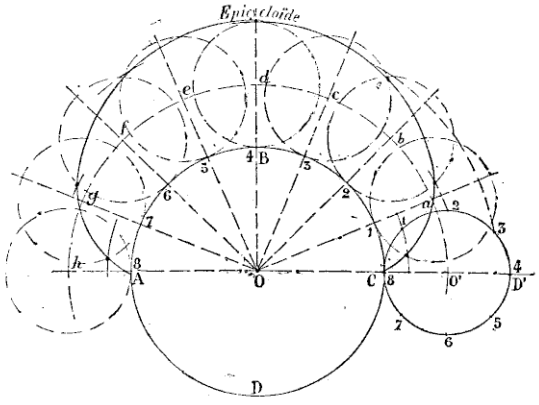


Fig. 8

décrit de nouvelles circonférences. Enfin du centre O, on décrit des arcs de cercles passant par les points de division 1, 2, 3, 4. Les points d'intersection de ces arcs de cercle avec les circonférences qui marquent les positions successives du cercle générateur seront les points de passage de l'épicycloïde.

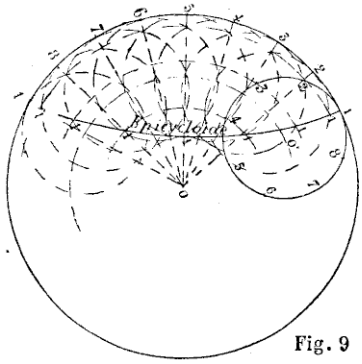


Fig. 9

On opère d'une façon identique pour le tracé de l'épicycloïde intérieure. La figure, du reste, le démontre suffisamment (fig. 9). Dans une épure d'épicycloïde intérieure, lorsque le cercle générateur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est la moitié du cercle fixe, l'épicycloïde n'est autre qu'un diamètre du cercle fixe (fig. 10). Cette particularité est à remarquer car elle a son application dans les trains d'engrenages à flancs rectilignes ou flancs droits.

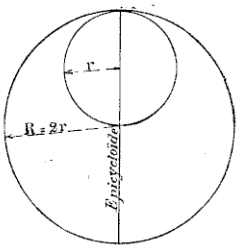


Fig. 10

Tracé des engrenages à épicycloïde à flancs rectilignes. — Soient C et C' (fig. 11) les centres des deux circonférences primitives d'un pignon et d'une roue dont le pas et les diamètres sont déterminés. Traçons les cercles primitifs de chacune. De plus, nous trouvons dans chacun de ces cercles une circonférence d'un diamètre égal à leur rayon, et dont les centres seront en *o* et *o'* sur la ligne des centres CC' Ces deux circon-

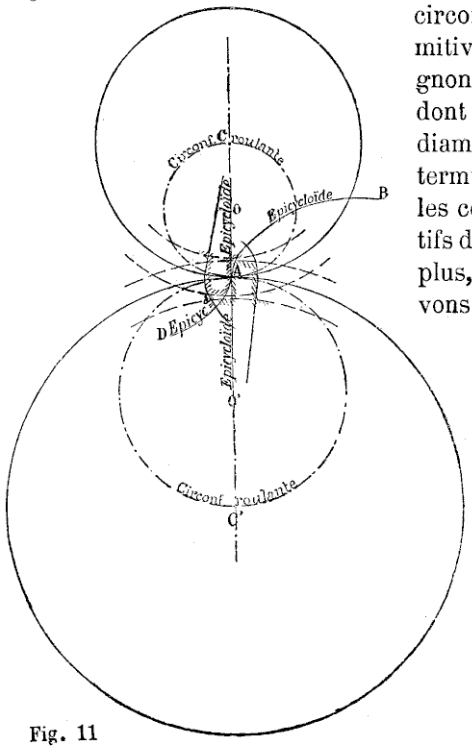


Fig. 11

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

férences de centre *o* et *o'* sont les circonférences des cercles générateurs, chacun des cercles primitifs étant considéré comme cercle fixe. Le cercle de centre *o'* en roulant sur le cercle primitif du pignon de centre C déterminera une épicycloïde extérieure AD formant la face des dents du pignon. Le même cercle de centre *o'* en roulant à l'intérieur du cercle primitif de la roue de centre C' déterminera une épicycloïde, qui en vertu de la particularité citée plus haut est une ligne droite allant au centre. Cette ligne droite AO' donne le flanc des dents de la roue.

De même en faisant rouler le cercle de centre *o* sur la circonférence du cercle primitif de la roue C' on obtiendra une épicycloïde AB donnant la face des dents de la roue C'. Ce même cercle du centre *o* roulant à l'intérieur du cercle primitif du pignon C déterminera aussi une épicycloïde qui sera une ligne droite AO allant au centre et donnant le flanc des dents du pi-

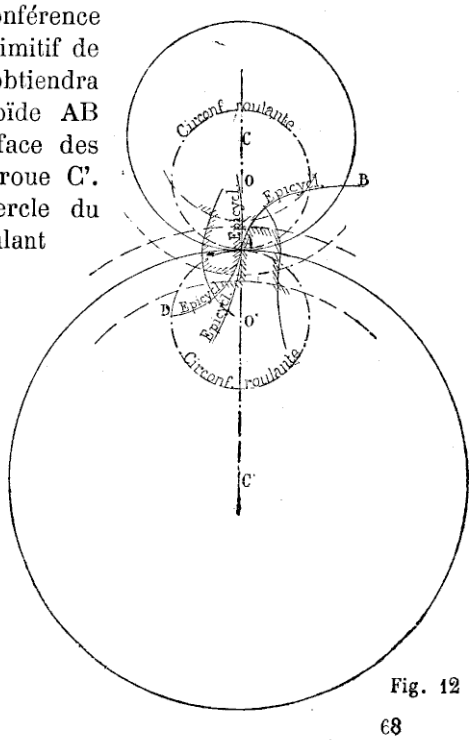


Fig. 12

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

gnon. Il ne suffit plus que de limiter la saillie des dents et donner le jeu nécessaire.

Tracé des engrenages à épicycloïdes à flancs courbes. — Ce tracé (fig. 12) se fait de la même façon que le précédent, avec cette différence que les cercles générateurs au lieu d'être égaux à la moitié des cercles primitifs, se font d'un rayon égal à $0^m,875$ du pas.

Dans le cas ou le nombre des dents devient égal à 11, les dents du pignon deviennent à flancs rectilignes, car le cercle générateur devient la moitié du cercle primitif. En-dessous de 11 dents, les dents du pignon deviennent trop faibles à leur encastrement avec la jante. Dans ce cas, on fait des pignons à joues.

Epure d'une roue dentée et d'une crémaillère.— Considérons la droite AB comme ligne primitive d'une crémaillère s'engrenant avec un pignon de centre C. Nous tracerons le profil des dents de la même façon que pour les engrenages extérieurs à épicycloïdes à flancs rectilignes, c'est-à-dire avec cercle générateur de moitié plus petit que le cercle primitif. Le cercle générateur du pignon aura son centre en *o*. La crémaillère peut être considérée comme un arc dont le centre est à l'infini. Par con-

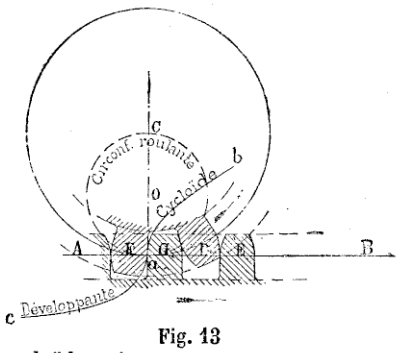


Fig. 13

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

séquent son cercle générateur est également infini et se confondra avec la ligne droite AB. Le cercle générateur de centre *o* décrit en roulant sur l'arc infini de la crémaillère une épicycloïde *ab*, mais la crémaillère étant une ligne droite, cette épicycloïde est en réalité une cycloïde, se traçant comme nous l'avons déjà vu, et qui détermine la face des dents de la crémaillère. En roulant dans le cercle primitif du pignon elle détermine le flanc des dents du pignon, qui est une ligne droite allant au centre. La circonférence roulante infinie en roulant sur le cercle primitif du pignon détermine une épicycloïde *ac*, cette épicycloïde n'est autre chose qu'une développante, car la circonférence roulante se confond avec la ligne droite AB. En roulant dans la circonférence primitive infinie de la crémaillère, elle détermine une épicycloïde qui n'est par conséquent qu'un diamètre ou mieux une perpendiculaire à la droite AB.

La façon suivante peut servir à déterminer la longueur des dents, étant donné que la dent de la roue qui commande ne doit pas abandonner celle sur laquelle elle agit, avant que la dent qui la suit immédiatement commence son action. Ainsi la dent D qui agit sur la dent E ne doit pas abandonner celle-ci avant que la suivante F ne se soit engrenée avec la dent G.

Toutefois il faut se rendre bien compte de l'emplacement disponible que doit occuper la roue d'engrenage et la crémaillère afin de donner une hauteur suffisante à la partie pleine de cette dernière, au moins 1 fois 1/2 la hauteur de la denture, sinon on doit diminuer le rayon et le pas de la roue en conséquence.

Soit à mettre une roue de 20 dents dans un es-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pace de 60 millimètres de l'axe de la roue au point de contact avec la crémaillère, on aura comme dispositions à suivre le tableau suivant :

DÉSIGNATION	ROUE	CRÉMAILLÈRE
Diamètre extérieur	131.544	»
» au contact	120	»
» au fond des dents	104.697	»
Pas	18.84	18.84
Nombre de dents	20	selon la course que l'on veut obtenir
Epaisseur des dents	8.949	8.949
Hauteur des dents	13.4235	13.4235
Hauteur de la partie pleine de la crémaillère	»	20.1352
Longueur des dents	35.796	35.796
Jeu entre les dents	0.942	0.942
Jeu au fond des dents	1.9793	1.9793
Epaisseur de la jante	10.7388	»
Alésage	40	»
Longueur du moyeu	42.996	»
Diamètre du moyeu	80	»
Largeur de la clavette	13	»
Epaisseur de la clavette	8	»

Epure d'une roue droite avec une vis sans fin. — La première chose à connaître, c'est la course que l'on veut que la roue fasse pour un tour imprimé à la vis. Il ne faut donc pas perdre de vue qu'un tour de vis sans fin à 1 filet fait avancer la roue d'une dent.

Donc si une roue a 12 dents et la vis 1 filet, il faudra 12 tours a cette dernière pour obtenir un tour de roue, si elle a 2 filets, il n'en faudra plus que 6, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En s'inspirant du tracé de la crémaillère, on aura facilement et par le même procédé, le profil moyen des dents de la roue et de la vis sans fin. Supposons la roue de rayon primitif OA. Cette roue ayant par exemple 12 dents, je divise la circonférence primitive en 12 parties égales. A partir du centre O je porte la distance de centre en centre de la roue et de la vis en OK, et je trace l'axe de la vis EF. En menant au point L une parallèle à l'axe de la vis, je détermine le rayon primitif de cette dernière. La saillie des dents et du filet sera conforme aux données indiquées précédemment pour les engrenages ordinaires. Le tracé des dents se fera comme pour la crémaillère en remarquant toutefois qu'il donne la forme des dents et du filet, comme si ceux-ci avaient été coupés par leur milieu, par un plan passant par l'axe de la vis et de la roue.

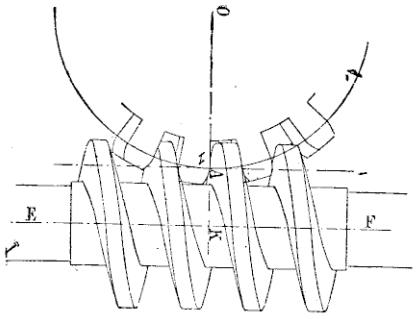


Fig 14

On a comme disposition à suivre le tableau suivant, en remarquant que l'on ne doit pas avoir de jeu entre les dents.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DÉSIGNATION	ROUE	VIS
Diamètre extérieur.	84.1518	60.158
» au contact	72	48
» au fond des dents . .	55.8918	31.898
Pas	18.84	18 84
Nombre de dents et filets. . .	12	1
Epaisseur des dents	9.42	9.42
Hauteur des dents.	14.13	14.13
Longueur des dents	56.52	»
Jeu entre les dents	0	0
Jeu au fond des dents. . . .	1.9751	1.9751
Epaisseur de la jante	Pleine	»
Alésage	20	»
Longueur du moyeu	60.84	»
Diamètre du moyeu	40	»
Largeur de la clavette. . . .	6	»
Epaisseur de la clavette . . .	4	»
Distance d'axe en axe. . . .	60	
Numéro de modèle.	»	»

Il est possible de faciliter le travail du tourneur souvent assez difficultueux en ce cas, en faisant des pas en chiffres ronds ou au plus en fraction de 1/2 millimètre, ce qui se peut très bien puisque l'on a la faculté d'augmenter ou de diminuer de quelques millimètres le diamètre de la vis.

Quant à l'inclinaison des dents de la roue elle est donnée par la relation suivante :

Le diamètre au contact de la vis étant 48, son développé à ce point sera de $48 \times 3{,}14 = 150{,}72$.

Le pas étant de 18,84 et la longueur des dents de 56,52, on a :

$$\frac{18{,}84 \times 56{,}52}{150{,}72} = 7{,}06.$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sur leur longueur et graphiquement, on a :

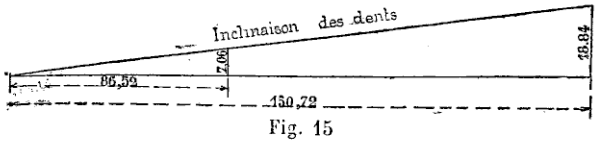


Fig. 15

La vis pourrait avoir 2 filets, son pas deviendrait double, mais la roue conserverait le sien, l'inclinaison seule changerait et passerait de 7,06 à 14,12 sur la longueur des dents.

La même marche est à suivre pour un plus grand nombre de filets.

Il peut se présenter dans une réparation que la roue soit usée à un tel point qu'il est impossible d'en déterminer le diamètre exact ou la forme des dents, dans ce cas, on procède en prenant la distance d'axe en axe, et on détermine le diamètre au contact de la roue qui est égal à 2 fois cette distance moins le diamètre au contact de la vis.

En se reportant à l'exemple précédent nous aurons donc :

D'axe en axe = 60 multiplié par 2 = 120 moins 48 = 72 diamètre au contact de la roue.

Pour avoir la forme des dents, on relève un calibre de la forme du creux de la vis, on le reproduit sur le papier et l'on procède au tracé en ayant bien soin de tenir compte de l'usure qui peut s'être produite sur la vis. Quant au reste, on l'obtient comme précédemment.

Si on a l'épure d'un secteur ou pour mieux dire d'une portion de roue à faire, on doit procéder comme pour une roue complète et suivre les mêmes principes, pour éviter toute chance d'erreur et faciliter le travail de défonçage ou de taillage, et con-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

naître le nombre exact de dents que posséderait la roue si elle était entière, ce qui sert de base.

Roue à denture concave. La roue à denture concave (fig. 1 et 2), s'utilise généralement pour les grandes vitesses ou dans le cas d'une assez

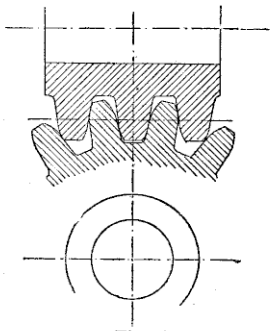


Fig. 1

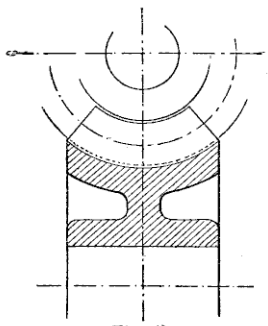


Fig. 2

grande résistance à vaincre. Ses dents, lorsqu'elles sont bien travaillées, ont une assez grande surface en prise, seulement elles doivent être l'objet d'un très grand soin d'exécution, ce qui généralement n'a pas lieu à la sortie du tour, étant presque toujours obligé de les retoucher à la main, ou d'avoir recours à la vis fraise, autrement elles chauffent beaucoup jusqu'à ce qu'elles aient elles-mêmes creusé leur logement.

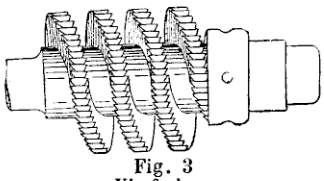


Fig. 3
Vis fraise.

La dent épouse la forme de la vis d'après le diamètre de cette dernière et son inclinaison, et on ne doit dégager la matière à l'outil que juste au gabarit et enlever la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

matière en trop sur les côtés avec un burin finement affûté ou à la fraise (fig.3), pour obtenir un frottement régulier. Les petits pas sur de grands diamètres n'offrent pas cet inconvénient.

Les filets triangulaires ne doivent être employés que le moins possible pour les vis sans fin et prendre de préférence ceux de forme de dents d'engrenage ou de forme ronde.

Le tourneur doit bien se pénétrer de ce qui précède et ne pas diminuer les dents jusqu'à ce que la vis entre à fond, sinon on obtiendrait une marche défectueuse.

Dans le cas d'un plateau fixe, le porte-outil doit être placé à distance d'axe pour que les dents soient taillées suivant la figure 2, si le plateau est mobile, on tire un trait sur la coulisse du chariot.

Les outils à employer peuvent se résumer aux trois suivants (fig. 4, 5 et 6), en tenant compte de la coupe qui doit être faite dans les conditions voulues

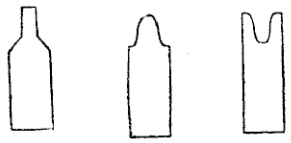


Fig. 4 à défoncer — Fig. 5 pour le vide — Fig. 6 pour le plein

La denture d'une roue concave se taille

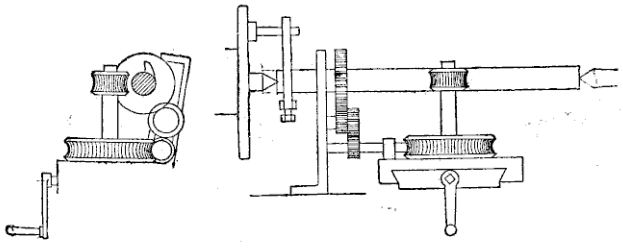


Fig. 7 — Fig. 8

en montant cette dernière (fig. 7 et 8) sur un pla-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

teau circulaire de façon qu'elle soit bien concentrique à l'axe, parallèle au plateau et fixée solidement. Le plateau circulaire, on le monte sur le chariot du tour, de façon que coulissant, la roue à exécuter soit sur le même axe en hauteur que les pointes du tour. Cela fait, on monte en pointes sur le tour, un meneur porte-outil sur lequel est adapté une roue qui donne le mouvement automatique au plateau circulaire, ainsi que le nombre de dents à exécuter et leur inclinaison. Ceci posé, il faut savoir maintenant le nombre de dents que doit avoir la roue et le nombre de filets de la vis correspondante pour déterminer le montage des roues devant faire mouvoir le plateau.

Soit une roue de 12 dents à obtenir et devant fonctionner avec une vis sans fin à un filet, devant avoir l'inclinaison correspondante comme on l'a vu précédemment. Supposons que le plateau sur lequel la roue est montée pour être taillée a 75 dents et soit actionné par une vis sans fin à un filet, on multiplie alors le nombre de dents du plateau par celui à

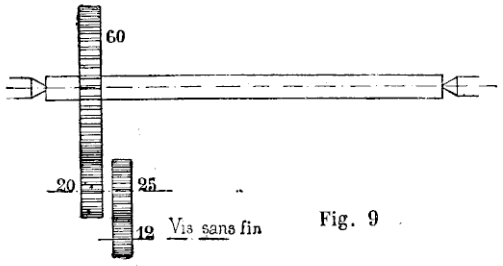


Fig. 9

obtenir $75 \times 12 = 900$ divisé par une roue supposée de 25 dents $= 36$ que l'on multiplie par une autre également supposée de 20 dents $= 720$ produit que l'on divise par le nombre de dents à faire 12, ce qui donne comme résultat 60 (fig. 9).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si la vis a 2 filets et si l'on conserve 60 dents sur le meneur et 12 sur la vis sans fin, on double le mariage précédent et on peut marcher sans quitter. Si la vis a 3 filets, on divise la roue à tailler en 12 parties égales et on opère par 4 dents à la fois, en mettant une roue de 120 dents sur le meneur en triplant le mariage et en conservant celle de 12 sur la vis sans fin.

Il peut se présenter que le nombre de dents de la roue à tailler soit de 27 sur un plateau de 75 dents, dans ce cas, on place sur le meneur une roue de 75 dents et sur la vis sans fin une de 27, mais on a généralement pas ces dernières roues, c'est pourquoi il faut s'en procurer d'autres qui soient dans les mêmes proportions, soient 18 et 50 qui sont les 2/3 de 27 et 75 qui donne alors une roue de 50 sur le meneur et une de 18 sur la vis sans fin.

Si la roue à exécuter est destinée à une vis sans fin à gauche, il suffit de mettre une intermédiaire en plus en suivant les mêmes principes que pour le filetage à gauche.

Si la denture à exécuter est faible, on peut se dispenser du plateau circulaire sur le chariot du tour en dégrossissant à la fraise circulaire et en montant ensuite la roue sur un pivot fixé dans le support porte-outil du tour et en disposant en pointes un taraud mère du diamètre et du pas que la vis doit avoir. On avance progressivement la roue au moyen du chariot et on obtient parfaitement la forme de la denture.

La vis du chariot peut être également supprimée en attachant à ce dernier un contrepoids en arrière du tour et qui a la propriété d'attirer continuellement la roue sur la vis sans fin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les pas triangulaires s'obtiennent directement et régulièrement par ce moyen.

Dans le cas où l'on a une série de pièces semblables à faire, on fait venir la denture directement de fonte, on dégrossit primitivement à l'outil et on monte la roue à fraiser, sur un plateau circulaire actionné d'une façon automatique. On monte une vis fraise (fig. 3 page 822) sur un meneur que l'on dispose en pointes, et pendant la marche, on actionne insensiblement la manivelle du chariot jusqu'à ce que la vis fraise soit à fond. En suivant ce principe, on obtiendra une vis qui ne chauffera pas.

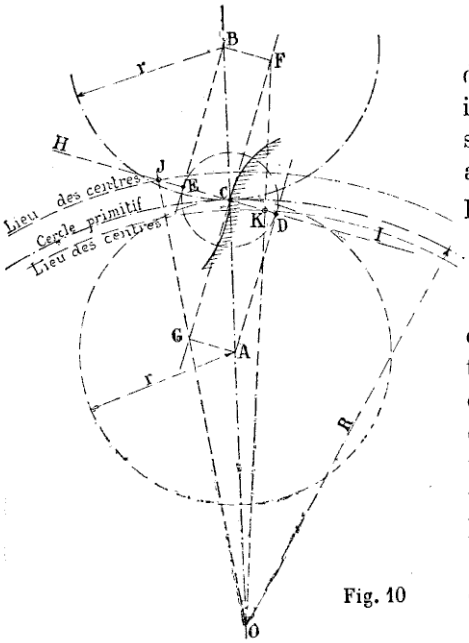


Fig. 10

Pour la disposition des roues, il suffit de se reporter aux principes employés pour le filetage.

Il y a encore pour le tracé des engrenages, d'autres méthodes pratiques, dont l'une, celle de *Willis*, est pour ainsi dire adoptée en Angleterre et tend de plus en plus à se généraliser en France (fig. 10).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Connaissant le rayon R de la roue et r celui du pignon minima de 10 dents. Du point O comme centre, on décrit la circonférence primitive de rayon R, des points A et B pris sur la même ligne OC, on trace deux autres circonférences de rayon r et tangentes l'une à l'intérieur et l'autre à l'extérieur de la circonférence primitive de la roue. On décrit ensuite du point de contact C comme centre une autre circonférence dont le diamètre est égal au pas, puis des centres A et B, on mène les tangentes AD et BE. On trace GCF parallèle à ces tangentes et on mène AG, BF et HCI perpendiculaires sur GCF. On tire ensuite les lignes OG et OF qui détermine les centres de courbure J et K et les rayons ED et JK.

Ayant ainsi obtenu les divers rayons qui permettent de tracer le profil des dents, on a :

Rayon du flanc des dents = JD.

Rayon de la face des dents = EK.

Dans le cas ou le nombre de dents est 10, R = r et le point O se confond avec le point A. De là, le point J est à l'infini sur la ligne HCI, c'est-à-dire que le flanc décrit du point J comme centre avec JD pour rayon n'est autre chose que la ligne AD perpendiculaire sur HCI et qui passe par le centre du pignon. (Voir pour les détails théoriques de cette méthode, la *Cinématique* d'*Edmond Bour*).

Roues coniques. Les roues coniques ou roues d'angle se construisent exactement comme les roues droites, le tracé des dents se faisant sur le cône complémentaire.

Ce système sert à transporter la direction des forces motrices. Il peut varier dans son inclinaison. Ainsi, lorsque les deux axes forment un angle droit,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'engrenage conique est dit à 90° (fig. 1) ; d'autre fois, l'angle est de 45°, ou encore quelconque (fig. 2).

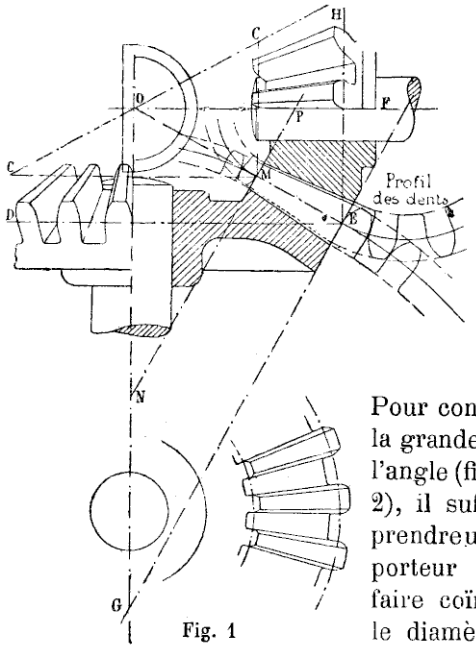


Fig. 1

Pour connaître la grandeur de l'angle (fig. 1 et 2), il suffit de prendre un rapporteur et de faire coïncider le diamètre de celui-ci avec l'un des axes des roues, en mettant naturellement son centre au point d'intersection des deux axes. La rencontre de l'autre axe avec le rapporteur, donnera la mesure de l'angle.

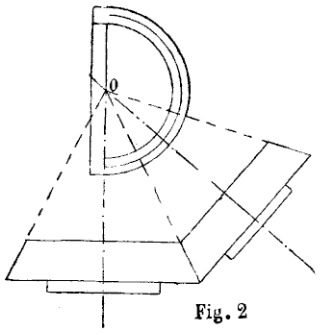


Fig. 2

Pour construire l'engrenage conique (fig. 1), on trace d'abord la ligne DE

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et une perpendiculaire indéfinie puis déterminant le sommet O de la roue principale, on achève ce premier cône. Elevant ensuite une perpendiculaire indéfinie au point E, on coupera celle-ci par une ligne OF faisant avec OG un angle égal à celui des arbres à mettre en mouvement, 90° dans le cas où ceux-ci sont d'équerre. Cette ligne OF est l'axe du second cône. On terminera ce dernier en prolongeant OC en H.

Ces deux cônes peuvent être considérés comme des cônes de friction roulant l'un sur l'autre. Ils sont appelés pour cela cônes primitifs et reçoivent partie en dedans, partie en dehors des dents destinées à les faire engrener. Le pas étant déterminé à l'avance, ainsi que la dimension des dents, il ne reste plus qu'à chercher leur profil. Pour cela, on mène sur OE une perpendiculuire rencontrant les axes des cônes primitifs en G et en F. On tracera donc les dents par un des procédés indiqués précédemment comme si elles devaient appartenir à des roues droites ordinaires dont les rayons respectifs, seraient GE et FE. Il est du reste, bien entendu, que l'on portera sur ces circonférences le pas réel de l'engrenage, et que l'on ne tracera que le nombre de dents nécessaires à l'exécution d'un gabarit, qui sera ensuite roulé autour de la roue, car le tracé donne le profil développé des dents. En procédant de la même façon on pourra, en se servant des lignes NM et PM comme rayons primitifs et en tenant compte du pas de l'engrenage, sur le cercle CM, déterminer la dimension et le profil intérieur des dents.

Avant de tracer des roues d'angle, il faut d'abord bien se rendre compte de l'emplacement disponible

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour loger les deux roues, ensuite déterminer les cercles primitifs de chacune d'elle. La valeur de ces derniers étant connue, il ne reste qu'à suivre et à établir un tableau comme pour les engrenages ordinaires.

Une fois l'épure et les dimensions des dents bien déterminées, on peut faire le tracé d'un certain nombre de dents sur une feuille de métal flexible : tôle mince, cuivre en feuille, zinc, etc., que l'on découpe suivant le profil déterminé et que l'on présente ensuite comme un gabarit sur la surface de la roue correspondant, et on trace l'engrenage à la pointe à tracer.

Dans le réglage des roues coniques, il faut avoir soin de ne jamais diminuer la hauteur des dents ; les moyeux doivent être laissés un peu plus long, afin de pouvoir les arraser et les régler au montage s'il le faut, sinon l'on s'expose à ce que les roues broutent, ce qui occasionne souvent la rupture des dents.

Quant aux engrenages coniques, sous un certain angle, ils se tracent, comme les engrenages coniques à angle droit, en prenant comme point de départ l'obliquité des axes (fig. 2).

Il y a encore les engrenages à dents héliçoïdes, c'est-à-dire les engrenages dont les dents entourent le noyau de la roue à la manière d'une hélice ou pour mieux dire d'une vis. Deux roues de ce type taillées à 45° et marchant ensemble peuvent remplacer les roues à vis sans fin et les roues coniques.

Elles sont préférables aux dents inclinées ordinaires si elles engrènent ensemble où si elles sont pour fonctionner avec une crémaillère ; mais elles donnent un mauvais résultat avec une vis sans fin si elles ne sont pas concaves.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les dents se font soit sur le tour, soit à la machine à raboter ou à mortaiser, dans ces deux derniers cas, on monte un système automatique et diviseur à vis sans fin sur le plateau et qui prend son mouvement en marchant, à une crémaillère fixe au bâti de la machine.

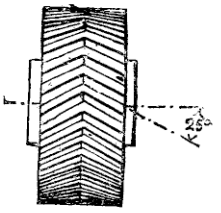
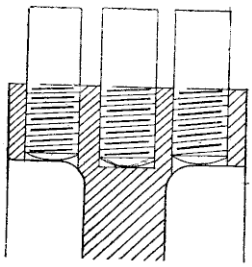


Fig. 3

Pour éviter dans la mesure du possible les secousses et les chocs qui se produisent dans le mouvement des engrenages, on utilise souvent la denture à *chevrons* (fig. 3).

Comme dans la cisaille, par exemple. Les dents sont formées de deux parties inclinées en sens inverse par rapport à l'axe de la roue, et forment des chevrons sur le développement de la jante. On les incline généralement à 25° sur les génératrices du cylindre primitif. La marche de ces engrenages est beaucoup plus régulière, et les dents sont moins sujettes à rupture. Ils n'occasionnent ni bruits, ni chocs, et remplacent avantageusement les dents en bois. Pour le tracé on suit les mêmes principes que pour une denture droite.

Les roues d'angle, les crémaillères peuvent également être dentées de cette manière.



Roues d'engrenages (Réparation). Dans le cours d'une réparation, il arrive très souvent qu'une dent est à remplacer, pour cela on est généralement dans l'habitude d'en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ajuster une autre à queue d'hironde. Ce procédé, si la pièce à réparer n'est pas en vue, est de beaucoup inférieur comme résistance et durée au taraudage de 2, 3, 4, etc., goujons dans l'anneau et auxquels on donne la forme après leur serrage à bloc.

Roues hydrauliques. Les roues hydrauliques sont les machines dont on se sert le plus souvent pour transmettre l'action de l'eau aux corps solides ou fluides. Les roues se subdivisent en *roues en dessous*, *roues de côté* et *roues en dessus*, suivant la hauteur à laquelle l'eau entre dans la roue.

Roues en dessous. Les premières roues de ce genre étaient les roues à *palettes planes*, récepteurs très grossiers (qui actionnent encore presque tous les moulins que l'on rencontre dans les campagnes), où l'eau agit par son choc, et d'où elle sort avec une vitesse sensiblement égale à celle de la

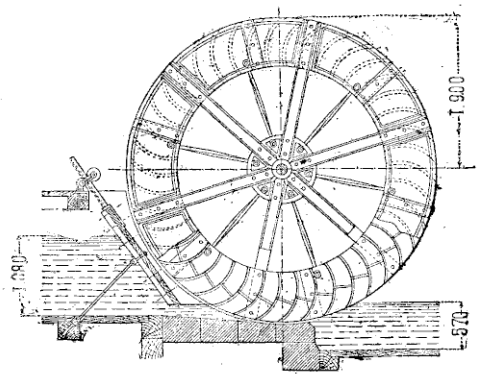


Fig. 1

roue elle-même. Le rendement n'excède généralement pas 0,35. L'application de ces roues tend à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

diminuer de jour en jour, pour être remplacée par des moteurs plus nouveaux.

Poncelet, en 1827, a perfectionné cet appareil en courbant les palettes comme l'indique la figure 1.

Le rendement constaté s'élève à environ 0,65.

Roue de côté. Cette roue (fig. 2), à aubes, reçoit l'eau de côté, c'est-à-dire un peu au-dessous de l'axe. Depuis l'entrée de l'eau jusqu'au point le plus

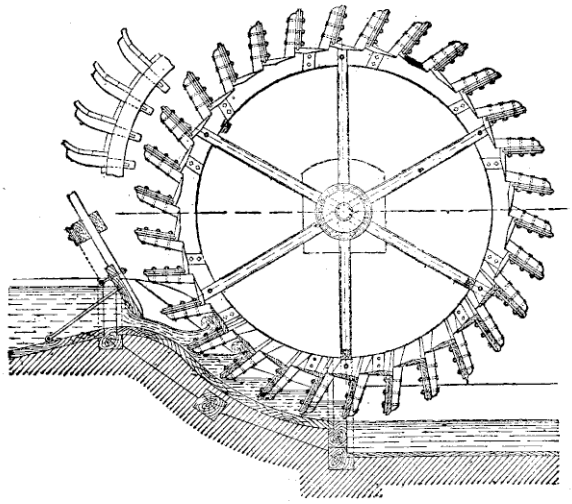


Fig. 2

bas, elle doit être emboitée aussi exactement que possible dans un coursier circulaire et entre deux murs verticaux que l'on appelle *bajoyers*, afin que l'eau ne puisse s'échapper sans avoir produit le plus possible son maximum d'effet utile.

Roue en dessus ou roue à augets. Cette roue (fig. 3), est un excellent récepteur surtout quand la vitesse est faible. L'eau introduite dans les augets

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

supérieurs agit par choc d'abord et ensuite par son poids en descendant avec eux, jusqu'à la position à laquelle ils commencent à se vider dans le bief d'aval.

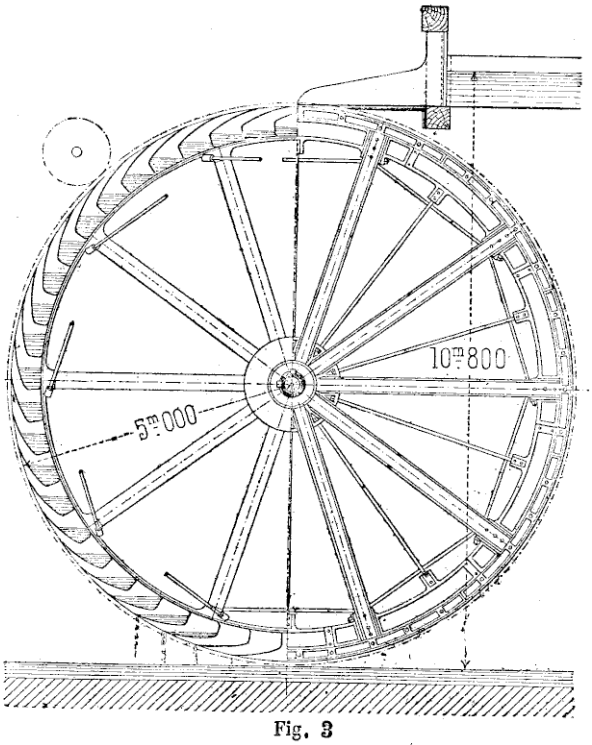


Fig. 3

Il faut que les augets commencent d'autant plus tôt à se vider que la roue marche plus vite. Le récepteur recueille seulement le travail de la pesanteur sur la quantité d'eau qu'il contient effectivement. Il est donc de toute nécessité que l'auget se vide le plus bas possible ; on y parvient en le rem-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plissant seulement au tiers de sa capacité et en adoptant pour la roue une vitesse très modérée. Dans ces conditions, le rendement de la roue, comparé à la puissance absolue de la chute peut atteindre 0,90.

Les augets sont en bois ou en tôle cintrée. En général, on ne ménage pas d'évents spéciaux ; il faut donc que la section d'entrée la plus étroite soit encore supérieure à la section de la lame d'eau, afin que l'air puisse s'échapper librement de l'auget. La puissance de la roue peut être transmise soit directement aux arbres de l'usine, au moyen d'un engrenage faisant corps avec la roue elle-même, soit d'abord à l'arbre de la roue, par l'intermédiaire des bras.

Pour plus de détail, Voir VIGREUX: *Théorie et pratique de l'Art de l'Ingénieur, Série D.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

S

Savon pour métaux. Découper en copeaux 2 kilogrammes et demi de savon de coco et faire fondre dans un vase en fer en y ajoutant un peu d'eau. Quand la masse est fondue, on y incorpore en mélangeant continuellement 180 grammes de craie, 87 grammes et demi d'alun, 87 grammes et demi de tartre et 87 grammes et demi de céruse, le tout finement pulvérisé. On verse ensuite le savon ainsi obtenu dans des moules en fer-blanc ouverts des deux côtés ; lorsqu'il est refroidi et durci, on détache doucement les morceaux qui sont prêts pour l'usage.

Pour l'emploi on frotte une brosse douce humectée d'eau, sur le morceau, puis on se sert de cette brosse pour nettoyer les métaux, On finit en frottant avec un linge sec ou une peau de chamois, et on obtient un brillant parfait.

Ce savon est de beaucoup préférable aux pommades pour nettoyer les métaux dont le principal inconvénient est qu'elles rancissent souvent.

Scellement. On donne le nom de scellement à la réunion à demeure, d'une pièce de métal ou de bois, avec une partie de mur ou avec de la pierre. Pour obtenir cette réunion, on pratique dans le mur ou dans la pierre un trou d'une certaine profondeur et d'une section plus large que la pièce à fixer. Lorsque cette dernière est bien logée à la place

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'elle doit occuper, on remplit le vide qui reste avec des substances qui peuvent se liquéfier et devenir par la suite plus dures. Celles qui sont d'un usage le plus courant sont : le ciment romain, le plâtre, le soufre, le plomb et les mastics de fonte.

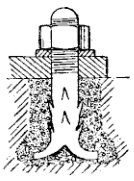


Fig. 1

Pour le plâtre et le ciment (fig. 1), on remplit les vides avec de petits moellons et on coule la matière, gâchée en pâte liquide à laquelle on peut mélanger de la tournure de fonte.

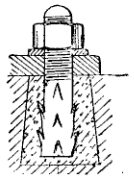


Fig. 2

La figure 2 représente un scellement au soufre ou au plomb. Pour ce dernier, il faut avoir soin d'entourer l'excavation d'un petit bourrelet de terre, on coule jusqu'au niveau de ce bourrelet et lorsque le métal est solidifié on le matte fortement.

Les trous, lorsqu'ils ne sont pas trop grands, peuvent se préparer au moyen du foret à botte. Le plâtre et le soufre donnent de bons résultats, ils adhèrent assez fortement aux matières, ils augmentent de volume en passant de l'état liquide à l'état solide, remplaçant assez bien les vides et ne permettant pas à la pièce scellée d'avoir aucun jeu. Uue chose à laquelle il faut bien faire attention c'est que le feu ne se communique pas au soufre lorsqu'on le fait fondre, sinon on obtiendrait un scellement défectueux.

Le plâtre ne doit être employé que dans les endroits secs et lorsque l'on maçonne avec ce dernier ou avec du ciment il faut avoir soin de mouiller l'intérieur du trou pour que les travaux anciens et nouveaux prennent bien ensemble

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le plâtre et le ciment sont généralement employés pour sceller le bois. Le plomb sert à sceller les pièces soumises à des chocs ; le plâtre, le soufre et les ciments se désagrègent par la percussion.

Pour la fonte, la partie à sceller doit être conique, la grande base au fond de l'excavation et ménager à sa surface des aspérités. Pour le fer, on peut le renfler également à la base du scellement, fendre à la tranche la partie renflée (fig. 3) et faire des barbelures sur les angles, en tournant les ouvertures vers l'orifice du trou.

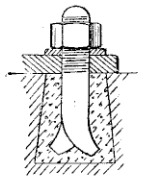
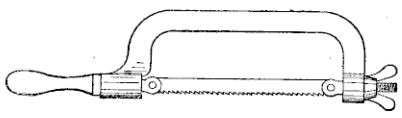


Fig 3

Scie à métaux. Cet outil se compose de la monture, de la lame (voir *Lame de scie*) que l'on doit avoir soin de dégauchir et qui doit toujours être tendue suffisamment mais sans exagération ; elle doit être affûtée bien droite, avec symétrie en ayant bien soin de lui donner de la voie. La tension de la lame s'obtient par une vis à l'extrémité opposée au manche ou quelquefois par le manche lui-même dont l'intérieur est fileté et porte un collet carré afin de pouvoir coucher la lame sur le côté.



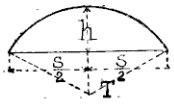
L'acier, la fonte et les métaux tendres se scient à sec, le fer et le bronze à l'eau.

Segment. Le segment est une portion de cercle comprise entre un arc D M E (page 94) et sa corde D E.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour trouver le rayon de l'arc du segment il faut appliquer la formule de la page 367 qui donne la valeur du diamètre ou deux fois le rayon.

Pour obtenir la valeur de la corde L égale à $2\frac{S}{2}$ il faut appliquer la formule suivante :



$$S = 2\sqrt{h(2r - h)}$$

Exemple : Soit $h = 3$ mètres et $r = 5$ mètres, on aura :

$$L = 2\sqrt{3(10 - 3)} = 2\sqrt{21} = 2 \times 4{,}58 = 9^{m},16$$

Pour obtenir la valeur de la flèche h, il faut appliquer la formule suivante :

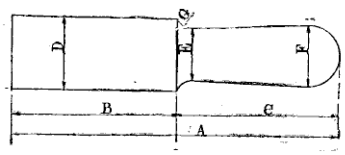
$$h = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2}$$

Exemple : Soit $r = 5$ mètres et $\frac{S}{2} = 4^{m},58$, on aura :

$h = 5 - \sqrt{25 - 4{,}58^2} = 5 - \sqrt{4} = 5 - 2 = 3$ mètres.

Pour obtenir la surface du segment, il faut chercher la surface du secteur construit sur l'arc de ce segment, puis en retrancher la surface du triangle qui a pour base la corde du segment et dont les deux autres côtés sont les rayons.

Séries. On donne le nom de séries à des calibres



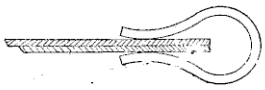
servant à faire et à reproduire des outils-types. Ces calibres doivent être établis dans des conditions de proportions telles que, sans être encombrants ils puissent être repérés, entretenus proprement et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

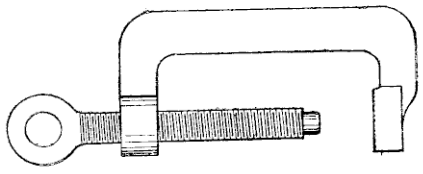
classés avec ordre dans un outillage sans offrir un aspect disgracieux.

A	B	C	D	E	F	G
70	18	52	10	6	9	4
72	19	53	11	7	10	5
74	20	54	12	8	11	6
86	21	55	13	9	12	7
88	22	56	14	10	13	8
90	23	57	15	11	14	9

Serre. On donne le nom de serre à de petites petites pinces en fer mais le plus souvent en acier qui servent à réunir entre elles des feuilles de métal de petite épaisseur pour faciliter le traçage ou tout autre travail.



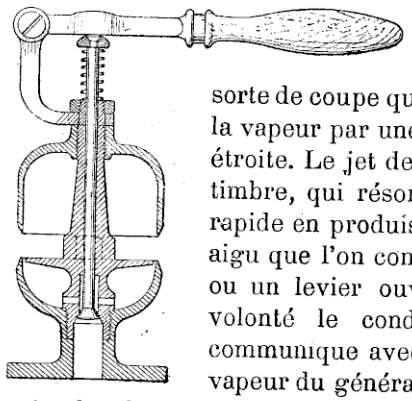
Serre-joint ou Presse. Le serre-joint est un outil destiné à faire venir et à maintenir l'une contre l'autre deux ou plusieurs épaisseurs, il est employé pour tracer, contremarquer des trous, percer, monter, etc., etc. Le serre-joint ordinaire a la forme d'un C lorsqu'il est petit et dans ce cas on le fait généralement en acier. Pour les gros modèles on lui donne comme le représente la figure, la forme d'un C allongé tout en fer; la vis doit être en acier et placée de



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

façon à ce que son axe soit situé dans l'axe du prolongement de celui de la patte et dans tous les sens. Lorsqu'il est nécessaire de lui donner une certaine longueur on le désigne plus spécialement sous le nom de *presse* et la partie qui porte la vis est fixe, tandis que la patte est mobile le long du corps, lequel doit être denté de façon à pouvoir l'utiliser suivant les besoins.

Sifflet à vapeur. La figure ci-dessous représente un sifflet et permet de voir comment les choses se passent. Une cloche en bronze, à bords inférieurs taillés en biseau, surmonte une sorte de coupe qui laisse échapper la vapeur par une fente circulaire étroite. Le jet de vapeur frappe le timbre, qui résonne sous le choc rapide en produisant le sifflement aigu que l'on connaît. Un robinet ou un levier ouvre ou ferme à volonté le conduit vertical qui communique avec le réservoir de vapeur du générateur. En faisant varier les formes et les dimensions du timbre, il est facile d'obtenir un son plus ou moins grave.



Simbleau. Le simbleau (fig. 1) est une petite traverse que l'on met dans un trou pour en déterminer le centre et faciliter le traçage. Tantôt c'est un morceau de bois dur recouvert à l'endroit à peu près du centre, d'une plaque de zinc, de cuivre ou de métal tendre fixée avec des pointes, tantôt c'est simplement un morceau de métal tendre que l'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

enfonce dans le trou. De n'importe quelle façon qu'il soit, il faut toujours en avoir de tous les diamètres pour opérer plus rapidement. Un simbleau très com-

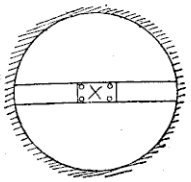


Fig. 1

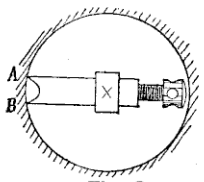


Fig. 2

mode et très simple c'est le simbleau à vis (fig. 2) qui possède 2 pointes A et B et une coulisse mobile en cuivre pouvant se déplacer à la demande du centre à trouver.

Solides. On appelle solides ou *corps* les objets qui ont les trois dimensions, longueur, largeur et épaisseur.

Soudage des tôles. Ce travail est excessivement délicat, mais excellent quand il est bien fait. Aussi la réussite n'en est-elle assurée que par des hommes capables qui sont en très petit nombre. La soudure se fait par amorce (ou chaude portée) pour les petites largeurs, mais pour des largeurs de 30 centimètres et plus on amorce les deux extrémités des tôles à réunir et on fixe les amorces l'une contre l'autre, au moyen de deux ou plusieurs petits rivets et on bride l'ensemble pour éviter tout dérangement. La préparation ainsi faite, on chauffe avec attention et par petites longueurs en soudant d'abord un côté, puis celui opposé, de façon à être certain qu'en se rapprochant du milieu, les deux pièces à assembler conservent leur position de montage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ce travail se fait ordinairement sur un tas disposé à côté de la forge, ou même au-dessus, de manière qu'il n'y ait qu'à porter la pièce pour la travailler, à l'instant où elle arrive au blanc soudant.

Les réservoirs de vapeur des locomotives, locomotives et générateurs de tous les systèmes qui sont assemblés suivant ce principe, sont bien préférables et reviennent à un prix d'établissement bien inférieur à ceux assemblés avec rivets, mais il faut employer de bons ouvriers et ceux qui font ce travail comme il faut, sont très rares ce sont des artistes forgerons que je ne saurais trop encourager à payer largement dans l'intérêt d'une bonne exécution, car sur ce point l'étranger est encore au-dessus de nous et certainement je ne crains pas de le dire nous pouvons mieux faire, car en France le chef est aussi content d'avoir de bons ouvriers, que l'ouvrier est heureux d'avoir de bons chefs.

Soudage et cintrage des cornières. Ce travail est une opération aussi délicate que le soudage des tôles. Peu d'ouvriers je peux dire, réussissent convenablement, aussi le prix de journée des bons forgerons de cornières est-il relativement élevé ; il faut du goût, de l'intelligence et de la patience pour arriver à un bon résultat, car les prétendues cornières soudées, ne sont souvent que ce que l'on appelle vulgairemeut *collées*.

La soudure se fait soit à chaude portée, ou encore on assemble au préalable les extrémités amorcées, au moyen de petits rivets, mais dans tous les cas, lorsque le fer a atteint le blanc soudant et qu'il n'y a plus qu'à le travailler, on commence par faire prendre la carre en frappant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les fortes cornières (100 millimètres et au-dessus) il faut le concours de deux forgerons, l'un soudant l'aile verticale, et l'autre l'aile horizontale. Dans le cas des pièces de formes en cornières très épaisses, comme les cercles, les cadres, etc,. l'on rapporte à la partie à souder, des mises en forme de coin sur chaque aile, en préparant les amorces en conséquence et en ayant soin de brider la pièce à sa forme définitive pour éviter toute déformation pendant le travail.

Pour cintrer les fortes cornières, il faut d'abord donner à la cornière un léger cintre dans le plan ⊥ celui de la courbure définitive : l'aile en dedans si l'aile plane doit être en dehors, ou l'aile en dehors si l'aile plane doit être en dedans.

Avec des mandrins en fer ou en fonte des cintres à exécuter, il suffit de rabattre à mesure, sur la forme, l'aile qui se déjette.

Soudures (Différentes). *Eau à souder.* — Faire dissoudre dans de l'acide chlorhydrique ou *esprit de sel.*

Zinc	500 grammes
Sel ammoniac . .	500 —

Soudure blanche. — Faire un mélange de :

Cuivre	65 parties
Zinc	19 —
Etain	16 —

Soudure jaune. — Faire un mélange de :

Zinc	50 parties
Cuivre	44 —
Etain	4 —
Plomb. . . .	2 —

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Soudure pour le plomb :

Plomb . . . . . 68 parties
Etain . . . . . 32 —

Soudure tendre :

Plomb . . . . . 55 parties
Etain . . . . . 45 —

POUR LE	CUIVRE	ÉTAIN	OBSERVATIONS
Fer	66	34	Fondre le tout dans un creuset ou dans une poche en fer garnie de terre, lorsque le métal est en fusion, le couler dans l'eau, le broyer et le tamiser.
Cuivre jaune et bronze. . . .	51	49	

Soudure à l'étain. Pour souder à l'étain convenablement il faut qu'au préalable les parties à réunir soient bien ajustées et nettoyées. Il faut avoir, dans un godet en plomb à sa portée de l'*esprit de sel* (acide chlorhydrique ou hydrochlorique, ou acide marin, acide muriatique, etc.), que l'on décompose en y mettant du zinc découpé en petits morceaux. On peut également y mélanger un peu de sel ammoniac en poudre et même un peu d'eau.

Ensuite décapant l'extrémité du fer à souder on étame cette dernière en la promenant sur un morceau de sel ammoniac et ensuite sur un morceau d'étain. Ceci fait, sur les parties à souder, à l'aide d'un pinceau on met un peu d'esprit de sel décomposé et à l'aide du fer à souder chauffé à point on fait couler la soudure dans la jointure des deux pièces réunies ; on doit s'assurer qu'elle a bien coulé et qu'elle est bien adhérente dans toutes les parties.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dans le cas où les pièces à réunir sont assez fortes on doit les tiédir, les étamer elles-mêmes au préalable, les essuyer à la brosse avec soin avant leur réunion afin de ne laisser aucune aspérité aux surfaces qui doivent porter l'une contre l'autre.

A défaut d'ammoniaque on peut se servir de résine et même d'huile et dans tous les cas, les parties à étamer ne doivent jamais être chauffées rouge.

Pour les objets délicats, un procédé très simple consiste à faire dissoudre du sel ammoniac dans de l'huile, d'y râper de la soudure d'étain et d'étendre cette composition sur l'endroit à souder préparé à l'avance, ensuite on chauffe à l'aide de la lampe à gaz, à esprit de vin ou de bois.

Soudure de la fonte. Il arrive très souvent et même journellement pour mieux dire, que des pièces en fonte se trouvent cassées par suite d'une cause quelconque, et que la dépense pour confectionner une autre pièce semblable est souvent importante. Afin d'éviter cela, on rapporte sur la partie principale, de la fonte en fusion pour remplacer la partie manquante. Pour faire ce travail il faut mettre de nouveau la partie à conserver sur le sable, y mouler la forme de la partie manquante et laisser couler de la fonte en fusion qui ira se perdre dans un trou ménagé en dehors de la pièce. Quand la cassure de la pièce à conserver aura acquis la même température que la fonte en fusion, ce qu'il est facile de s'assurer en la piquant avec une grosse aiguille, on arrête l'écoulement de la fonte en dehors du moule, on laisse remplir ce dernier et on arrête l'opération. Lorsque la pièce est froide on démonte, et la réparation est faite. On peut également souder

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux morceaux de fonte par le même procédé en ménageant un petit vide entre les morceaux. Les soudures ainsi exécutées sont excellentes quand elles sont suivies avec soin.

Soudure du fer. Le fer exige, pour fondre une température excessivement élevée; il se ramollit à la chaleur blanche, et, dans cet état il est facile de lui faire prendre par le martelage, toute espèce de forme. Cette curieuse propriété fait qu'il peut se souder à lui-même pour réuuir deux pièces de ce même métal. Pour cela on en chauffe les deux extrémités au blanc suant, l'oxyde qui s'est produit perle à la surface du métal comme des gouttelettes de sueur à la surface de la peau et on frappe fortement avec le marteau. L'oxyde fondu se trouve éliminé par le choc, et les deux parties métalliques, bien découpées, se réunissent alors avec facilité. On saupoudre quelquefois de sable fin les parties chauffées.

On emploie avec avantage les plaques *Lafitte* qui sont formées d'une toile métallique, à mailles très lâches, servant de simple support à la matière soudante, qui ayant subi une sorte de vitrification préalable, couvre en couches bien régulières, les deux surfaces de la toile.

Pour souder deux pièces métalliques, voici comment l'on opère :

On chauffe les deux pièces à une température modérée (rouge sang) on intercale entre les deux surfaces à souder un fragment de toile soudante préalablement découpée à la forme et à la dimension voulue. On frappe le métal pour opérer le rapprochement et l'adhérence des pièces, on remet au feu,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on chauffe au blanc foncé et l'on opère le soudage définitif en martelant la pièce pour lui donner la forme voulue. Avec ces plaques il est très facile de souder, fer sur fer, fer sur acier, acier sur acier.

La poudre Lafitte également employée pour souder est aussi à base de borax.

Composition pour souder les aciers entre eux et avec le fer.

Résine	40 grammes
Alun	40 —
Sel ammoniac du commerce.	200 —
Borax	680 —
Sel de cuisine	14 —
Sulfate de zinc	26 —

Se servir de cette composition comme du borax.

Le tout pulvérisé ensemble, fondu dans un creuset pendant 30 à 35 minutes, le retirer et le laisser refroidir.

Composition pour souder l'acier fondu.

Borax	540 grammes
Sel ammoniac	200 —
Prussiate	96 —
Résine	48 —
Limaille de fer	19 —
Chaux vive	97 —

La chaux doit être mélangée après la composition faite.

Faire fondre les cinq premières parties avec environ 220 grammes d'eau-de-vie, dans un vase propre, remuer le mastic jusqu'à ce qu'il soit en pâte. Chauffer ensuite pour que cette pâte soit transformée en matière solide ayant l'apparence de la pierre ponce. Quand elle est refroidie, la réduire en poudre bien fine en ajoutant la quantité de chaux vive.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tout bien mêlé, en saupoudrer la partie que l'on veut souder.

Composition pour ramener l'acier brûlé à son état naturel.

Huile de colza	200	grammes
Résine.	710	—
Suif de bouc	90	—

Faire fondre le suif dans l'huile, verser ensuite la résine pulvérisée en remuant continuellement, afin que cette pâte soit bien homogène et consistante.

Chauffer l'acier brûlé comme pour le forger et le plonger un instant dans cette pâte, renouveler l'opération deux ou trois fois.

Souffleur. On donne ce nom à un petit tuyau possédant un robinet que le mécanicien peut ouvrir ou fermer à sa volonté et qui permet de lancer un jet de vapeur verticalement dans la cheminée. Ce jet de vapeur a été appliqué à l'origine dans les locomotives par M. *Polonceau*, ingénieur en chef du Chemin de fer d'Orléans pour activer la mise en feu des machines.

Soufflures (Voir *Fontes* (*défauts*).

Soufre. Le soufre est un corps jaune citron, sans odeur, excepté quand on le frotte; dans ce cas il acquiert une odeur qui lui est particulière et il dégage de l'électricité. Sa densité est environ 2,00. Il est très facile de l'allumer au contact de l'air et sa flamme est alors bleuâtre. Il est mauvais conducteur de la chaleur ; quand on le tient dans la main, il fait entendre un cri particulier désigné sous le nom de *cri du soufre*, provenant de ce que les molécules

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

touchées se dilatent et se séparent des molécules intérieures, lesquelles ne sont pas échauffées et ne se dilatent pas.

Il entre en fusion vers 111° et forme alors un liquide jaune qui coule comme de l'huile. Chauffé d'avantage, il s'épaissit et à 120° il devient pâteux. Chauffé encore davantage il redevient liquide, sa couleur est alors plus foncée et vers 400° il bout. Par le refroidissement, il cristallise en aiguillettes.

Le soufre est insoluble dans l'eau et soluble dans l'alcool, le chloroforme, l'éther, les huiles volatiles entre autres dans l'essence de térébenthine ; mais il l'est spécialement dans le sulfure de carbone et la benzine dont il se sépare par évaporation ou par refroidissement, sous forme de cristaux.

Le soufre se trouve ordinairement à l'état naturel ou libre dans le voisinage des volcans modernes puissants ; tantôt pur et en beaux cristaux, tantôt en poudre, mélangé avec la terre dans les *solfatares*, dont les plus riches se trouvent en Sicile. Ces terres sulfurées contiennent souvent de 35 à 50 % de leur poids de soufre. On trouve encore le soufre à l'état de combinaison, uni aux métaux sous le nom de *sulfures*, et tantôt engagé dans des combinaisons plus complexes, comme dans les *sulfates* dont les principaux sont ceux de chaux, de soude, de potasse et de magnésie.

Le soufre est très employé, il sert à la fabrication des allumettes, de l'acide sulfureux, de l'acide sulfurique, etc. Il est utilisé pour blanchir la laine, la soie, la paille, pour obtenir des empreintes, mouler des médailles ou autres objets, faire des scellements, etc.

Le soufre est excellent pour éteindre les feux de

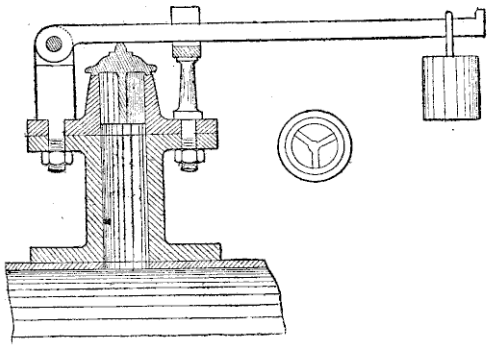
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cheminée, pour cela il n'y a qu'à jeter dans le feu une poignée de fleur de soufre et fermer le devant de la cheminée avec un drap mouillé, l'acide sulfureux qui se forme éteint le feu en privant d'oxygène le combustible.

Le soufre est encore employé pour éviter le chauffage des pièces en mouvement (voir page 326).

Soupape de sûreté *(Balance)*. La soupape de sûreté est composée d'un cône tronqué en bronze fermant une ouverture de même forme nommé siège, également en bronze. Dans le but de guider la soupape dans son mouvement, cette dernière est munie de 3 ou 4 ailettes dont le diamètre extérieur doit être le même que celui de l'orifice.

Des poids attachés à l'extrémité d'un levier ferment



cette soupape. En supposant que la force avec laquelle la soupape est fermée soit de 4 atmosphères, chaque fois que la vapeur dépasserait cette force, elle soulèverait la soupape et s'échapperait jusqu'à ce que sa tension ne fût plus que de 4 atmosphères.

Le soupapes sont calculées pour que l'une des deux, que les rendements officiels rendent obliga-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toires, donne à la vapeur, en cas d'excès de pression, une issue suffisante pour ramener la pression à la limite normale. (Voir TITRE 1er, ART. 6 du *Règlement concernant les Chaudières à vapeur*).

Calcul du contrepoids. — Exemple : Soit un contrepoids à placer à l'extrémité du levier d'une soupape de 40 millimètres de diamètre. La distance du centre de rotation au centre du clapet est de 50 millimètres et celle au contrepoids est de $0^{m},500$, la chaudière timbrée à 10 kilogrammes.

Cherchant la pression exercée sur le clapet on aura :

Surface = 12 c. q. 57,

Pression maximum exercée sur le clapet = 12,57 × 10 = 125 k. 7.

Pour équilibrer cette pression il faudrait placer un poids correspondant sur le clapet.

En Angleterre et même en France on place souvent les poids nécessaires directement sur le clapet, et à cet effet on fait usage des ressorts à boudin, mais le plus souvent cet équilibre s'obtient à l'aide d'un contrepoids placé à l'extrémité d'un levier.

Dans ce cas si la distance du contrepoids ou le grand levier est 2, 3, 4, 5, 6..... 10 fois, etc., plus grande que celle du petit levier, le contrepoids devra être 2, 3, 4, 5, 6..... 10 fois, etc., moins lourd que la pression exercée sous le clapet et comme ci-dessus, le grand levier est dix fois plus grand que le petit levier, le contrepoids ne devra peser que 125,7 divisé par 10 = 12 k. 57. Si le grand levier n'est pas exactement un multiple du petit levier, on obtient le poids du contrepoids, en multipliant la pression exercée sous le clapet par le petit levier et en divisant le produit par le grand levier. Ainsi par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

exemple si au lieu de $0^{m},500$ de grand levier, on en a un de 0,475 on aura $125,7 \times 0,050 = 6,285$ divisé par $0,475 = 13^{k},230$ pour le contrepoids.

Il n'y a pas de règle bien fixe pour la position des soupapes, très souvent on les place sur un même piètement, mais dans les grosses chaudières, on a plutôt l'habitude d'en placer une à l'avant au-dessus du coup de feu et l'autre à l'arrière.

Dans les locomotives le contrepoids placé à l'extrémité du levier est remplacé par un ressort à boudin enfermé dans un cylindre en bronze et maintenu à sa partie inférieure après la chaudière ou après tout autre appareil accessoire. Le plus généralement on peut faire varier la tension de ce ressort suivant les besoins au moyen d'une vis placée à la partie supérieure de son enveloppe, et malgré tout le soin apporté par les ingénieurs et les appareils inventés pour empêcher le calage des soupapes, elles se calent toujours, c'est pourquoi je recommande une sévérité très grande sur ce point, qui souvent il faut être juste, est plutôt une chose inconsciente de la part de l'auteur.

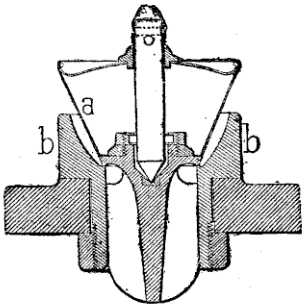
Pendant les stationnements prolongés pour les locomotives, et pendant les arrêts un peu longs pour les locomobiles ou autres générateurs, on peut desserrer les ressorts des soupapes de sûreté ou avancer le contrepoids, de façon à descendre au-dessous de la pression normale fixée par le timbre. Peu de temps avant le départ ou la mise en marche, on rétablit les appareils au maximum de pression autorisée.

Soupape Dulac. Cette soupape a l'avantage d'évacuer la vapeur en quantité suffisante pour li-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

miter effectivement la pression à une valeur dépassant peu celle qui doit être maintenue, et de se refermer à une pression très peu inférieure ; les différences en plus ne dépassent guère 0,3 k. à 0,4 k. La levée de la soupape est progressive et suit l'excès de la production de vapeur, aussi suffit-il de lui donner un diamètre environ moitié de celui qui résulterait d'ancienne formule administrative.

Ces propriétés sont dues à la présence d'un appendice conique *a* en acier mince nickelé, fixé sur le chapeau de soupape, et à l'intérieur duquel passe librement l'aiguille du pointeau qui reçoit l'effort du levier. En outre, le siège de la soupape se prolonge en capsule ou tulipe *b*, depuis la portée du clapet et autour de l'appendice conique. Lors de la levée de la soupape, la vapeur s'échappe par l'espace annulaire, de 5 à 6 millimètres environ de largeur, compris entre le cône et la capsule fixe, et agit par pression et par frottements contre le cône pour le soulever avec la soupape. On a déterminé expérimentalement les proportions du cône et de la tulipe, de manière que cette action supplémentaire compense sensiblement la dépression souvent importante (même jusqu'à 1,5 k.) qui se produit sous la soupape, lorsque l'écoulement a lieu. Cette dépression limite la levée des soupapes ordinaires et les rend insuffisantes, lorsque l'excès de production devient important.



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Sphère. La sphère (fig. 1 et 2) est un solide terminé par une surface courbe dont tous les points sont également éloignés d'un point intérieur nommé *centre*.

Les lignes considérées dans la sphère sont : le *rayon* AC, qui va du centre à la surface ; le *diamètre* ou *axe* AB qui passe par le centre et se termine à la surface ; l'*équateur* grand cercle qui coupe la sphère en deux parties égales à égale distance des pôles ; les *méridiens*, grands cercles qui passent par les pôles F et G ; les grands cercles ont le même centre que la sphère.

Les parties de la surface de la sphère sont : la zone, la calotte et le fuseau sphérique.

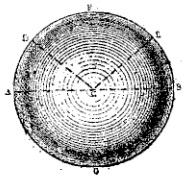


Fig. 1

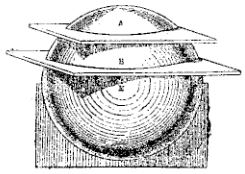


Fig. 2

La *zone* A B D E est une partie de la surface de la sphère comprise entre deux cercles parallèles.

La *calotte sphérique* D E F est une partie de la surface de la sphère coupée par un petit cercle quelconque.

Le *fuseau sphérique* A B G est une partie de la surface de la sphère, comprise entre deux demi-grands cercles qui se terminent à un diamètre commun.

Les parties solides de la sphère sont : le segment sphérique B, le segment extrême A, le secteur sphérique A, et le coin ou onglet sphérique C.

Le *segment sphérique* est la partie B de la sphère

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comprise entre deux plans parallèles qui en sont les bases; c'est le solide enveloppé par la zone ABDE.

Le *segment extrême* A est le solide enveloppé par la calotte sphérique D E F.

Le *secteur sphérique* C D F E est un solide ayant la forme d'un cône à base convexe, dont le sommet est au centre de la sphère, et qui a pour base une calotte sphérique.

Le *coin* ou *onglet sphérique* est la partie de la sphère comprise entre deux demi-grands cercles qui se terminent à un diamètre commun : c'est le solide dont la base est le fuseau sphérique A B G.

Sphère (*Forme de la boule ou du boulet*) (Surface). La surface d'une sphère est égale à son diamètre au carré multiplié par π.

Exemple : Soit une sphère dont le diamètre est de 12 mètres, sa surface sera égale à $\overline{12}^2 \times \pi = 12 \times 12 \times 3{,}1416 = 144 \times 3{,}1416 = 452^{m^2},3904$.

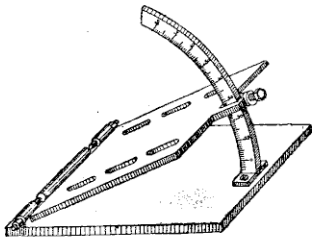
Sphère (Volume). Le volume de la sphère s'obtient en multipliant sa surface par le sixième de son diamètre.

Exemple : Prenons les mêmes dimensions que pour la sphère précédente, nous avons trouvé comme surface $452^{m^2},3904$. Son volume sera par conséquent égal à $452^{m},3904 \times 2 = 904^{m^3},780$.

Suif. On désigne plus spécialement sous le nom de suif la graisse des herbivores. Le suif ordinaire peut donc être considéré comme un type de graisse. Il s'extrait des cellules où il se trouve naturellement emprisonné, au moyen de la fusion aidée souvent par un peu d'acide sulfurique, et quelquefois par les alcalis. Il fond généralement vers 38° et sa densité est 0,950 (Voir *Graissage*, page 322 et suivantes).

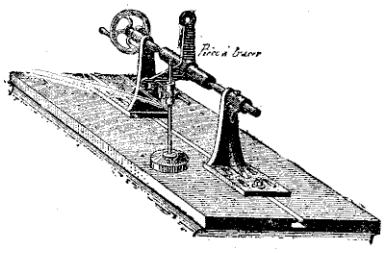
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Support à plan mobile. Ce support permet d'effectuer le traçage des lignes dont les plans font entre eux un angle quelconque. Ce support comprend deux tables en fonte dressées, articulées l'une sur l'autre et pouvant former entre elles un angle variant de 0 à 90°.



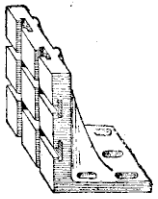
Une vis de serrage permet de fixer les deux plans à l'angle voulu.

Support à pointes. Le support à pointes peut être considéré comme un instrument de précision. Généralement les deux poupées sont mobiles ainsi que les pointes comme l'indique la figure. L'une des pointes se fixe dans son manchon au moyen d'une vis ordinaire tandis que l'autre se manœuvre à la main suivant les besoins, à l'aide d'un petit volant. Les poupées se fixent sur le marbre au moyen de boulons dont la tête s'engage dans une rainure de ce dernier, ménagée spécialement à cet effet. Les pointes doivent être en acier trempé et entretenues toujours en parfait état.

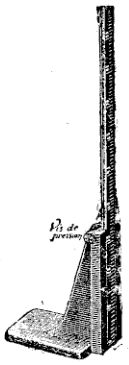


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Support d'équerre. Le support d'équerre (fig. 1), est un bloc de fonte comprenant deux faces planes perpendiculaires l'une à l'autre. L'une de ces faces s'applique sur le marbre et peut même lui être fixée avec des boulons qui passent dans les mortaises de l'embase, et dont les têtes sont engagées ou en dessous, ou dans les rainures du marbre. L'autre face qui est verticale sert à adosser les pièces à tracer ou à les maintenir avec des boulons. On a donc ainsi le moyen de tracer aussi rigoureusement que possible sur les pièces, les sections faites par des plans perpendiculaires l'un à l'autre. L'emploi de ce support est surtout avantageux pour des objets de faibles dimensions et pour des pièces de séries.


Fig. 1

Le support d'équerre divisé sur la face verticale peut servir de mètre vertical, comme l'indique la figure 2, qui est construit par la Maison *Dandoy-Mailliard* de Maubeuge dans d'excellentes conditions de solidité et de précision. La Maison *Ducommun* également en construit qui permettent des appréciations au 1/100.


Fig. 2

Surface. On emploie généralement pour unité de surface le carré qui a pour côté l'unité linéaire.

Le mètre étant la principale unité de longueur, le mètre carré (carré de 1 mètre de côté) est la principale unité de surface.

Surface d'un carré. — Voir *Carré.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La surface d'un *rectangle* (fig. 1) s'évalue en multipliant sa base par sa hauteur, soit :

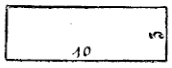


Fig. 1

$$10 \times 3 = 30.$$

La surface d'un *parallélogramme* (fig. 2), s'évalue en multipliant sa base par sa hauteur, soit :

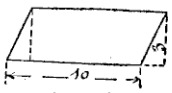


Fig. 2

$$10 \times 3 = 30.$$

La surface d'un *triangle* (fig. 3) s'évalue en multipliant sa base par sa hauteur et en prenant la moitié du produit, soit :

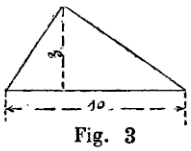


Fig. 3

$$\frac{10 \times 3}{2} = 15.$$

Pour trouver la surface d'un *trapèze* (fig. 4) on additionne les deux bases, on multiplie la somme par la hauteur et on prend la moitié du produit, soit :

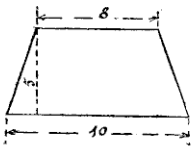


Fig. 4

$$\frac{(10 + 8) \times 5}{2} = \frac{18 \times 5}{2} = 45.$$

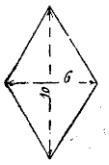


Fig. 5

La surface d'un *losange* (fig. 5) s'obtient en multipliant les longueurs de ses diagonales et en prenant la moitié du produit, soit :

$$\frac{6 \times 10}{2} = 30.$$

La surface d'un *polygone* (fig. 6) s'évalue en le décomposant en triangles, et en additionnant la surface totale de ces triangles ou bien encore (fig. 7), on décompose le polygone en trapèzes et en triangles rectangles en abaissant des perpendiculaires des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

divers sommets sur une droite choisie qu'on appelle base. On évalue la surface de ces trapèzes et de ces triangles et on en déduit celle du polygone.

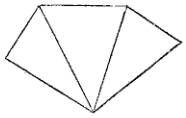


Fig. 6

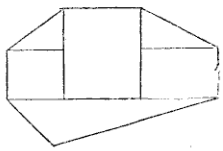


Fig. 7

On obtient la surface d'un *polygone régulier* (fig. 8) en multipliant son contour par son apothème et prenant la moitié du produit.

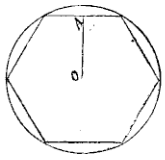


Fig. 8

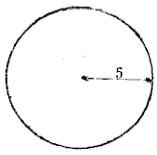


Fig. 9

L'*apothème* est la perpendiculaire OA menée du centre d'un polygone régulier sur un de ses côtés.

Pour la surface du *cercle* (voir *Cercle et Circonférence*) il y a trois méthodes (fig. 9) :

1° Quand on connaît la circonférence et le rayon.

On multiplie la circonférence par la moitié du rayon, soit :

$$31{,}4 \times 2{,}5 = 78{,}50$$

2° Quand on ne connaît que le rayon.

On calcule le carré du rayon, puis on le multiplie par 3,14, soit :

$$5 \times 5 \times 3{,}14 = 78{,}50 ;$$

3° Quand on ne connaît que la circonférence.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On calcule le carré de la demi-circonférence et on le multiplie par 0,31831, soit :

$$\frac{31,4}{2} = 15,7 \qquad 15,7 \times 15,7 = 246,49$$

$$246,49 \times 0,31831 = 78,5.$$

Secteur. — Le *secteur* est une portion de cercle comprise entre deux rayons et l'arc qui les joint. *Exemple :* F O A (page 94).

La *longueur de l'arc du secteur* s'obtient en divisant 360 nombre de degrés de la circonférence, par le nombre de degrés de l'arc du secteur donné, et en divisant par le quotient obtenu la longueur de la circonférence.

Exemple : Soit le diamètre du cercle égal à 10 mètres et l'arc A F égal à 60°.

La longueur de la circonférence = 31,416 et la longueur de l'arc sera par conséquent égale à :

$$31,416 \text{ divisé par } \frac{360}{60} = \frac{31,416}{6} = 5^{m},236.$$

La longueur de l'arc du secteur peut encore être obtenue par cette proportion : 360 est au nombre de degrés du secteur, comme la longueur de la circonférence est à la longueur de l'arc du secteur.

Reprenons l'exemple précédent et nous aurons alors :

$$360 : 60 : : 31,416 : x$$

ce qui donne :

$$\frac{60 \times 31,416}{360} = 5^{m},236.$$

La *surface du secteur* s'obtient en multipliant la longueur de l'arc par la moitié du rayon.

Exemple : A F = $5^{m},236$ et OF = 5 mètres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La surface du secteur sera égale à :

$$5{,}236 \times 25 = 13^{m2}{,}09.$$

La surface d'une *couronne* (fig. 10) est égale à la surface du grand cercle moins celle du petit cercle, soit :

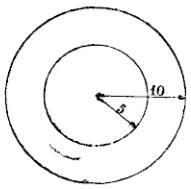


Fig. 10

$$(10 \times 10 \times 3{,}14) = 314 - (5 \times 5 \times 3{,}14) = 314 - 78{,}5 = 235{,}5$$

En général pour mesurer une surface, on commence par reconnaitre et au besoin par construire les lignes qui doivent servir à l'opération. On mesure ces lignes et on les exprime toutes à l'aide de la même unité. On applique alors la règle spéciale, le nombre trouvé exprime la surface en unités carrées correspondant à l'unité de longueur adoptée.

Surface de chauffe. Quel que soit le système des chaudières, on appelle surface de chauffe la totalité de la surface des tôles qui est en contact avec les gaz chauds, et qui est baignée par l'eau. On sépare quelquefois cette surface de chauffe totale en deux parties :

1° En surface de chauffe directe ; c'est la surface des tôles comprises dans le foyer au-dessus de la grille ;

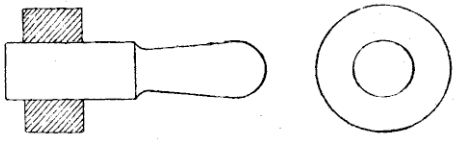
2° En surface de chauffe indirecte ; c'est la portion de surface de chauffe non comprise dans le foyer. Pour obtenir la surface de chauffe totale d'une chaudière, il suffit de chercher la surface de chauffe de toutes les parties, foyer, corps cylindrique, tubes, etc., et d'en faire la somme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

T

Tampons-types pour alésage. Les tampons-types pour alésage sont faits pour faciliter à un ou plusieurs tourneurs, d'aléser séparément des trous exactement à la même dimension. Les tampons doivent toujours être par série et accompagnés de leur bague respective destinée à remplir le même office



pour le tournage des pièces, c'est pourquoi le tampon et sa bague doivent être établis avec des instruments de précision et parfaitement justes. L'un et l'autre sont en acier trempé bleu aux extrémités ou en fer cémenté, trempé et rectifié.

Les filetages doivent également être vérifiés avec des types de précision. Dans une bague, le tampon doit entrer des deux côtés librement et sans jeu ou sinon c'est que le filet est irrégulier, soit couché s'il est triangulaire, ou hors d'équerre s'il est rectangulaire, etc.

Si la vis est à plusieurs filets le tampon doit entrer dans les mêmes conditions en essayant chaque filet, sinon ou les filets sont mauvais ou les divisions mal faites. En résumé un tampon-type ne doit jamais avoir de jeu, ni forcer dans sa femelle, et réciproquement, autrement il faut chercher le défaut et y porter remède.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tangente. Ligne droite ou courbe AB (fig. 1) qui touche un cercle ou une ligne courbe en un seul point sans la couper.

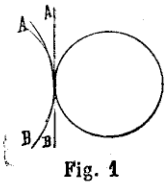
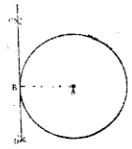


Fig. 1

TRACÉ DES TANGENTES

Tracer une tangente par un point donné B sur la circonférence (fig. 2).


Fig. 2

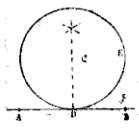
Tirer le rayon AB ; élever au point B une perpendiculaire CD, cette derniere sera la tangente demandée. On nomme *point de contact* celui ou la tangente touche la circonférence.

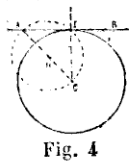
Décrire une circonférence tangente à une ligne AB au point D (fig. 3).

Au point D, élever une perpendiculaire DC et avec un rayon à volonté CD décrire la circonférence.

Décrire une circonférence tangente à une ligne en un point donné D et qui passe par un point désigné E (fig. 3).

Elever une perpendiculaire DC, sur la ligne donnée, au point D, où l'on veut que touche la circonférence ; joindre le point D au point désigné E, abaisser une perpendiculaire CF sur le milieu de la droite ED ; le point d'intersection C des 2 perpendiculaires est le centre de la circonférence.


Fig. 3


Fig. 4

Déterminer le point de contact d'une tangente AB (fig. 4).

Joindre le centre du cercle à un point quelconque A de la tangente ; du milieu D de cette dernière et d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rayon DC, décrire une circonférence; le point I où elle coupe la tangente est le point de contact.

Trouver le centre d'une circonférence qui doit en toucher une autre en un point désigné B et passer par un point donné A (fig. 5).

Tracer par le centre de la circonférence et le point B une ligne indéfinie CB ; joidre le point A et le point B ; sur le milieu de cette ligne élever une perpendiculaire EF ; le point d'intersection D de cette perpendiculaire avec la ligne CB prolongée, est le centre de la circonférence.

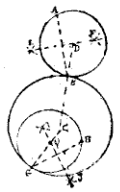


Fig. 5

Trouver le centre d'une circonférence qui doit passer par un point désigné H dans le cercle et être tangente à la circonférence du cercle en un point désigné G (fig. 5).

Mener le rayon CG ; joindre G et H et sur le milieu de cette ligne élever une perpendiculaire IJ ; le point d'intersection O est le centre de la circonférence.

D'un point A, tracer 2 tangentes à une circonférence (fig. 6).

Joindre le point A au centre du cercle B, partager cette ligne en deux parties égales au point C, de ce point décrire la circonférence BDAE ; par les points E et D mener les tangentes AD et AE.

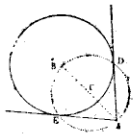


Fig. 6

Déterminer les points de contact de deux tangentes qui se rencontrent en un point A (fig. 6).

Joindre le centre B au point A ; du milieu C de cette ligne décrire la circonférence BDAE ; les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

points E et D, où elle coupe la circonférence sont les points de contact.

Tarauds. Les tarauds sont des outils destinés à faire des écrous en bois ou en métal, je ne m'occuperai ici que de ceux destinés aux métaux. Ils peuvent être confectionnés avec la filière double, mais ceux faits au tour sont préférables, ils sont plus réguliers et plus forts, n'ayant pas été tourmentés par la filière qui relève toujours un peu le métal.

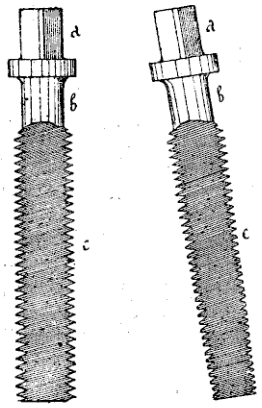


Fig. 1 Fig. 2

On donne généralement le nom de *mère* aux tarauds faits au tour. Les tarauds de certains ateliers sont tous des mères, tandis que dans d'autres il n'y a que quelques mères qni servent à tarauder les coussinets au moyen desquels on reproduit d'autres tarauds.

On distingue deux sortes de tarauds ; les tarauds cylindriques (fig. 1) et les tarauds coniques (fig. 2).

Les tarauds cylindriques et les tarauds coniques se composent de 3 parties ; la tête, le collet et la vis.

La tête *a* est généralement carrée pour recevoir le tourne à gauche.

Le collet *b* est une partie tournée lisse qui sépare la tête de la vis et dont le diamètre doit être plus faible que celui du fond des filets.

La vis *c* est la partie utile, c'est celle à laquelle on doit apporter le plus de soin.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le taraud cylindrique est ordinairement employé pour terminer les trous commencés avec le taraud conique.

Lorsque l'on a une série de tarauds à exécuter, il faut d'abord savoir le pas à faire, la forme à donner au filet, le diamètre au fond du filet, la forme générale, la longueur, etc. Pour cela, il est nécessaire de dresser un tableau pour servir de base à l'exécution et donnant toutes ces dimensions.

Ainsi, par exemple, si pour un taraud à la machine, le filet est arrondi de un douzième, on dispose 12 divisions en hauteur et on en prend une pour le haut (fig. 3) et une pour le bas.

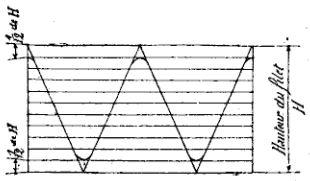


Fig. 3

L'arrondi peut n'être que d'un quinzième, d'un dix-huitième, etc., on procède toujours de même.

Tarauds ordinaires. — Ces tarauds (fig. 4), doivent être faits en acier fondu d'excellente qualité et recuits. Les diamètres A et B sont déterminés par le nombre des tarauds renfermés dans chaque série. Pour les diamètres inférieurs à 5 m/m la série comprend généralement 2 tarauds, il y en 3 pour les

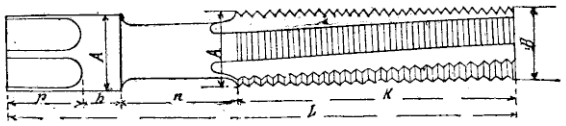


Fig. 4

diamètres compris entre 5 et 10 et 4 pour tous les autres. Voici comme exemple la valeur de A et de B pour une série de tarauds de 30 m/m de diamètre, pas 3 m/m, profondeur du filet 2 m/m 5.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

NUMÉROS	A	B
1	26	24.5
2	27,8	26
3	29,5	27,8
4	30	29,5

Le n° 4 ne doit être conique que sur la longueur des 2 ou 3 premiers filets. Toutes les autres dimensions des tarauds ordinaires sont indiquées au tableau page 876.

Les tarauds se prennent dans des barres d'acier rond que l'on coupe de longueur, on perce un trou au centre à chque extrémité et assez profond pour que la pointe du tour ne touche pas au fond et on les tourne. Ils doivent être tournés le plus près possible du diamètre définitif, le filet doit être parfaitement peigné et bien poli. Il faut également faire attention que le fond de ce dernier soit au diamètre voulu, pour cela, le peigne employé doit être vérifié sur un peigne type, et le tauraud, une fois terminé, doit également être vérifié sur une bague type taraudée et trempée spécialement pour cet usage. Le diamètre maximum du dernier taraud doit toujours être un peu plus grand que celui du boulon 5/100 de millimètre.

D'après certains praticiens, ce sont les tarauds à quatre tranchants (fig. 5 et 6) (point sur lequel je n'insisterai pas, étant une habitude d'atelier) qui sont les plus avantageux, tant sous le rapport du rendement que sous celui de la fabrication.



Fig. 5



Fig. 6

La coupe est la même des deux côtés et la résistance n'est pas plus forte en détournant. Le pas des entailles héliçoïdales est de 250 millimètres multiplié par le nombre de tranchants, soit ici $250 \times 4 = 1.000$.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les dégagements qui peuvent être droits ou en hélice se font à la raboteuse ou à la fraise, suivant l'outillage que possède l'atelier, et même quelquefois à la main.

La même coupe sert pour le taraudage de tous les métaux, toutefois les tarauds neufs sont réservés pour le travail de la fonte et du bronze et servent ensuite pour le fer.

L'ajusteur doit s'assurer, après le tour, que la coupe est parfaite, sinon il doit y remédier par un coup de lime, il doit s'assurer également que les filets sont en parfait état, les repasser à la bague type et ensuite répérer les tarauds, suivant leur diamètre et leur numéro d'ordre.

On ne doit pas hésiter pour les tarauds d'employer le meilleur acier possible, sinon malgré tous les procédés et ingrédients que l'on peut employer à la trempe, on obtient jamais qu'un mauvais résultat et par conséquent une perte de matière, de main-d'œuvre, etc., somme toute, une économie mal placée.

Pour les tremper, les tarauds doivent être chauffés doucement à cœur et rouge cerise foncé, préférablement sur un feu de forge au charbon de bois ou dans tout autre engin donnant une chaleur uniforme et régulière. Ensuite, on les plonge verticalement dans de l'eau à environ 20° laquelle peut renfermer, pour bien faire, une dissolution de 1 à 2 % de carbonate de potasse. On retire à plusieurs reprises le carré et la partie lisse, de façon à ce que leur trempe soit moins dure que celle de la partie active. Ceci fait, on polit les rainures et le corps en ayant bien soin de ne pas toucher à la coupe et on les fait revenir, soit en les recouvrant d'huile et

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en les exposant à un feu de braise, jusqu'à ce qu'ils aient atteint le degré de dureté exigé ; pour cela il faut avoir soin de les faire tourner lentement et quand l'huile prend feu on les immerge rapidement. Ou bien sur le grès chaud, en les tâtant à la lime avant de les plonger dans de l'eau froide recouverte d'une couche d'huile et en les retirant immédiatement pour les laisser refroidir à l'air libre.

Une chose que je recommanderai essentiellement, c'est de ne pas toujours se fier à la couleur du recuit et de toujours essayer à la lime. Ceci fait, il ne reste plus qu'à les brosser, les passer à l'huile, les essuyer et les classer,

Tarauds alésoirs. — Pour les tarauds alésoirs (fig. 7) destinés à être manœuvrés à la main, la longueur de la partie active est entre 7 et 10 fois le diamètre ; cette partie active se compose des trois tronçons *ab*, *bd* et *dc*. Le premier *ab* est conique, ses dimensions sont :

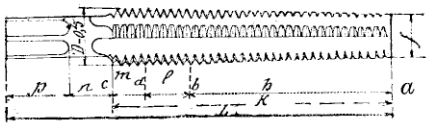


Fig. 7

Hauteur $h = 5$ à 8 fois le diamètre D ; D le diamètre extérieur du filet à produire ; f diamètre de la petite base égale au fond du filet moins un millimètre. Le deuxième tronçon *bd* est cylindrique et a pour diamètre D, sa hauteur l est environ 1,5 D. Enfin, la partie *dc* a pour hauteur $m = 0{,}5$ D, le diamètre de cette partie est égale à D moins $0^{mm},5$, de façon à faciliter l'entrée totale du taraud et à éviter que cette partie ne s'ébrèche. Suivant la grosseur du taraud, le diamètre de la partie lisse est inférieure de 1/2 à 1 millimètre de celui du fond

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du filet. La table ci-après (page 876) donne toutes les dimensions adoptées pour les tarauds alésoirs.

Un seul taraud établi dans ces conditions suffit dans tous les cas où il s'agit d'un filet triangulaire, mais lorsqu'il faut tarauder des filets carrés dans des écrous qui n'ont pas été préalablement défoncés sur le tour, on se sert de deux tarauds, le premier sert à ébaucher le second à terminer.

Les tarauds alésoirs pour machines ne diffèrent des précédents que par la longueur K de la partie filetée qui, dans ce cas, est comprise entre 5 et 8 fois le diamètre D.

Pour la trempe, on suit les mêmes principes que précédemment, ensuite on le monte sur le tour et en pointes (fig. 8) pour s'assurer qu'il tourne rond, sinon ainsi monté, on chauffe suffisamment à la lampe à esprit de bois, au gaz ou avec un morceau de fer rouge la partie creuse et à une chaleur que la main puisse à peine endurer.

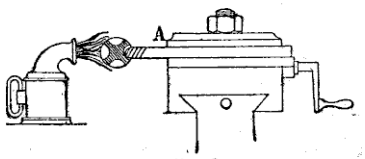


Fig. 8

Sur le support est monté un outil en cuivre rouge A à l'aide duquel, en faisant tourner la manivelle, on cintre tant soit peu le taraud à l'opposé toujours en continuant à chauffer. Lorsque l'on juge à peu près que l'opération peut donner un bon résultat, on refroidit la partie ainsi travaillée au moyen d'un chiffon mouillé et on desserre la manivelle du support pour laisser le taraud libre, on le fait tourner pour voir s'il est bien revenu, sinon, on recommence.

Ce travail est un travail de patience dont le prin-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cipe peut servir au redressage des pièces similaires, car souvent il faut peu de chose pour que le taraud casse, surtout les tarauds pour entretoises de foyer de générateur qui sont très longs. Pour agir avec plus de sûreté, on peut munir la vis du support d'une rondelle divisée qui permet à chaque nouvelle opération pour une même pièce de savoir le point où s'est arrêté la précédente.

Les tarauds ployés doivent être exclus de tout travail, ils ne font que donner un mauvais résultat, surtout dans le taraudage des entretoises de foyer.

Les tarauds de ce genre doivent se vérifier après la trempe, soit avec une jauge type, un taraud type ou avec un taraud non trempé, car souvent le métal s'allonge ou se rétrécit, suivant sa qualité. c'est pour cela qu'il est de toute importance de procéder à cette vérification et de prendre l'acier le meilleur que l'on puisse trouver pour éviter autant que possible ce qui précède.

Tarauds à repasser. — A part l'embase qui n'existe pas, ces tarauds ont les mêmes dimensions que le dernier numéro de la série correspondante.

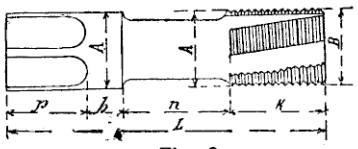


Fig. 9

Tarauds borgnes. — Les séries des tarauds borgnes (fig. 9) comprennent :

2 tarauds pour les diamètres inférieurs à 5 millimètres.
3 — — — compris entre 5 et 10 —
4 — — — — 10 et 25 —
5 — pour tous les autres.

Ces tarauds doivent se faire dans les mêmes conditions que les tarauds ordinaires.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le tableau suivant se rapporte à la série de 30 millimètres de diamètre, pas de 3 millimètres, profondeur du filet 2,5.

NUMÉROS	A	B	OBSERVATIONS
1	25.75	24.5	Le n° 5 n'est conique que sur la longueur des deux premiers filets. Toutes les autres dimensions des tarauds borgnes sont indiquées au tableau page 876.
2	27	25.75	
3	28.25	27	
4	29 5	28 25	
5	30	29.25	

Taraud pour tarauder les coussinets à main sur la machine. — Ce taraud (fig. 10) sert à tarauder les coussinets avant de passer le taraud-mère, il doit être confectionné et trempé dans les

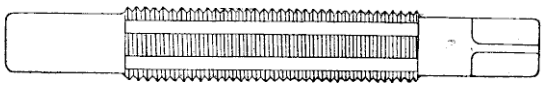


Fig. 10

mêmes conditions que celui à la machine, être cylindrique dans toute sa longueur et conserver à l'opposé de son emmanchure une partie lisse permettant de le maintenir toujours au centre en taraudant. Le nombre de rainures à lui donner doit être pour le moins de 5 que l'on augmente suivant son diamètre, toujours en nombre impair, afin de contrecarrer les vides des coussinets. Son diamètre maximum doit être celui des boulons à tarauder.

Taraud-mère. — Le taraud-mère doit être fait avec de l'acier de la meilleure qualité possible, être recuit avant le travail au tour et exécuté avec la plus grande attention et préférablement par un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dimensions principales des tarauds

DIAMÈTRE du taraudage D	NATURE du taraud	LONGUEURS de la partie taraudée k	de la partie lisse n	de l'embase h	du carré p	LONGUEUR totale L	PAS
4, 5 et 6	ordinaire	20	35	6	9	70	Variable suivant les Constructeurs
8	borgne	15	40	6	9	70	
	ordinaire	40	25	6	9	80	
	alésoir	80	25	0	9	120	
10	borgne	15	40	6	9	70	
	ordinaire	50	25	8	9	92	
	alésoir	100	30	0	10	140	
12	borgne	18	40	8	12	78	
	ordinaire	60	25	8	12	105	
	alésoir	120	28	0	12	160	
15	borgne	20	40	10	15	85	
	ordinaire	60	30	10	15	115	
	alésoir	140	45	0	15	200	
18	borgne	20	50	10	15	95	
	ordinaire	75	30	12	15	132	
	alésoir	170	52	0	18	240	
20	borgne	25	50	12	20	107	
	ordinaire	80	30	12	20	142	
	alésoir	180	62	0	20	262	
23	borgne	30	65	13	23	131	
	ordinaire	100	40	13	23	176	
	alésoir	200	55	0	23	278	
25	borgne	30	65	13	25	133	
	ordinaire	105	40	13	25	183	
	alésoir	230	65	0	25	320	
28	borgne	35	65	15	28	143	
	ordinaire	105	45	15	28	193	
	alésoir	250	65	0	28	343	
30	borgne	40	65	17	28	150	
	ordinaire	110	40	17	28	200	
	alésoir	260	65	0	28	353	
35	borgne	40	70	18	32	160	
	ordinaire	120	50	18	32	220	
	alésoir	270	70	0	32	372	
40	borgne	45	75	18	32	170	
	ordinaire	140	50	18	22	240	
	alésoir	300	70	0	32	402	

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

premier ouvrier, car c'est de son exécution que dépend la justesse du taraudage des boulons.

Le nombre minima de rainures doit être de 5, pour les petits diamètres, inclinées en hélice et bien faites; pour les diamètres plus forts, ce nombre doit aller en augmentant, mais toujours impair en proportion avec le diamètre. Les bavures doivent être enlevées et les filets vérifiés à la loupe, afin qu'il n'échappe aucune défectuosité si c'est possible, défectuosité qui se transmettrait aux coussinets et ensuite aux boulons.

Le filetage doit être vérifié après la trempe, car la matière peut très bien se raccourcir ou s'allonger. Pour cela on le monte sur le tour et en montant également les roues de filetage pour faire le même pas, on fait parcourir un outil dans le filet pour que la preuve évidente de la bonne exécution apparaisse.

Pour les coussinets à main sa longueur doit être la même que celle d'un taraud à main ordinaire et celle d'un taraud à la machine pour tarauder des lunettes, à l'exception qu'il doit être conique (fig. 11).



Fig. 11

Il est également de toute nécessité qu'il soit fait pour être guidé en travaillant. Il faut que son pas soit très juste, car une petite différence à peine sensible sur sa longueur peut devenir très importante après l'exécution des coussinets qui, eux donneront alors une différence très notable sur une longueur de 300 millimètres par exemple.

L'opération de la trempe pour les tarauds mères

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se fait comme pour les autres, ou bien encore, on les trempe dans toute leur force et quand ils sont petits, pour les faire revenir on les prend avec des pinces rouges, et on les immerge quand la couleur jaune paille apparaît; la trempe un peu dure est préférable.

Taraud Dejonc. — Comme le dit avec raison *Dejonc* dans son ouvrage la *Mécanique pratique.*

Le taraud ordinaire tourné et fileté a un défaut très grave, quoique les rainures soient bien faites et dégagées suffisamment, il est très difficile à entrer dans le trou à tarauder, très dur à manœuvrer, abime et détériore l'entrée du taraudage dans la fonte, par le frottement continu de ses filets et finalement son produit revient très cher.

Constamment préoccupé par ces défauts, M. *Dejonc* a cherché et trouvé un système qui remplit mieux le but de cet outil, en dégageant le filet naturellement en arrière de la coupe par un filetage qui n'est pas rond, pour qu'il ne talonne pas comme font les précédents, et en ne donnant que deux coupes au lieu de trois ou quatre.

Par cette forme, ce système de taraud que j'ai employé a plus de 50 % de frottement en moins en taraudant, que ceux à trois ou quatre rainures.

Egalement par une combinaison de forme en longueur, il est très facile de tarauder jusqu'à 500 millimètres de hauteur de filet.

Un homme seul peut facilement tarauder 25 millimètres de diamètre, pas 300, toute une journée, sans plus de fatigue qu'avec un taraud ordinaire de 15 millimètres.

Ces tarauds qui prennent de plus en plus d'exten

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sion sont principalement bien considérés dans les ateliers de la marine.

Un autre taraud également très employé est le taraud *polygonal Morisseau* (fig. 12) qui donne un travail rapide et propre. Un seul taraud suffit pour tarauder un trou de quelque diamètre qu'il soit, l'extrémité inférieure alèse le trou, le milieu ébauche les filets et la partie cylindrique les achève et les lisse. L'angle de coupe est de 60° et sa disposition spéciale donne à la fois le maximum de coupe et le maximum de résistance. La force à dépenser est beaucoup moindre qu'avec les anciens systèmes, et un seul ouvrier peut tarauder jusqu'à 40 millimètres. Le filet est dégagé dans toute sa section transversale pour diminuer les frottements et longitudinalement aux filets. Le dégagement commence un peu en arrière de l'angle coupant, de manière à laisser subsister un arc de cercle circonscrit, cet arc est destiné à empêcher la diminution du diamètre par l'usure qui serait très rapide si le dégagement partait de l'angle coupant.



Fig. 12

Taraudage. Pour que le taraudage se fasse à la machine dans de bonnes conditions, il faut que le boulon se présente bien dans l'axe des coussinets ou de la lunette, que sa tête soit bien dans l'axe du corps, que son extrémité soit chanfreinée et qu'il soit rond autant que possible et d'un diamètre brut à peu près exact du diamètre fini. Si les filets ne sont pas lisses et réguliers, il faut changer les coussinets ou la lunette.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant le taraudage et sans interruption, le boulon doit être arrosé à l'eau de savon ou à l'huile, cette dernière est préférable.

Si la pièce à tarauder est de précision, l'ouvrier doit avoir à sa disposition un calibre (fig. 13) lui permettant de faire de temps à autre la vérification des filets de la pièce et même ceux des coussinets.

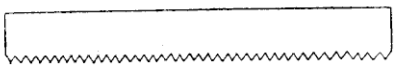


Fig. 13

Beaucoup de constructeurs et fabricants de boulons emploient les coussinets d'une seule pièce, désignés sous le nom de *lunette* et taraudés avec un taraud-mère conique. Après des expériences suivies et d'après l'avis de plusieurs praticiens également, les coussinets en deux pièces sont préférables et lorsque la machine fonctionne bien et que l'ouvrier est habile il y a une perte de temps supprimé et qui n'existe pas dans le procédé à un coussinet, par le retour du boulon que l'on ne peut éviter.

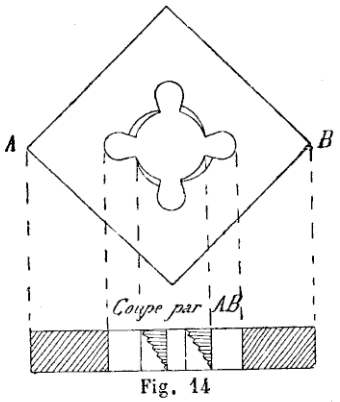


Fig. 14

Les lunettes (fig. 14) se confonctionnent tant au point de vue de l'acier, de la coupe, de la trempe, etc., comme les coussinets ordinaires. Lorsqu'ils sont usés, on les resserre à chaud et on leur donne une nouvelle coupe. Leur entrée doit être égale au diamètre du fond du filet.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

DIAMÈTRE à tarauder	COTÉ	ÉPAISSEUR	DIAMÈTRE des quatre trous
8, 10 et 12	40	12	6
15, 18 et 20	50	18	8
23 et 25	60	20	9
28 et 30	65	25	10
33 et 35	70	30	11
38 et 40	80	35	12

Pour tarauder à la main un boulon, on fixe ce dernier dans l'étau et on serre la filière à son extrémité de façon que le boulon lui soit bien perpendiculaire, on arrose d'huile et on tourne à droite en revenant un peu à gauche à chaque demi-tour jusqu'à ce que la partie que l'on veut tarauder soit dégrossie après quoi on remonte la filière, à l'extrémité sans desserrer, après avoir essayé au préalable si l'écrou peut aller. Dans le cas contraire, on serre encore un peu à nouveau les coussinets et on recommence la même opération. Quand l'écrou entre et fonctionne librement et sans jeu, on peut faire un point de repère sur la filière, on desserre et on taraude les autres boulons sans être obligé de tâtonner à nouveau. Seulement il est à remarquer que si l'on change de coussinets, il faut changer de repère.

Il peut se faire que l'on obtienne un filet plein et que le diamètre taraudé soit plus gros, dans ce cas il faut ramener le diamètre à la dimension voulue, à la lime, ou au tour, et retarauder à nouveau.

Pour les écrous taraudés à la machine, il faut les arroser sans interruption à l'eau de savon ou à l'huile, veiller à ce qu'ils soient d'épaisseur, que le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trou soit bien rond, d'équerre, au diamètre voulu et qu'il soit parfaitement dans l'axe, sinon on obtient un mauvais travail et quelquefois même les tarauds cassent.

Telle est la raison pour laquelle il est cassé beaucoup plus de tarauds avec les écrous forgés qu'avec les écrous poinçonnés.

Lorsque deux trous situés sur le même axe mais pas dans la même pièce doivent être taraudés, il faut se rendre compte si leur axe commun est bien d'équerre avec l'une des pièces qui sert de base, sinon on doit en passant le premier taraud d'abord, le second ensuite, etc., appuyer sur la branche du tourne à gauche du côté que l'on veut dégauchir en prenant plus de matière, pour redresser la direction des deux trous et même si les trous sont borgnes, c'est-à-dire tout à fait gauche, il est bon de les redresser à la gouge.

Tous les trous qui sont taraudés à la main doivent être fraisés avant le taraudage de la valeur d'au moins, la profondeur du filet, pour éviter qu'il ne reste aucune bavure après l'opération.

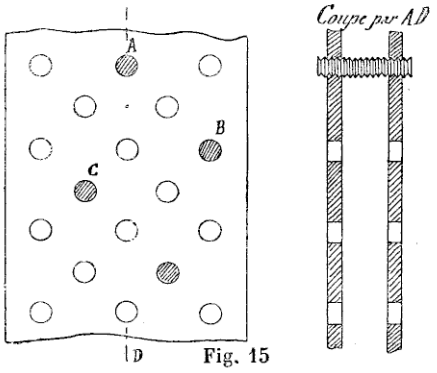


Fig. 15

Dans les tôles de foyer de générateur par exemple où l'on a un certain nombre de trous à tarauder sur une même surface et dans deux épaisseurs

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

situées à distance l'une de l'autre (fig. 15), on taraude d'abord un trou A et celui qui lui fait face, et on y place une entretoise, ensuite on procède à la même opération à une certaine distance en B, ensuite en C, etc. Les tôles ainsi armées, on peut continuer à tarauder, on est certain qu'elles ne bougeront plus.

Tartre. Le tartre est un dépôt pierreux adhérent aux parois intérieures des générateurs et qui s'oppose au passage du calorique, la puissance de vaporisation de la chaudière, décroît à mesure que l'épaisseur du dépôt augmente, la dépense du combustible augmente, le métal est surchauffé, se dilate et souvent il résulte de ce fait des explosions assez nombreuses et d'une grande violence qui seraient les trois quarts du temps évitées, s'il n'y avait pas incurie et même grande nonchalance de la part des agents responsables habitués pour ainsi dire à vivre au milieu du danger.

Tartrifuge. Parmi les désincrustants employés il y en a de plus ou moins bons, mais il faut tenir aussi compte que les eaux n'ont pas la même composition chimique dans tous les lieux.

Le carbonate de soude ou soude *Solvay* s'emploie en dissolution dans l'eau d'alimentation des chaudières. La quantité à employer est variable de 150 à 200 grammes suivant les localités par mètre cube d'eau injectée, et ensuite il faut finir d'alimenter avec de l'eau ordinaire pour nettoyer les appareils d'alimentation. La pratique a démontré que ce procédé est assez satisfaisant sans être obligé de démonter périodiquement les appareils.

Le Chemin de fer d'Orléans a établi à Aigrefeuille

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

des bassins où l'eau destinée à alimenter les locomotives est traitée par la chaux, puis filtrée à travers des éponges et de la laine.

En 1820, le hasard indiqua à un chauffeur anglais un moyen très simple d'empêcher les dépôts d'être adhérents. Après avoir vidé sa chaudière, il y avait placé des pommes de terre pour les faire cuire à la faveur de la chaleur qui restait encore. Il les oublia et quand il vida de nouveau sa chaudière il s'aperçut que le dépôt ordinaire ne s'était pas formé et qu'au contraire il était remplacé par une matière boueuse non adhérente. Par mois la valeur à introduire après nettoyage est d'environ un litre et demi de pommes de terre par force de Poncelet (1 cheval 1/3).

La décoction de bois de campêche est également bonne.

Le tartrifuge *Constant* qui est très en usage à Paris, contient une décoction de bois de gaïac, d'écorce de chêne et de bois de campêche, avec quelques autres substances.

Le talc, l'argile, la résine ont été aussi préconisés. Au contact de ces substances, les dépôts cessent d'être incrustants et donnent lieu à des matières boueuses que le lavage enlève.

L'anti-incrustateur magnétique de *Bœker* mérite d'être cité à titre de mémoire, des expériences faites en Angleterre ont démontré que sous l'influence du courant électrique, les dépôts cessent d'être susceptibles d'adhérences ils restent pulvérulents.

Il y aussi les désincrustants composés essentiellement de sucs végétaux.

L'acide chlorhydrique (*esprit de sel*), le carbonate de soude, le protochlorure d'étain, etc., sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

généralement bons, et transforment les sels calcaires en d'autres sels dont la fixité est moins grande.

La glycérine qui est d'un prix peu élevé, donne aussi un bon résultat, 1 kilogramme environ de cette dernière suffit pour 10 tonnes de combustible brûlé.

On a cherché également à faire accumuler les dépôts dans des parties spéciales de la chaudière faciles à nettoyer. Tel est le but du déjecteur *Dumery*.

Il y a aussi l'hydro-purificateur *Wagner*, qui résout le problème de la purification de l'eau par chauffage préalable, etc., etc.

Tas. Le tas est une enclume carrée, généralement un peu bombée, mais qui peut affecter différentes formes suivant le travail auquel il est destiné, ainsi par exemple, le *tas à refouler* est une masse de fer ou de fonte. de forme cubique fixés sur un billot ou reposant directement sur le sol ou même enterrée de façon à venir affleurer ce dernier. Il sert à refouler en bout les barres ou certaines pièces que l'on travaille à la forge et doit être placé assez près de l'enclume.

Les tas employés par les *riveurs* doivent prendre parfaitement la tête du rivet, pour ne pas trop l'écraser, et le *teneur de tas* doit tenir la main à ce que la tête du rivet s'applique parfaitement sur la tôle.

Témoin. On désigne généralement sous ce nom un ou plusieurs coups de pointeau que l'on donne sur le traçage de la circonférence des trous, sur les lignes faites à la pointe à tracer, sur les coups de cordeau, etc., et qui permet de se rendre compte que le perceur, le raboteur, etc., n'ont pas dépassé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les limites qui leur étaient assignées dans l'exécution d'un travail et évite ainsi toute contestation possible.

Ténacité (voir *Métal*).

Tenailles. Le fer étant bon conducteur de la chaleur, on ne peut le manier à chaud sans l'intervention d'un outil spécial auquel on donne le nom de tenaille. Les principaux types employés sont (fig. 1 à 6).

Les tenailles sont en fer et quand on veut maintenir un objet entre les mâchoires de la tenaille sans serrer continuellement avec la main, on se sert d'un anneau (fig. 7, ou d'un S, fig. 8) en fer rond, qu'on enfile sur les deux branches.

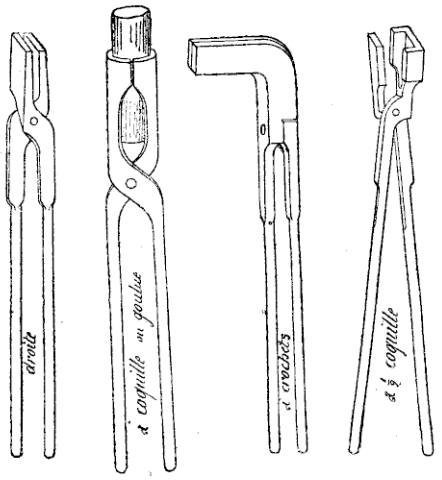


Fig. 1 Fig. 2 Fig. 3 Fig. 4

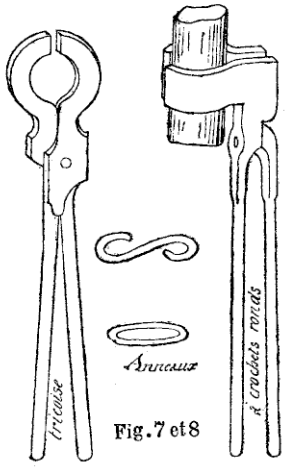


Fig. 7 et 8

Fig. 5 Fig. 6

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tenailles à chanfrein appelées vulgairement *tête de patron.*

Cet outil est destiné à faciliter le serrage dans l'étau de certaines pièces auxquelles il faut faire des chanfreins ou tout autre travail semblable. Les mordaches doivent se trouver inclinés à 45° par rapport au corps.

On les fait soit à ressort (fig. 1), et alors complètement en acier ou bien en fer avec mors aciéré ou

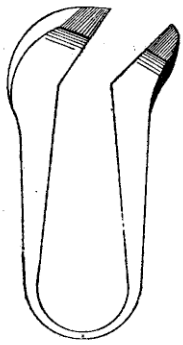


Fig. 1

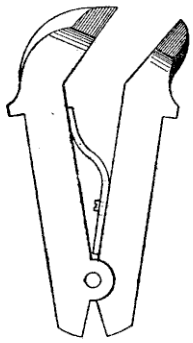


Fig. 2

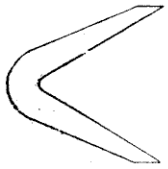


Fig. 3

en acier avec charnière (fig. 2) et un ressort en acier. Les mors doivent être taillés comme ceux d'un étau à main.

Dans le cas où sous la main on ne possède pas cet outil, on peut le remplacer par une équerre en acier (fig. 3), d'environ 80 degrés d'ouverture.

Tête ou crosse de piston. La tête de piston est une pièce destinée à relier la tige d'un piston avec une bielle et qui avec les glissières a pour but de maintenir la tige du piston parfaitement en ligne droite pendant toute la course de ce dernier. Elle est en fer cémenté et trempé ou en acier. Les formes

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

varient suivant les constructeurs et les machines.

La figure 1 représente la tête de piston la plus ordinaire.

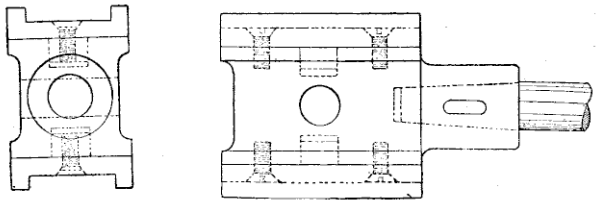


Fig. 1

La figure 2 représente une tête de piston désignée sous le nom de *savate* et guidée d'un seul côté.

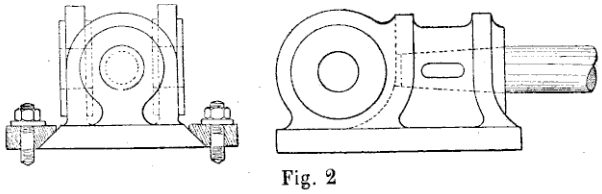


Fig. 2

La figure 3 en représente une autre guidée des deux côtés. Les *semelles* qui doivent être à rattra-

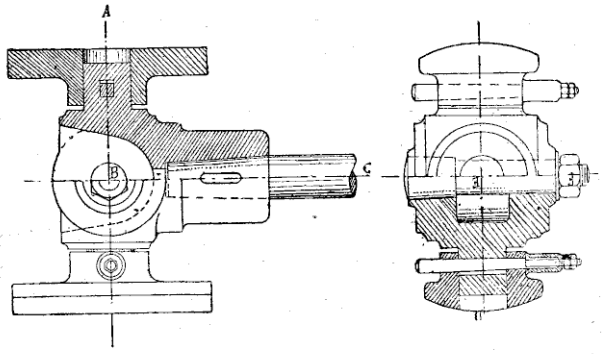


Fig. 3

page de jeu pour faire face à l'usure sont généra-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lement indépendantes de la tête proprement dite, elles sont ou en fer, en bronze, en métal blanc ou en acier, elles doivent être ajustées à frottement doux sur les glissières et parfaitement d'épaisseur une fois le montage de la tête terminé.

L'emmanchement de la tige de piston dans sa tête doit être un peu conique, très juste pour former un joint assez exact, et on fixe les deux pièces ensemble au moyen d'un clavetage aussi légèrement conique, pour pouvoir donner du serrage; ou bien encore cet emmanchement peut être une partie filetée fixée au moyen d'une goupille cylindrique ou d'un clavetage, etc.

Tige de piston (Voir *Tête de piston)*. La tige de piston est généralement en fer forgé, quelquefois en fer étoffé ou en acier fondu. Elle doit être tournée très exactement et fixée solidement au piston si elle n'est pas d'une seule pièce avec ce dernier, car le moindre jeu occasionnerait des chocs excessivement violents qui pourraient provoquer la rupture du piston. Elle se fixe également dans la tête de piston avec beaucoup de solidité.

L'emmanchement dans le piston et dans la tête de piston peut être disposé de différentes manières, l'extrémité de la tige peut avoir la forme d'un tronc de cône rodée avec soin qui s'emboîte dans le piston (le derrière étant chauffé au rouge sombre, la face opposée à la tige est ensuite rivée). L'emmanchement de la tige peut encore être conique, très juste, et être terminé par une partie filetée, destinée à recevoir un écrou qui a pour but de la fixer très solidement et empêcher tout espèce de balottement.

La tige de piston peut également être d'une seule pièce avec son piston, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour redresser une tige de piston faussée on peut employer le moyen indiqué pour les tarauds, page 873 et celui (voir *Tournage*).

Tige de piston et piston (*Epreuve des garnitures*). Quel que soit le genre de garniture employé, il est bon avant de les mettre en service, de les vérifier à la vapeur ou encore mieux à l'eau. Pour l'épreuve à la vapeur, on enlève le couvercle du cylindre, on cale bien la machine dans une position convenable au moyen de fortes pièces de bois et on fait arriver de la vapeur sous le piston à la pression maximum que la chaudière puisse fournir. S'il se présente des fuites de vapeur, c'est que les garnitures ne sont pas bonnes et il faut y porter remède.

Pour l'épreuve à l'eau, on dispose la machine comme précédemment, on bouche toutes les communications et au moyen de la presse hydraulique, on envoie de l'eau sous le piston. De cette façon, on peut pousser l'expérience à une pression bien plus élevée qu'avec la vapeur, et les pertes se déclarent bien mieux qu'avec cette dernière, l'eau étant plus fluide.

Timbre de chaudière. Le timbre d'une chaudière se place de différentes façons et se fixe au moyen de petits prisonniers que l'on rive ensuite à la surface du timbre. Dans les chaudières à bouilleurs, on place un timbre sur l'entrée en fonte de chaque bouilleur.

Toutes les chaudières qui ont un dôme ou réservoir de vapeurs, rivé sur la chaudière, portent un timbre sur l'entrée en fonte de ce dôme. Dans les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chaudières verticales ou locomobiles, le timbre se place ordinairement au-dessus ou au-dessous du trou d'homme. Il faut bien faire attention à ne jamais placer le timbre sur un rivet fraisé, lorsqu'on le pose sur le cadre ovale qui renforce le trou d'homme, car si le rivet vient à fuir, il faut enlever le timbre pour le mater et ensuite faire essayer à nouveau la chaudière. A la rigueur cet essai peut être évité en faisant constater le défaut à l'Ingénieur des Mines qui poinçonnerait le timbre après sa mise en place, mais ces ennuis autant que possible doivent être évités, il est préférable de percer les trous en prévision.

Si une chaudière est timbrée à une pression élevée et qu'on désire mettre un timbre inférieur, il faut appeler le Garde-Mines pour faire le changement en sa présence sans avoir recours à un essai nouveau.

En résumé le timbre doit être placé d'une façon très apparente et spécialement sur la face arrière du générateur, toujours à la vue continuelle du chauffeur.

Tire-fond. Vis à bois en fer, en cuivre ou en laiton dont la tête est carrée et qui sert à fixer des pièces en métal sur du bois. Vissé sur des pièces de bois il sert également de centre pour les tourner en pointes.

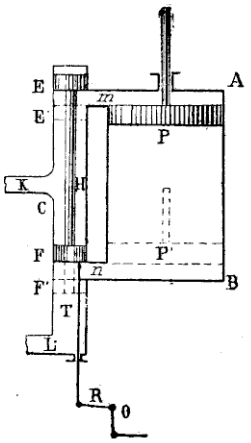
Tiroir. Au lieu des robinets (page 400) qui ferment et ouvrent alternativement les tubes d'admission et d'échappement, on se sert d'un appareil à mouvement alternatif appelé tiroir.

Tiroir en D. Le système adopté par Watt est connu sous le nom de *grand tiroir* ou de tiroir en D

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

(nom provenant de sa ressemblance à un D majuscule).

Le cylindre AB dans lequel se meut le piston P, communique avec une *boîte de distribution* C par les *lumières m* et *n*.



Dans cette boîte se meut le tiroir en D, formé de deux pistons E et F réunis ensemble à distance d'une manière invariable par un tuyau H qui les traverse tous les deux. Le tiroir est mobile dans la boîte de distribution entre les positions EF et E'F' ; la première laisse libres les lumières *m* et *n* au-dessous des pistons E et F ; la seconde les conduit au-dessus.

La boîte de distribution reçoit la vapeur par le tuyau K dont l'ouverture se trouve entre les deux pistons E et F. Le tuyau L communique avec l'air libre ou le condenseur, et la vapeur entoure le tuyau H dans tout l'intervalle compris entre les deux pistons.

Examinons ce qui se passe, et supposons le piston P à fond de course à sa partie supérieure. Pour l'amener à sa partie inférieure P' il faut que le tiroir occupe la position E F et pour reprendre sa position P il faut que le tiroir occupe de nouveau la position E' F'.

S'il n'y a pas détente, l'épaisseur commune des pistons doit être égale à la largeur des lumières. Si elle est plus grande, il y a à la fois détente sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une des faces du piston, et compression sur l'autre dans les espaces libres.

Le mouvement de la distribution se résume donc dans le mouvement de va et vient du système EHF, mouvement qui est généralement emprunté à un excentrique calé sur l'arbre moteur de la machine et qui actionne une tige *t* reliée à un levier coudé R, mobile autour du point O et commandant la tige de tiroir T.

Le tiroir en D affecte encore d'autres formes, dont la précédente peut être considérée comme base et sur lesquelles je ne veux pas m'appesantir, ce genre de tiroir étant très peu employé par rapport aux garnitures qui fonctionnent souvent mal et occasionnent des fuites de vapeur très importantes, mais du moment que la construction en est soignée on a l'avantage d'avoir des tiroirs bien équilibrés et la résistance opposée à leur mouvement est notablement moindre que celle des tiroirs ordinaires.

Tiroir à coquille. Le *petit tiroir* ou tiroir à *coquille* employé aujourd'hui, est beaucoup plus léger que le précédent, mais les pressions de la vapeur n'y sont pas équilibrées de façon que pour le déplacer, l'effort est proportionnel à la différence entre les pressions dans la chaudière et dans le tube d'échappement.

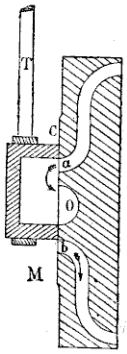


Fig. 1

La vapeur arrive (fig. 1) par un conduit dans la boîte à distribution M, sur la face ou *glace* C de cette boîte (voir *Cylindre*), se trouvent les deux *lumières* d'admission *a* et *b* et la lumière d'échap-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pement O. Le tiroir mû par la tige T est appliqué le long du cylindre. Lorsqu'il se trouve dans la position de la figure, la vapeur sort de la boîte M par la lumière *b* et se rend sous le piston. La partie supérieure du cylindre communique pendant ce temps, par les lumières *a* et *o*, avec le condenseur ou l'air extérieur. Au moment où le piston arrive en haut de sa course, le tiroir descend. C'est alors la lumière *a* qui communique avec la boîte à vapeur tandis que les lumières *b* et *o* se trouvent simultanément en relation avec l'intérieur du tiroir. La vapeur agit alors au-dessus du piston et c'est la partie inférieure du cylindre qui communique avec le condenseur. Il ne faut pas que pendant la marche du piston les deux lumières d'admission puissent être simultanément en relation avec l'intérieur du tiroir, c'est ce qui aurait lieu si les bords de ce dernier avaient une épaisseur moindre que la largeur des lumières. A l'origine, ces bords avaient une largeur égale à celle des lumières et le déplacement était égale au double de cette quantité comme le représente la figure 1, mais maintenant cette largeur varie suivant le type de machines et la distribution employée.

Le tiroir à coquille est peu massif et se prête très bien aux grandes vitesses. Son ajustage est d'autant plus facile que l'excès de pression développée sur sa face extérieure tend à l'appliquer plus exactement sur la glace le long de laquelle il doit glisser.

Enfin il donne une solution très pratique du problème de la détente, car il suffit, comme nous allons le voir, d'augmenter la largeur de ses bords ou de garnir le tiroir de *recouvrements*, pour satisfaire à toutes les conditions demandées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La détente fixe s'obtient facilement en donnant au tiroir des recouvrements (Voir *Montage*). Cette solution est connue sous le nom de détente de *Clapeyron* (fig. 1, p. 196). Le tiroir employé est un tiroir ordinaire, muni de larges rebords (fig. 2) appelés *plaques frottantes* ou *barrettes*. Ces barrettes doivent être parfaitement planes de façon à s'appliquer très exactement sur la glace du cylindre ; pour obtenir ce résultat, il faut avoir soin de roder ces deux parties l'une sur l'autre de façon à assurer un contact parfait.

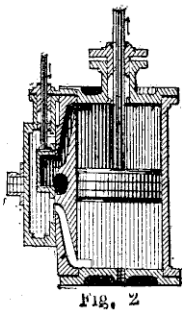


Fig. 2

Le mouvement imprimé au tiroir lui est généralement communiqué par un excentrique, lequel il faut caler à la position convenable pour obtenir une distribution régulière de la vapeur.

Comme il serait trop long de faire une théorie sur les largeurs qui doivent avoir les recouvrements, et que cela sortirait un peu du domaine de la pratique, je me contenterai de renvoyer le lecteur qui en aurait besoin aux *Notes et Formules de l'Ingénieur et du Constructeur-Mécanicien*, par *Cl. De Laharpe* et à donner ci-dessous (fig. 3, 4, 5, 6 et 7), les différentes positions que doit occuper le tiroir par rapport au piston.



Fig. 3

Ces figures parlent suffisamment aux yeux pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

permettre à tout monteur intelligent de régler une machine quelconque.

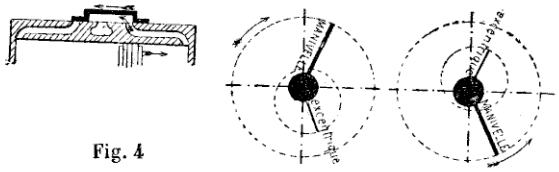


Fig. 4

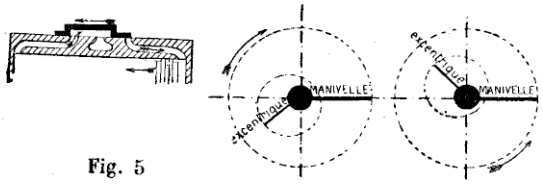


Fig. 5

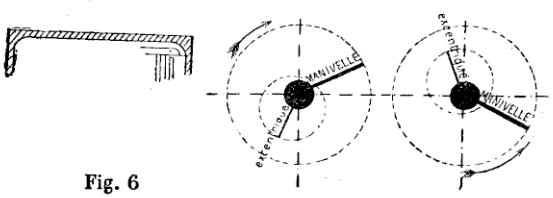


Fig. 6

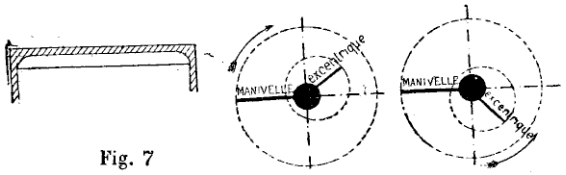


Fig. 7

Pour obtenir pratiquement la position du calage de l'excentrique, je dirai, premièrement que la course du tiroir est égale à deux fois le rayon d'excentricité, et que ce dernier, lui-même est égal à la largeur d'une lumière, plus la valeur d'un recouvrement extérieur, et que partant de là (fig. 8), on décrit une circonférence d'un diamètre égal à la course du piston, et on considère ce dernier au point

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mort ; sur le même axe, on décrit une seconde circonférence avec un rayon égal au rayon d'excentricité. Ceci fait, du point A on porte une longueur B égale à une lumière, moins la valeur de l'avance que l'on veut donner à l'admission et avec un rayon EF égal à la longueur d'axe en axe de l'œil de la barre d'excentrique et de son collier, on décrit un arc de cercle qui vient rencontrer la circonférence d'excentricité au point K qui détermine le calage cherché, contrairement à certains particiens qui ne tiennent pas compte de l'obliquité de la barre d'excentrique et se contentent simplement d'élever une perpendiculaire de du point F sur la

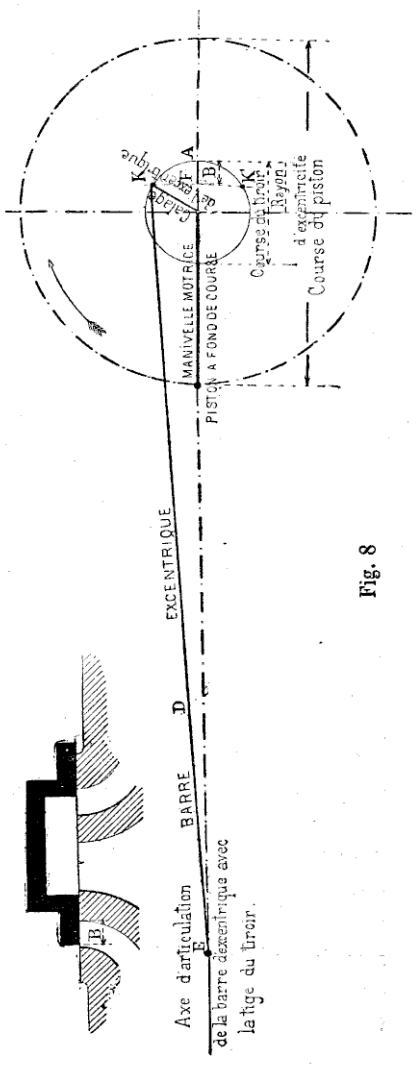


Fig. 8

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

circonférence d'excentricité, ce qui ne leur donne pas un résultat juste et les conduit à compléter leur travail par des tâtonnements.

Pour la marche en sens opposé le calage de l'excentrique se ferait en K'.

Pour une distribution à coulisse, on procède exactement de même, en ayant soin d'opérer sur la coulisse à fond de course et sur sa marche normale. Si la machine est pour travailler autant en avant qu'en arrière, on compense les inégalités des deux marches pour obtenir dans les deux cas la meilleure distribution possible de la vapeur.

Quand l'on règle une machine pour obtenir des appréciations justes, il faut se servir de petits coins en plomb pour vérifier l'ouverture des lumières.

Une fois la position du tiroir bien déterminée, le réglage de sa tige se fait de différentes façons, soit en la mettant directement à la longueur voulue, soit en la partageant en deux parties, reliées ensemble au moyen d'un écrou à filets contraires et maintenu en place par deux contre-écrous avec étoile ou rondelles de sûreté, ou de toute autre façon, variable suivant l'idée de chaque constructeur, mais dont le résultat est toujours le même.

Dans la détente *Meyer* qui est assez employée (fig. 2, p. 196), les deux blocs se rapprochent ou s'écartent à volonté par un dispositif spécial pendant le mouvement de la machine, et on donne ainsi au coefficient de détente telle valeur que l'on juge la plus convenable, depuis l'admission à pleine pression jusqu'à une admission infiniment petite. Dans certaines machines ce rapprochement est opéré par la machine elle-même par l'intermédiaire du régulateur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La glace de la boîte à tiroir doit être parfaitement dressée d'abord à la lime et ensuite au grattoir et vérifiée avec un marbre très plan. Il doit en être de même pour la face du tiroir destinée à fonctionner sur la glace, ces deux parties doivent porter parfaitement au rouge l'une sur l'autre dans tous les sens.

Les tiroirs à coquille se font généralement en bronze, on les fait également en fonte, ce qui revient moins cher et qui résistent très bien au frottement, en ayant soin toutefois de varier la nature des pièces en contact ; par exemple, il faut prendre de la fonte un peu plus dure que celle du cylindre pour avoir un bon frottement.

La construction des tiroirs à coquille ne présente rien de particulier, on a soin seulement, quand les dimensions sont un peu grandes, de les munir de nervures pour leur permettre de résister à la pression énergique de la vapeur qui tend à les écraser. Il faut avoir bien soin de faire en sorte qu'ils puissent s'appliquer toujours parfaitement bien contre la glace du cylindre malgré l'usure de leurs barrettes ; à cet effet on laisse toujours au tiroir un certain jeu en hauteur et pour cela on fixe généralement sa tige à un cadre en fer forgé dans lequel il se trouve pris ; c'est là une excellente disposition.

Pour redresser une tige de tiroir fausse, on peut employer le moyen indiqué pour les tarauds, page 873, et celui voir *Tournage*.

Avant de terminer cet article, je tiens à faire remarquer qu'il faut attacher une importance capitale au jeu du tiroir dans le sens de la longueur de sa tige, sans cela il se produit des chocs violents à chaque bout de course et des inégalités de distribution.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tiroir à coquille Barbat. Les cylindres qui sont destinés à recevoir ce tiroir, au lieu de posséder leurs lumières perpendiculaires à leur axe longitudinal, les possèdent parallèlement à cet axe, ce qui a pour avantage de pouvoir en augmenter la longueur et en diminuer la largeur, tout en laissant les surfaces d'introduction et d'échappement aussi grandes et même plus qu'avec le tiroir ordinaire.

De ce fait, le tiroir *Barbat* possède une surface moindre et par conséquent la pression qu'il supporte est plus faible. En employant la même course d'excentrique que pour un tiroir ordinaire, ce même excentrique n'a à transmettre au moyen d'un levier, qu'un effort qui peut être de moitié, du tiers, etc., de celui qu'il faut actuellement, par conséquent économie.

Pour son étude, son épure, son réglage et sa construction il faut suivre absolument les mêmes principes que pour le tiroir ordinaire.

Dimensions des orifices à donner aux cylindres en général.— Les orifices du cylindre doivent recevoir des dimensions suffisantes pour donner un libre accès à la vapeur affluente, ou une prompte évacuation à l'air libre ou au condenseur. Ces dimensions sont subordonnées aux lois de l'écoulement de la vapeur, lois que je n'indiquerai pas ici, ce qui ferait sortir mon ouvrage des bornes tracées, je me contenterai donc de dire qu'en pratique la section des orifices d'admission et d'émission peut être égale à 1/20 de la surface du piston.

Pour l'évacuation, la section de l'orifice peut être du double des précédents et même davantage. Beaucoup de constructeurs adoptent de très larges orifices dans le but d'accélérer l'accomplissement du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vide, mais il en résulte de très sérieux inconvénients à différents points de vue.

Quant au tuyau d'échappement proprement dit, en pratique on est dans l'habitude de lui donner comme diamètre le double de celui d'arrivée de vapeur, le diamètre de ce dernier étant généralement de 1/5 de celui du cylindre.

Il faut bien se pénétrer que les chiffres ci-dessus ne sont qu'une moyenne et approximatifs, à employer pour des machines ordinaires, mais pouvant néanmoins varier suivant le type de la machine et le système de distribution employée.

Toc. Le toc (fig. 1-2), est un outil qui sert à entraîner les pièces sur le tour, il est ordinairement en très bon fer, quelquefois en acier ou en bronze hercule. Sa vis doit toujours être en acier et passer par le milieu du corps de façon à ce qu'elle ne glisse pas sur les pièces en les serrant. Sa tête est à 4 ou

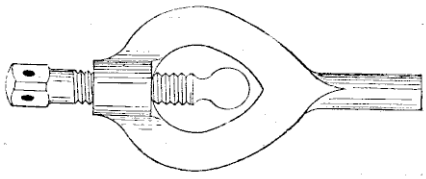


Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

6 pans, et percée de deux trous perpendiculaires, l'un à l'autre, permettant de serrer à l'aide d'une clé ou autrement. Quelquefois on en fait à coussinets mobiles (fig. 3), dans le genre d'une filière.

Tôles (Qualités et choix des). *Tôles de fer.* Se font de plusieurs qualités, distinguées gé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

néralement par des numéros, de 2 à 6. Le numér 2 s'emploie pour les poutres, les parties planes (ou cintrées à grand rayon) des réservoirs ; quand il vient de bonnes usines, on peut aussi en faire des viroles de chaudières, en cintrant dans le *bon sens*. Lorsque les tôles doivent être embouties, comme les fonds de chaudière, ou pliées en collets, il faut prendre les numéros 3 ou 4 ; et pour les forts emboutissages, gueulards repoussés en pleine tôle, pièces gauches ou à double courbure, collets à angle vif, les numéros 5 et 6 sont nécessaires.

En général, on ne doit pas hésiter à prendre une qualité supérieure à celle qui serait rigoureusement nécessaire pour le travail, la plus-value d'achat sera largement compensée par la diminution du travail très coûteux de la forge, et on évitera les rebuts en cours d'exécution.

Les usines qui fabriquent spécialement les tôles à chaudière, livrent des tôles dites *à chaudière* dont on peut faire les viroles, et qui supportent bien les emboutissages modérés (calottes sphériques ayant une flèche $= 0.134 \times$ corde) et les collets à angles très arrondis. Les tôles *demi-fort et fer fort* conviennent pour les forts emboutissages et les collets des raccordements à double courbure.

Les forges d'Audincourt livrent des tôles au bois ; la qualité C convient aux pièces embouties et collets ; la qualité B, aux forts emboutissages et aux collets relevés en pleine tôle ; la qualité A supporte bien les travaux les plus difficiles.

Toles d'acier. On emploie de plus en plus les tôles d'acier Bessemer et Martin, très doux, ne pre-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nant pas la trempe (R = 42 k. à la rupture, allongement à la rupture 27 %). Au point de vue de la résistance, ces tôles ne doivent être considérées que comme du fer très homogène, que l'on peut charger pratiquement, en long comme en travers, jusqu'à 12 k. à l'épreuve. On en fait de très belles pièces forgées, toutefois leur emploi exige beaucoup de précautions : il faut recuire avec grand soin, au rouge sombre, les parties forgées, et recuire également les parties poinçonnées, ou aléser les trous poinçonnés de manière à enlever au moins 4 millimètres de métal tout autour du trou. Au-delà de 9 millimètres d'épaisseur, ces tôles paraissent fragiles, et leur emploi n'est pas sûr.

A cause de leur homogénéité, elles sont particulièrement bonnes pour les tôles de coup de feu et les foyers intérieurs.

Cintrage. On ne perce, avant le cintrage, que les trous que des raisons d'outillage ne permettent pas de percer après.

Le cintrage peut se faire à la main, au marteau, sur deux cylindres massifs posés côte à côte. Ce procédé est bon pour les formes coniques. Généralement, on se sert de la machine à cintrer (page 181), qui est une sorte de laminoir à trois cylindres, dont un est mobile sur des poupées perpendiculairement au plan des deux autres : on règle son écartement au moyen de fortes vis et suivant le rayon de la courbure à obtenir. Le cintrage se fait au rouge dans beaucoup d'usines, dans d'autres, on préfère le faire à froid, comme épreuve de la ductilité du métal. Certaines machines à cintrer permettent d'obtenir des tôles coniques, en obliquant le cylindre mobile,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toutefois, on ne peut faire de la sorte que des cônes assez aigus, et il faut les régulariser au marteau.

Les cylindres fixes de la machine à cintrer sont généralement en fonte, creux, et le cylindre supérieur, en fer massif. Ils doivent avoir au minimum les diamètres suivants:

Largeur de table	Diamètre des cylindres	
	Fonte	Fer
2.50 m.	0.30 m.	0.20 m.
3,00	0 36	0.24
4.00	0.43	0.30

Il est préférable de faire le cylindre en fer du même diamètre que les autres.

La machine à cintrer doit être desservie par une grue ou pont roulant, qui permette de manœuvrer les tôles chaudes, et de retirer le cylindre supérieur ou les viroles, suivant la disposition de la machine, en les faisant glisser suivant leur axe.

Forge et emboutissage. Les pièces de tôle étant souvent très pesantes et de grandes dimensions, il faut avoir une forge basse (page 295), très large, desservie par une grue, et munie de deux ou trois tuyères de 40 millimètres de débit, soufflées mécaniquement. On procède par grandes chaudes, en menant le feu très régulièrement. Il est très utile d'avoir une série de formes où matrices en fonte, sur lesquelles on peut forger les pièces rapidement, avec l'aide de simples frappeurs.

Collets. Le travail le plus fréquent est celui des collets rabattus (ou *tombés*) ; on doit laisser l'angle (ou *carre*) aussi arrondi que le permet l'assemblage. On doit compter, en traçant, $0^m,07$ de largeur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour un collet fait par extension, et $0^m,06$ seulement pour un collet rétreint, celui-ci s'élargissant à mesure qu'on efface les plis du métal.

Les collets plans peuvent souvent se remplacer par des cornières cintrées, ce qui permet d'employer des tôles moins chères.

Tours. Le tour occupe sans contredit le premier rang parmi les machines-outils ; son usage est général et il n'existe pas d'atelier qui n'en ait un ou plusieurs.

Les principaux tours employés sont :

Le tour parallèle à banc droit ou rompu, dont la figure 1 nous donne un exemple à banc rompu et

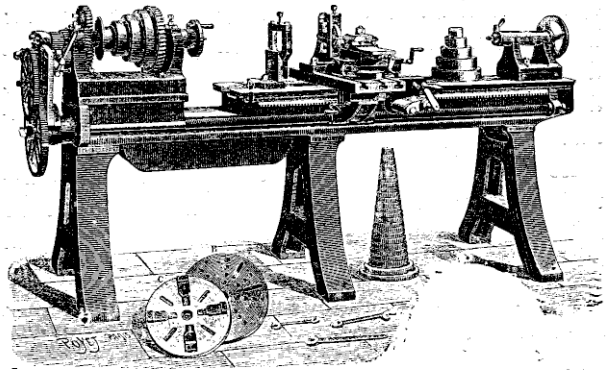


Fig. 1

sur lequel on peut tourner, fileter et aléser cylindrique ou cone et automatiquement ; est composé d'un banc en fonte formé de deux flasques verticales dressées sur leurs parties supérieures et latérales et qui servent de guide à un chariot, lequel peut marcher sur toute la longueur du tour. L'outil est placé snr ce chariot à la hauteur des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pointes et doit se transporter parallèlement à la ligne qui joint leurs extrémités. Quelquefois, les parties dressées des flasques parallèles sont remplacées par deux colonnes en fer exactement cylindriques et qui rend la construction plus simple, car les colonnes se font au tour, tandis que les flasques qui doivent être bien dressées, se font à la machine à raboter, au burin et à la lime par la main de l'ajusteur. La poupée mobile est placée sur les flasques, qui doivent être bien de longueur et dans l'axe du tour, le long desquelles elle peut se transporter suivant la longueur de la pièce à travailler. Le mouvement longitudinal est généralement transmis par une vis (qui doit être à la même hauteur à chaque extrémité et à égale distance des flasques) qui règne sur toute la longueur du tour et alors on peut employer ce dernier pour faire avec beaucoup d'exactitude, des vis et des écrous de différents pas et diamètres.

Le mouvement de rotation de l'arbre se transmet à la vis et par suite au chariot (dont l'axe doit être tracé en place, d'après celui de la vis) au moyen d'un système d'engrenages, qu'on peut changer de plusieurs manières pour obtenir plusieurs vitesses du chariot et par suite différents pas dans la vis que l'on fabrique. Le banc doit être scellé de niveau et parallèlement à la transmission.

L'arbre principal de la poupée fixe doit être bien de niveau et posséder le moins de jeu possible dans les coussinets. L'arbre intermédiaire doit être parallèle au précédent, les roues d'engrenages doivent fonctionner régulièrement à frottement doux et les dents en aucun cas ne doivent toucher à fond.

L'arbre de la poupée mobile doit également être

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de niveau, parallèle au banc et sa pointe exactement à la hauteur de celle de la poupée fixe.

La vis-mère doit autant que possible posséder un pas métrique sans fraction (c'est pourquoi il est préférable d'employer des machines françaises, qu'anglaises) être bien tendue, bien droite et bien butée pour empêcher tout jeu en marchant. L'écrou également une fois embrayé doit rester à fond, sinon les filets qu'il produit sont défectueux.

Les cônes d'avancement qui correspondent à la vis principale doivent posséder un rapport entre eux pour l'avancement du chariot de 4,7 ou 11/10 environ par tour, même jusqu'à 15 et plus pour les gros tours.

Il faut que le support porte-outil soit réglé de telle sorte en hauteur qu'il laisse entre lui et la pointe la distance du diamètre de l'outil destiné au tour, et il vaut même toujours mieux qu'il soit un peu plus bas que plus haut, car on peut toujours caler l'outil ce qui ne gêne pas.

Les dimensions des pointes et leur diamètre doivent être les mêmes pour chaque poupée ce qui facilite de les tourner.

Tour à pointes. — Ce tour ne porte ordinairement qu'une ou deux poulies, son mouvement de rotation est assez rapide, aussi n'est-il employé que pour tourner le bois ou des pièces en métal dont le diamètre ne dépasse pas 5 à 8 millimètres de diamètre.

Tour à révolver. — Ce tour doit être étudié et monté tout spécialement pour la fabrication prompte des pièces de robinetterie, des vis, des boulons, écrous et quantité d'autres pièces à prendre dans la barre ou à monter sur mandrins. Il doit également pouvoir recevoir des pièces de toutes formes.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tour en l'air. — Le tour en l'air (fig. 2) diffère du tour à pointes en ce que la pièce n'est plus reçue entre deux pointes, mais est fixée par l'intermé-

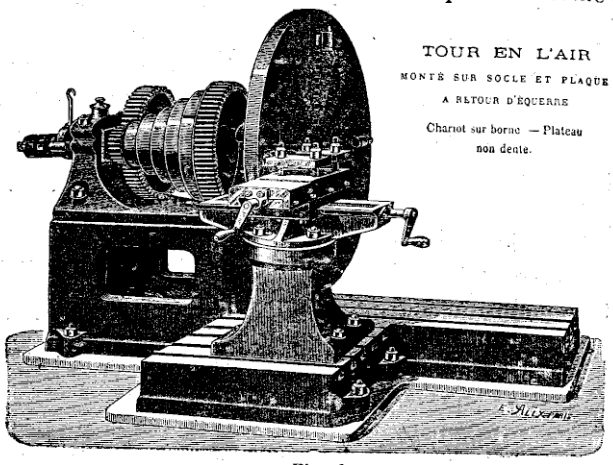


Fig. 2

diaire d'un mandrin à l'extrémité d'un arbre en fer, supporté ordinairement par un collet et une pointe.

Tour à plateau. — Ce tour est destiné à tourner les pièces d'un grand diamètre il est nécessaire alors de pouvoir obtenir des différences de vitesses beaucoup plus considérables que dans le *tour à engrenages.*

Le *tour à roues* (fig. 3) se compose d'une poupée fixe à triple harnais d'engrenages, munie d'un plateau denté se débrayant pour permettre d'isoler le triple harnais et de marcher à une plus grande vitesse pour aléser; d'une contre-pointe à fourreau et à plateau denté; de deux chariots très renforcés, dont un est muni d'un cliquet pour l'avancement auto-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

matique de l'outil et renvoi de mouvement à simple vitesse.

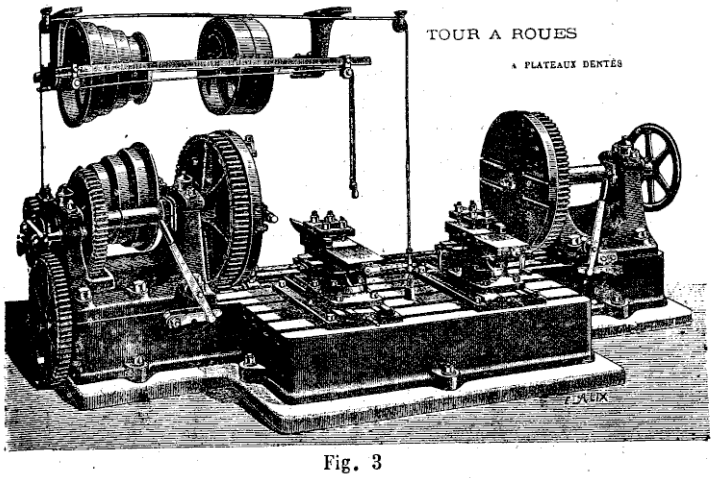


Fig. 3

Tours divers. — Parmi les tours d'un usage courant sont encore à signaler, le *tour au pied*, le *tour à fileter*, le *tour Colmant*, le *tour à décolleter*, le *tour ovale*, etc. Tous sont établis d'après les principes précédents, c'est pourquoi je ne m'y arrêterai pas, je me contenterai de terminer cet article par un simple mot sur le *tour à archet* sur lequel les apprentis doivent apprendre à travailler.

Tour à archet. — Le tour à archet est un petit tour qui se monte dans l'étau; on met entre pointes la pièce qu'on veut façonner avec son aide, puis, si la disposition de la pièce le permet et qu'on veuille obtenir un mouvement de rotation rapide, on entoure la pièce d'un ou deux tours de la corde de l'archet et on imprime alors à cette pièce, à l'aide de l'archet qui devra être tendu dans une certaine

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mesure, un mouvement de rotation alternatif déterminé par le va-et-vient de cet archet, qui devra agir de haut en bas et réciproquement. Cet archet doit être tenu de la main gauche, tandis que la main droite doit être armée d'un burin parfaitement affûté, dont la pointe seulement doit agir et être en contact avec la matière quand il s'agit de dégrossir une pièce et la mettre au rond ; tandis qu'il faut se servir de la face de l'outil pour lisser et finir toutes les parties lorsqu'on les a amenées tout près de leurs formes définitives.

Le mouvement rapide s'applique aux pièces de cuivre d'un petit diamètre, mais pour le fer et l'acier le mouvement doit être plus lent et alors on procède comme suit : Sur la pièce à façonner on monte une petite poulie de métal appelée cuivreau, cette poulie se sépare en deux parties égales, lesquelles sont maintenues par des vis donnant à ces deux parties toute facilité de s'écarter l'une de l'autre pour laisser passer et au besoin serrer entre elles la pièce que l'on veut mettre sur le tour. La pièce ainsi maintenue on la monte en pointes sur le tour, on fait passer avec un seul tour la corde de l'archet dans la gorge de la poulie, on obtient ainsi, à l'aide de cuivreaux de différents diamètres, la vitesse cherchée. Un autre genre de cuivreau est celui dit *à quatre vis*, qui est d'une seule pièce et percé dans son centre d'un trou d'assez grande dimension par rapport au diamètre extérieur. A l'axe de ce trou vient aboutir quatre vis d'acier montées quadrangulairement. Comme dans le mandrin de la figure 7, page 592. Ces vis sont taraudées dans le corps du cuivreau, dont une partie sur le sens de l'épaisseur a été diminuée cylindriquement pour les recevoir, tandis que l'autre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

partie porte la gorge dans laquelle se meut la corde de l'archet.

Le mode de montage de la pièce à tourner avec petit appareil, est identique à celle indiquée plus haut.

Tourillons. On donne le nom de tourillons aux parties à l'aide desquelles un arbre s'appuie et tourne dans ses supports. Sur l'arbre auquel il appartient, le tourillon peut occuper diverses positions; il peut être placé tout-à-fait à son extrémité et lui être relié que d'un seul côté ; il peut se trouver dans le milieu et alors lui être relié par ses deux côtés.

On peut donc diviser les tourillons en deux catégories qui sont les tourillons d'*extrémités* (fig. 1), et les tourillons *intermédiaires* (fig. 2).

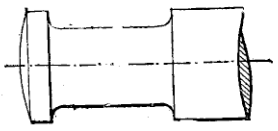


Fig. 1

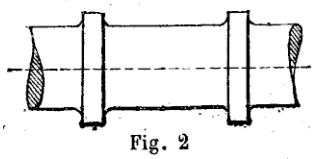


Fig. 2

Les tourillons d'extrémités se subdivisent en tourillons à *pression transversale* tels que les tourillons extrêmes des arbres ordinaires et en tourillons à *pression longitudinale*, tels que les pivots.

Les tourillons intermédiaires se subdivisent également en tourillons à pression *transversale* tel est le cas d'un tourillon situé au milieu d'un arbre ordinaire et en tourillon à pression *longitudinale*, tel est le cas du tourillon de l'arbre d'un bateau à hélice.

Tournage. Celui qui veut devenir tourneur doit commencer à conduire une machine à percer, à raboter, à mortaiser, à tarauder, etc., et finalement un tour. Il doit s'habituer à tracer, à ajuster,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à l'affûtage des outils, à apprendre leur nom, à les confectionner, à raccommoder les courroies, à examiner les pièces qui lui sont données, les défauts qu'elles ont ou pourraient avoir, s'il y a suffisamment de matière à prendre, le moyen d'y remédier, tourner au crochet et planer le plus souvent possible. En un mot profiter de tout ce qui peut l'initier, et recevoir les explications des chefs, des plus anciens ouvriers, et même quelquefois des plus jeunes qui sont plus au courant, sans jamais contredire personne, quitte à en faire son profit, plutôt que de vouloir paraître trop avancé et alors être rebuté. Son tour doit être entretenu proprement, graissé à point et tous ses outils rangés avec ordre et symétrie.

La première chose qu'il faut envisager en présence d'un tour c'est de se rendre compte de ses défauts, de trouver le moyen d'y remédier, en un mot de se familiariser avec l'outil.

A-t-on une pièce cylindrique à tourner, on en monte une autre en pointes, qui soit tournée, et on la chariote à blanc dans toute sa longueur, autrement si l'on a qu'une pièce brute à sa disposition, on en tourne d'abord une extrémité, on repère la manivelle sur la vis du chariot, ensuite on tourne l'autre extrémité jusqu'au repère, si les deux parties tournées sont de même diamètre la poupée mobile est bien, dans le cas contraire on la règle en conséquence pour ne pas être obligé de tâtonner continuellement.

Une pièce à tourner doit toujours être centrée convenablement et bien d'équerre pour obtenir un bon travail, les pointes ne doivent jamais porter dans le fond du centre mais toujours sur la fraisure.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En passant je dirai que l'on désigne sous le nom de *lunette* une potence destinée à soutenir les pièces montées sur le tour à pointes ; quand elles sont de faibles dimensions, la lunette se fixe d'ordinaire sur un support à chariot et se transporte avec lui. On se sert de lunettes de différents diamètres suivant les pièces à travailler, quelquefois les lunettes sont composées de trois ou quatre pièces d'acier, qu'on éloigne ou qu'on rapproche à égale distance de la ligne des pointes au moyen de vis, et qui s'appuient sur l'arbre à tourner ; par cette disposition la même lunette est applicable à différents diamètres. Dans les moments de presse, on remplace les lunettes de métal par des lunettes en bois.

Les deux pointes d'un tour doivent être semblables et celle de la poupée mobile seule doit être trempée et revenue jaune paille.

Quand l'on serre une pièce sur le plateau, on doit s'assurer qu'elle est d'équerre dans tous les sens et ne pas la serrer trop fort pour ne pas faire ployer le plateau, sinon on obtiendrait un travail défectueux, dans un cas semblable si le plateau ne tourne pas au rond, il faut le redresser à l'outil, si cela est nécessaire.

Si l'on se sert de lunettes soit fixe ou mobile, il faut bien s'assurer que la pièce est toujours bien centrée.

Pour redresser au tour un arbre faussé, on le met en pointes, la partie bombée en dessous et à l'aide d'un levier on fait une pesée ou on frappe dessus pour le faire rentrer en changeant tant soit peu chaque effort de place et en ayant soin si la pièce est tournée, d'interposer entre elle et le levier une feuille de cuivre rouge. Si l'arbre possède une rai-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nure et qu'il soit faussé dans le sens de cette rainure, on peut se servir d'un matoir.

Comme règle générale un tourneur, doit tenir son tour dans un état de propreté constant, ne jamais frapper sur le banc, sur les pièces du tour, ni sur celles montées pour travailler. Il doit toujours avoir au moins deux outils semblables par série, pour éviter les pertes de temps, s'initier à trouver les pas de filetage et surtout ne jamais embrayer les engrenages en marche.

Disposition permettant de tourner cône une colonne sur un tour parallèle.

Soit : une colonne A ayant deux mètres de longueur et comme base 170 et 200, c'est-à-dire une différence de diamètre de 30 millimètres sur la

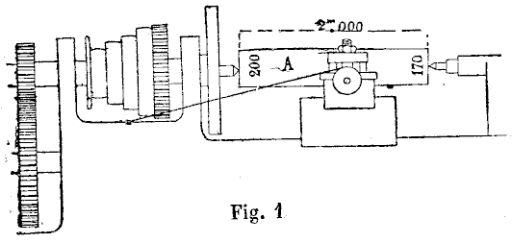


Fig. 1

hauteur totale. Je cherche d'abord le pas de la vis transversale du chariot, soit 5 millimètres par exemple. Cette vis devra donc faire trois tours pour obtenir un avancement transversal de 15 millimètres pour deux mètres de course fait par le chariot, ces 15 millimètres correspondent à un diamètre plus petit de 30 millimètres qu'au point de départ, côté du plateau. Connaissant le nombre de tours de la vis, il faut savoir maintenant le diamètre à donner à la poulie que l'on applique à la vis trans-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

versale et qui doit fonctionner à l'aide d'un fil de fer enroulé sur cette poulie et fixé par un bout, ou après la poupée fixe ou après le banc pour faire résistance à ce bout et qui se déroule proportionnellement en faisant tourner la poulie progressivement avec l'avance du chariot de façon à obtenir le développement de deux mètres dans les trois tours que la poulie doit faire pour obtenir l'avancement de 15 millimètres.

Comme opération à faire, on divise $2^{m},00$ par 3 tours, ce qui donne 0,666 de développement pour un tour de poulie; 0,666 divisé par 3,14 donne le diamètre de la poulie = 0,21210, mais de ce diamètre il faut déduire la valeur du diamètre du fil de fer employé, soit par exemple un millimètre et demi, on a donc 0,2121 — 0,0015 = 0,2106 diamètre exact à donner à la poulie.

L'outil doit toujours avancer de la grande base du cône vers la petite pour éviter de plonger.

Si la grande base ne peut être placée du côté du plateau pour une raison quelconque, on la place du côté de la poulie mobile, l'outil devra marcher à l'opposé que précédemment, c'est-à-dire toujours de la grande vers la petite base et le fil de fer devra également être fixé du côté de la poupée mobile.

Il peut se présenter que la poulie soit trop grande pour pouvoir être montée sur la vis, dans ce cas on peut employer le moyen suivant:

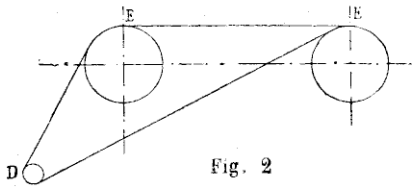


Fig. 2

On se sert d'une poulie d'un diamètre moitié plus petit qu'elle

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

devrait avoir et on attache le fil de fer au chariot en ayant soin de placer une poulie guide en D (fig. 2). De cette façon la poulie E se développe une fois plus vite puisque le chariot entraîne également le fil et l'on obtient ce que l'on désire.

Pour un cône très sérieux on peut disposer le fil de fer horizontalement dans ce cas il se développe également, tandis que lorsqu'il est oblique ce développement n'est pas uniforme pour un motif bien simple, c'est que le chariot étant à une extrémité du tour, le fil est court et la naissance du contact a lieu bien en avant du centre, tandis qu'à l'autre extrémité il vient au centre, de là une perte sensible en avançant, mais pourtant réelle.

Tourne-à-gauche. Le tourne-à-gauche est un outil qui affecte différentes formes (fig. 1 à 4) et

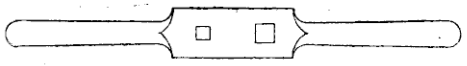


Fig. 1

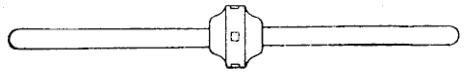


Fig. 2

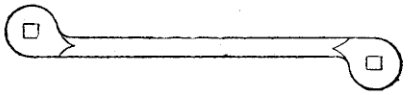


Fig. 3

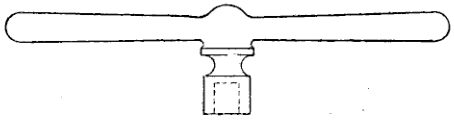


Fig. 4

dimensions, pour lesquelles on doit suivre l'usage auquel il est destiné, mais qui en somme est principalement employé à tarauder, à aléser à la main, etc. Il doit être fait en fer de bonne qualité,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cémenté, trempé et poli. Il est muni d'un ou plusieurs trous ajustés librement et sans jèu d'après les dimensions des têtes de tarauds et alésoirs.

Tournevis. Cet outil (fig. 1 à 6) est employé pour serrer ou desserrer les vis qui possèdent une rainure sur la tête.

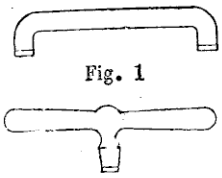


Fig. 1

Fig. 2

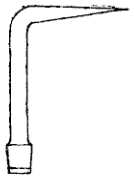


Fig. 3



Fig. 4



Fig. 5



Fig. 6

Il doit être confectionné de façon à ne pas faire de bavures à la vis en s errant ou desserrant, c'est-à-dire que la lame qui entre dans la rainure doit être très peu conique sur son épaisseur avec angle abattu à l'extrémité. Pour bien faire il doit toujours être en acier trempé bleu à l'extrémité.

Traçage. Le traçage a pour but de vérifier, de tracer, en un mot de préparer aux dimensions voulues les pièces d'après des dessins, des croquis on des modèles.

Avant de tracer une pièce, il faut la passer au blanc à l'aide d'une petite brosse (vulgairement appelée pinceau), partout, si elle est de faibles dimensions, et rien qu'aux endroits où elle doit être travaillée si elle est d'un certain volume.

Le traçage est un travail d'attention soutenue, il doit pour se faire dans de bonnes conditions, être confié à un homme sérieux, un peu au courant de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

toutes les parties pratiques de la mécanique, c'est-à-dire qui connaisse le dessin pratique, le modelage, la fonderie, la forge, l'ajustage, le tour, le montage, etc., de façon à pouvoir envisager à première vue si le cas se présente, les défauts d'une pièce et le moyen de pouvoir y remédier, en prenant toujours, bien entendu, l'avis de son supérieur.

Le traçage se fait généralement sur un marbre en fonte, quelque fois en fer; bien dressé, bien de niveau dans tous les sens et possédant souvent un réseau de lignes fines parallèles aux bords et distantes de un ou deux décimètres, de manière à former une série de quadrilatères réguliers.

Le traceur est souvent conduit à se servir du niveau d'eau ou du fil à plomb pendant l'opération du traçage sur le marbre fixe, c'est pourquoi il est indispensable que la surface de ce dernier soit parfaitement dressée et bien horizontale, et de temps à autre à l'aide du niveau d'eau, il est bon de s'assurer que cette horizontalité n'a pas variée.

Le traceur doit toujours avoir à sa disposition: du blanc à l'essence avec une petite brosse, plusieurs trusquins, équerres simples et à chapeau, règles, pointeaux de différents types, pointes à tracer, supports de reproduction de hauteur, des cales à tracer, un niveau, un fil à plomb, des simbleaux de différents diamètres, etc., tout cela pour éviter des pertes de temps inutiles.

Le principe du traçage consiste à répartir régulièrement la matière à enlever si la pièce est forgée près de la lime ou si elle est venue de fonte assez juste; ou bien s'il y a de la matière en quantité et que rien ne nuise à la symétrie de la pièce, on peut s'arranger à dégrossir plus d'un côté que de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre, en somme c'est une question d'expérience, qui souvent est un bénéfice réel de main-d'œuvre. Les traits de traçage se repèrent au moyen de petits coups de pointeau pour les lignes et de coups de pointeau plus accentués pour les centres.

Si, il manque de la matière dans un endroit, on doit chercher par tous les moyens de traçage à y remédier, de façon à ne pas voir autant que possible une fois la pièce terminée, ce que l'on appelle du *feu*.

A-t-on une pièce qui tout étant tracée avec le plus de justesse possible, présente du feu ou du gauche qui ne devrait pas exister, il faut l'étudier et voir si en la redressant ou en la dégauchissant à chaud, il ne serait pas facile de la faire servir sans apparence défectueuse.

A-t-on une pièce à tracer, il faut d'abord en déterminer les centres extrêmes en passant la pointe du trusquin dans toute la longueur, s'assurer que la matière reste en quantité suffisante, sinon on la relève d'un côté ou de l'autre à la demande, on trace un trait vertical et un trait horizontal à chaque extrémité suivant son axe, ce dernier trait doit être continué tout autour de la pièce et sert de point de départ pour le traçage définitif, ou pour m'expliquer pratiquement, on détermine en pointes le trait carré, qui facilite beaucoup le traçage s'il est nécessaire de faire faire un quart de tour à la pièce.

On peut également projeter l'axe trouvé sur le marbre, tracer sur ce dernier d'après la ligne d'axe, les distances utiles et les reporter ensuite sur la pièce elle-même au moyen de l'équerre. On procède de la même façon sur le support à reproduction, mais

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

avec le trusquin. En suivant ces principes on est certain d'arriver d'équerre et juste.

Il peut se présenter que l'on ait à tracer des pièces embarrassantes qui ne puissent être placées sur un marbre, tel qu'un bâti par exemple, on procède alors de la façon suivante : Se basant sur les parties principales, on met la pièce bien de niveau et à l'aide de règles bien de niveau par rapport à la pièce elle-même, on trace au trusquin, à l'équerre, au cordeau et au fil à plomb suivant la nécessité.

Avant de commencer à tracer une pièce, il faut pour éviter toute perte de temps et toute erreur, vérifier si les cotes de détail correspondent bien avec les cotes d'ensemble, dans le cas contraire il faut le signaler. Il faut faire de même pour une pièce de fonderie en ce qui concerne une défectuosité qui pourrait entraîner son rebut, et ne pas la laisser tourner, raboter, etc., sans prendre l'avis d'un supérieur, si la pièce est mauvaise c'est déjà assez, sans y ajouter de la main-d'œuvre inutile.

Il peut se faire qu'une pièce possède une paille ou une fissure guère apparente, il faut également prévenir un supérieur qui fera examiner en chauffant au rouge la pièce, si la paille ou la fissure est superficielle ou profonde. La valeur de ces défectuosités se constate très bien par la différence de couleur que possède les deux parties d'une pièce ainsi traitée.

Traction (voir *Résistance des Matériaux*).

Trait carré. On désigne vulgairement sous le nom de trait carré une ligne droite qui coupe une autre ligne droite et qui lui est perpendiculaire.

Soit la ligne AB (fig. 1) sur laquelle il s'agit de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

déterminer le trait carré. De ses extrémités A et B et d'une ouverture de compas plus grande que la moitié de la ligne, on décrit des arcs de même rayon qui se coupent en C et en D, on tire la droite

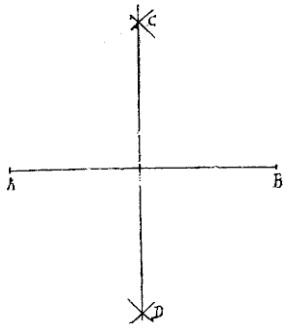


Fig. 1

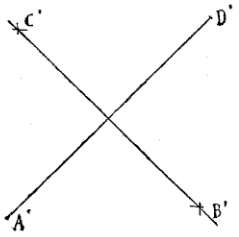
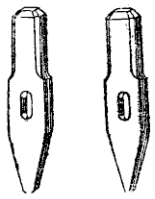


Fig. 2

CD, elle sera la perpendiculaire qui formera le trait carré demandé, de plus elle partagera la ligne AB en deux parties égales.

Pour une ligne oblique (fig. 2) A'D' on procède de même (voir *Perpendiculaires).*

Tranche. La tranche est un outil de forge destiné à couper les métaux, spécialement le fer ou l'acier. La tranche *à froid* (fig. 1) doit posséder un angle de coupe presque droit, tandis que la tranche *à chaud* (fig. 2) ne présente rien de particulier par rapport à la première, sinon que son tranchant doit avoir la forme d'un angle aigu.


Fig. 1 Fig. 2

Ces deux tranches se trempent comme un burin, la seule particularité pour la tranche à chaud, c'est en service d'en plonger le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tranchant dans l'eau de temps à autre pour éviter qu'elle se détrempe.

Tranchet d'enclume. Le tranchet d'enclume est un outil qui ressemble un peu au casse-fer, d'après certaine de ses parties. Il possède également une soie destinée à le fixer sur l'enclume et un tranchant qui doit avoir le même angle de coupe et être trempé dans les mêmes conditions que la tranche à froid.



Aujourd'hui on le fait généralement tout en acier.

Transmission. Les principales conditions à remplir pour obtenir une bonne transmission, c'est d'agir 1° avec le moindre frottement; 2° d'agir avec le plus de régularité possible.

On distingue deux sortes de transmission, la transmission *principale* qui reçoit directement son mouvement du moteur et la transmission *intermédiaire* qui reçoi tson mouvement de la précédente.

L'une et l'autre affectent différentes positions suivant les besoins, elles peuvent être parallèles ou obliques.

La poulie qui transmet le mouvement prend le nom de *poulie motrice*, et l'autre *poulie conduite*.

Si la rotation des deux axes doit toujours avoir lieu dans le même sens, on dispose les brins de la

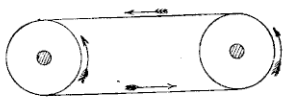


Fig. 1

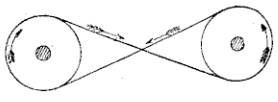


Fig. 2

courroie suivant les tangentes extérieures (fig. 1) aux circonférences des deux poulies; dans le cas

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

contraire la courroie devra être dirigée suivant les tangentes intérieures (fig. 2), ce dernier cas est encore employé pour donner plus de surface d'entraînement et pour des courroies marchant dans le sens vertical afin d'éviter autant que possible le vide A qui ne tarde pas à se produire à la partie inférieure (fig. 3) au bout d'un peu de temps de marche.

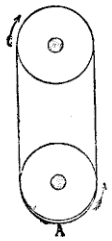


Fig. 3

Les transmissions parallèles doivent être montées parallèlement et bien de niveau l'une par rapport à l'autre, et leur arbre tourné bien cylindrique pour permettre la vérification ci-dessus et la mise en place et le démontage des poulies. Après la rainure faite, on emmanche la poulie, on met une fausse clavette, et on vérifie sur le tour ou autrement si la poulie ne tourne pas avec du faux rond ce qui expose à fatiguer et même à rompre l'arbre.

Pour monter ou vérifier une transmission principale ou intermédiaire, on commence d'abord avec le niveau par vérifier celle du haut, ou on en détermine la position au moyen d'un tracé d'axe fait avec le cordeau, tracé que l'on vérifie également avec le niveau; après quoi, en suivant la marche indiquée par la figure 4, on détermine l'axe de l'arbre infé-

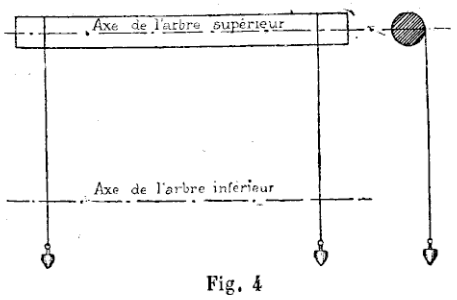


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rieur et l'on vérifie au moyen du niveau pour transmission ou à son défaut, on suit le procédé indiqué par la figure 5, qui consiste à employer deux tringles exactement semblables suspendues à chaque extrémité de l'arbre supérieur, à l'aide d'une règle et du niveau à la partie inférieure, on s'assure si la transmission est établie dans de bonnes conditions et on règle la place définitive qu'elle doit occuper. La position ou la vérification des poulies se détermine à l'aide du fil à plomb. Si les transmissions sont à la même hauteur le principe reste le même et comme établissement et comme vérification.

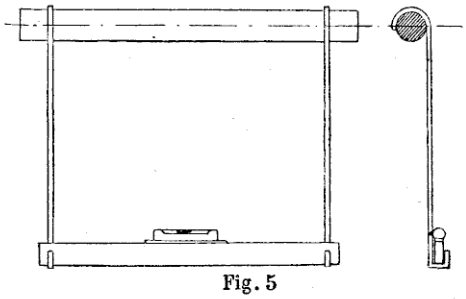


Fig. 5

Dans le cas où il se présente plusieurs poulies cônes à placer sur l'arbre principal, il faut bien faire attention à les placer symétriquement, c'est-à-dire tous les gros diamètres du même côté, de même qu'entre deux poulies de commandes différentes, il faut laisser au moins l'espace de la largeur d'une courroie, pour qu'au cas où cette dernière vient à tomber, elle ne s'engage pas et soit facile à retirer.

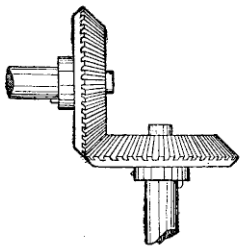


Fig. 6

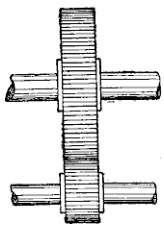


Fig. 7

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut également autant que possible ne pas laisser substituer de têtes de clavettes, elles doivent être coupées aussitôt le clavetage définitif terminé.

Dans une transmission par engrenage (fig. 6 et 7) si l'on veut obtenir un frottement doux et n'entendre pour ainsi dire aucun bruit il faut que l'une des deux roues possède des dents en bois.

Les figures 8 et 9 donnent différents genres de transmission par courroie.

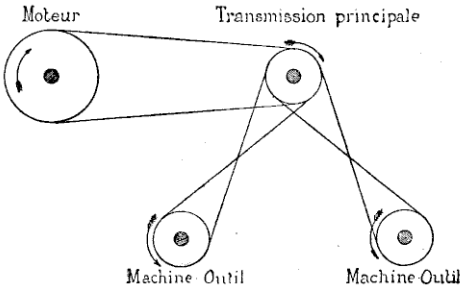


Fig. 8

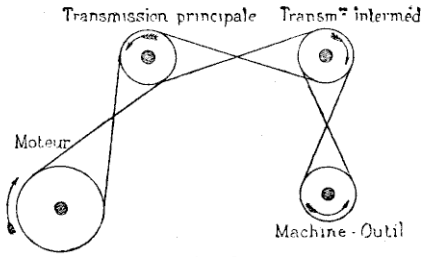
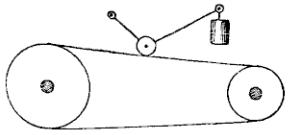
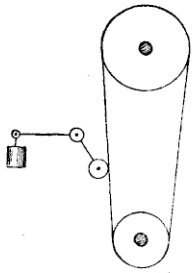


Fig. 9

Quand la tension des courroies est insuffisante pour déterminer le mouvement, on emploie quelquefois uu rouleau de tension (fig. 10 et 11) qui détermine une pression convenable.


Fig. 10


Fig. 11

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 12 indique une transmission avec changement de vitesse.

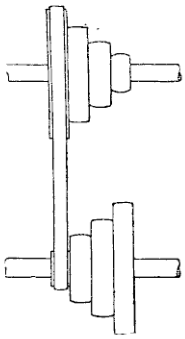


Fig. 12

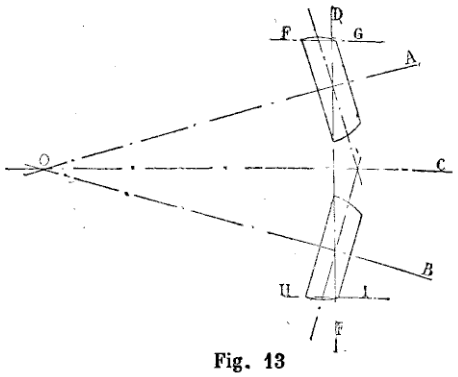


Fig. 13

Il peut se présenter que l'on ait à faire une transmission oblique par courroie (fig. 13). Pour cela on détermine la position réelle des arbres A et B, l'angle formé se divise en deux parties par la droite OC, on mène la perpendiculaire DE et on trace les diamètres des poulies FG et HI parallèles à OC. Le cône de chaque poulie se trouve ainsi déterminé.

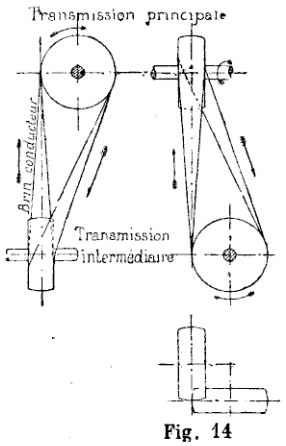


Fig. 14

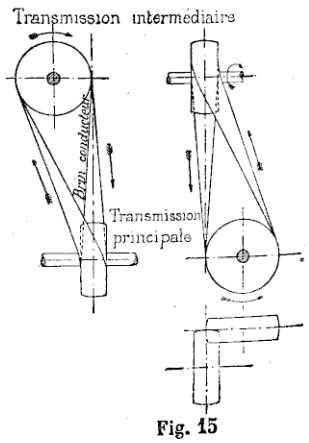


Fig. 15

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Transmission d'équerre commandée par le haut (fig. 14).

Transmission d'équerre commandée par le bas (fig. 15).

Joint universel. — Le joint universel appelé joint de *Cardan* ou joint *Hooke* (fig. 16), est un organe employé pour transmettre le mouvement de rotation d'un arbre à un autre arbre faisant avec le premier un certain angle.

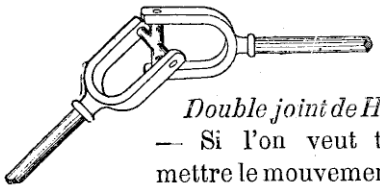


Fig. 16

Double joint de Hooke. — Si l'on veut transmettre le mouvement entre deux axes se coupant sous un angle inférieur à 135° et dont les extrémités sont trop rapprochés pour permettre l'emploi d'un axe intermédiaire, on peut utiliser de la disposition appelée double joint de Hooke (fig. 17).

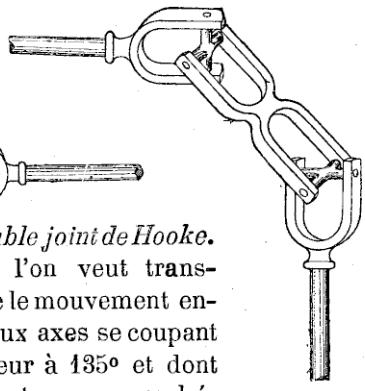


Fig. 17

Ce double joint n'est autre chose que l'axe intermédiaire réduit aux deux fourches qui le terminent ; il donne le moyen de transmettre le mouvement quelque soit l'angle formé par les deux axes.

En disposant la double fourche de façon que son axe fasse des angles égaux avec les deux autres, le mouvement se transmet avec rapport constant de vitesses angulaires.

(Voir *Manchon universel* et *Poulies*, syst. *Piat*).

Transmission par cordes. — Dans les transmis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sions par cordes ou câbles (fig. 18), les poulies étant à gorge, le montage peut être fait en employant moins de précaution que pour les précédentes, mais enfin il est préférable tant au point de vue de la bonne exécution, que d'une dépense de frottement et d'usure inutiles, de les établir convenablement.

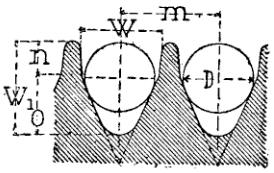
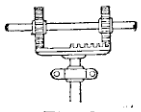


Fig. 18

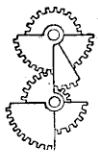
Quand la tension des cordes est insuffisante on peut également avoir recours à un rouleau de tension.

Transmissions diverses (Principales):

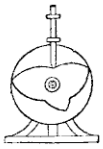
Mouvement de rotation continu (fig. 1) d'un arbre vertical et d'une roue partiellement dentée ne transmettant qu'un mouvement alternatif à l'arbre horizontal.


Fig. 1

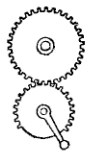
Disposition d'engrenage (fig. 2) permettant d'obtenir des vitesses variables.

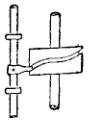

Fig. 2

Roues à cames (fig. 3) donnant à une tige des mouvements de va-et-vient semblables ou variés.


Fig. 3

Roue dentée en partie (fig. 4), possédant un mouvement de rotation continu et ne transmettant à son engrenage qu'un mouvement de rotation intermittent.


Fig. 4


Fig. 5

Mouvement de rotation continu (fig. 5) se transforme en mouvement alternatif rectiligne et uniforme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Transmission du mouvement (fig. 6) à un arbre formant angle droit avec un autre dont l'axe est dans le même plan.

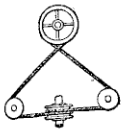


Fig. 6

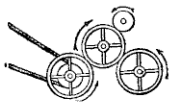


Fig. 7

Transmission par frottement (fig. 7). Dans le cas où l'adhésion n'est pas assez grande, il est facile de l'augmenter avec des bandes de caoutchouc.

Procédé pour obtenir un mouvement alternatif rectiligne (fig. 8) au moyen d'un mouvement de rotation continu, l'arbre devant tourner dans le sens de la flèche.

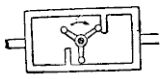


Fig. 8

Disposition d'engrenages (fig. 9) permettant de transmettre le mouvement à des arbres dont la direction varie.

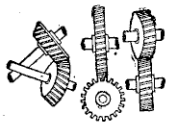


Fig. 9

Disposition permettant de donner deux vitesses différentes à deux roues (fig. 10) qui sont sur le même arbre fixe.

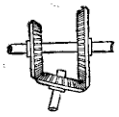


Fig. 10

Combinaison d'engrenages elliptiques et rectangulaires (fig. 11) qui permet d'obtenir des vitesses variables.

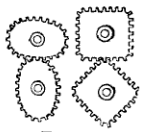


Fig. 11

Combinaison d'engrenages (f. 12) qui permet d'obtenir une vitesse de rotation qui augmente graduellement.

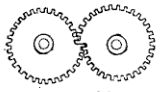


Fig. 12

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Jointure sphérique (fig. 13) qui permet de donner diverses directions à deux arbres qui ne sont pas en ligne droite.

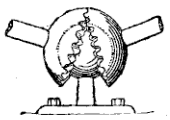


Fig. 13

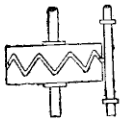


Fig. 14

Disposition (fig. 14) qui permet à un seul tour de roue de communiquer à la tige un nombre voulu de va-et-vient dans le même temps ou dans des temps différents.

Disposition qui permet d'obtenir des vitesses variables (fig. 15). La roue conique A est dentée, tandis que la rone B possède des chevilles en saillie. D'après la disposition des chevilles, on donne à la roue A différentes vitesses.

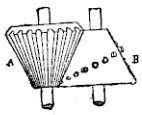


Fig. 15

Combinaison (fig. 16) qui permet en faisant avancer ou reculer la pièce BB au moyen du levier A, de donner à la roue C et à son arbre un mouvement de rotation à droite ou à gauche.

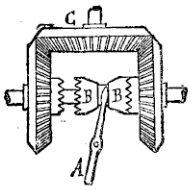


Fig. 16

Mouvement de va-et-vient (fig. 17) obtenu à l'aide d'un pignon contournant un engrenage elliptique en glissant dans une rainure.

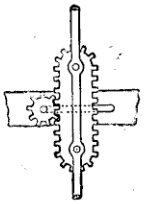


Fig. 17

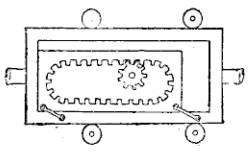


Fig. 18

Mouvement de va-et-vient (fig. 18) obtenu à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'aide d'un pignon fixe. L'engrenage elliptique est mobile et transmet son mouvement au cadre rectangulaire.

Travail consommé dans les ateliers de construction de machines en employant la transmission. Pour une évaluation rapide de la dépense de travail exigée par les machines à travailler les métaux, on pourra admettre les nombres suivants, exprimés en *poncelets*.

	Machines légères	Machines de moyenne force	Fortes machines
Tours.	0,3 à 0,45	0,45 à 0,75	0,75 à 2,2
Machines à percer . .	0,07 à 0,22	0,22 à 0,40	0,37 à 0,75
» à raboter. .	0,015 à 0,03	0,45 à 0,75	0,75 à 1,85
» à fraiser. .	0,07 à 0,22	0,22 à 0,50	— —
Cisailles et poinçonneuses.	0,22 à 0,60	0,75 à 2,20	2,20 à 6,00
Machines à tarauder et fileter	— —	0,35 à 1,10	— —
Machine à aiguiser et à polir	0,22 à 0,60	0,75 à 2,20	2,10 à 3,75

Travail (*Loi concernant l'hygiène et la sécurité des Travailleurs dans les Etablissements industriels*, du 12 juin 1893, promulguée au *Journal Officiel* du 13 juin 1893).

Le Sénat et la Chambre des députés ont adopté,

Le Président de la République promulgue la loi dont la teneur suit :

Article premier. - Sont soumis aux dispositions de la présente loi les manufactures, fabriques, usines, chantiers, ateliers de tout genre et leurs dépendances.

Sont seuls exceptés les établissements où ne sont employés que les membres de la famille, sous l'autorité, soit du père, soit de la mère, soit du tuteur.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Néanmoins, si le travail s'y fait à l'aide de chaudière à vapeur ou de moteur mécanique, ou si l'industrie exercée est classée au nombre des établissements dangereux ou insalubres; l'inspecteur aura le droit de prescrire les mesures de sécurité et de salubrité à prendre conformément aux dispositions de la présente loi.

2. Les établissements visés à l'article premier doivent être tenus dans un état constant de propreté et présenter les conditions d'hygiène et de salubrité nécessaire à la santé du personnel.

Ils doivent être aménagés de manière à garantir la sécurité des travailleurs. Dans tout établissement fonctionnant par des appareils mécaniques, les roues, les courroies, les engrenages ou tout autre organe pouvant offrir une cause de danger seront séparés des ouvriers, de telle manière que l'approche n'en soit possible que pour les besoins du service. Les puits, trappes et ouvertures doivent être clôturés.

Les machines, mécanismes, appareils de transmission, outils et engins doivent être installés et tenus dans les meilleures conditions possibles de sécurité.

Les dispositions qui précèdent sont applicables aux théâtres, cirques, magasins et autres établissements similaires où il est fait emploi d'appareils mécaniques.

3. Des règlements d'administration publique, rendus après avis du comité consultatif des arts et manufactures, détermineront :

1° Dans les trois mois de la promulgation de la présente loi, les mesures générales de protection et de salubrité applicables à tous les établissements assujettis, notamment en ce qui concerne l'éclairage, l'aération ou la ventilation, les eaux potables, les fosses d'aisances, l'évacuation des poussières et vapeurs, les précautions à prendre contre les incendies, etc. ;

2° Au fur et à mesure des nécessités constatées, les prescriptions particulières relatives, soit à certaines industries, soit à certains modes de travail,

Le comité consultatif d'hygiène publique de France sera appelé à donner son avis en ce qui concerne les règlements généraux prévus au paragraphe 2 du présent article.

4. Les inspecteurs du travail sont chargés d'assurer l'exécution de la présente loi et des règlements qui y sont prévus ; ils ont entrée dans les établissements spécifiés à l'article premier et au dernier paragraphe de l'article 2, à l'effet de procéder à la surveillance et aux enquêtes dont ils sont chargés.

5. Les contraventions sont constatées par les procès-verbaux des inspecteurs, qui font foi jusqu'à preuve contraire.

Les procès-verbaux sont dressés en double exemplaire, dont l'un est envoyé au préfet du département et l'autre envoyé au parquet.

Les dispositions ci-dessus ne dérogent point aux règles du droit

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

commun quant à la constatation et à la poursuite des infractions commises à la présente loi.

6. Toutefois, en ce qui concerne l'application des règlements d'administration publique prévus par l'article 3 ci-dessus, les inspecteurs, avant de dresser procès-verbal, mettront les chefs d'industrie en demeure de se conformer aux prescriptions dudit règlement.

Cette mise en demeure sera faite par écrit sur le registre de l'usine ; elle sera datée et signée, indiquera les contraventions relevées et fixera un délai à l'expiration duquel ces contraventions devront avoir disparu. Ce délai ne sera jamais inférieur à un mois.

Dans les quinze jours qui suivent cette mise en demeure, le chef d'industrie adresse, s'il le juge convenable, une réclamation au ministre du commerce et de l'industrie. Ce dernier peut, lorsque l'obéissance à la mise en demeure nécessite des transformations importantes portant sur le gros œuvre de l'usine, après avis conforme du comité des arts et manufactures, accorder à l'industriel un délai dont la durée, dans tous les cas, ne dépasse jamais dix-huit mois.

Notification de la décision est faite à l'industriel dans la forme administrative ; avis en est donné à l'inspecteur.

7. Les chefs d'industrie, directeurs, gérants ou préposés, qui auront contrevenu aux dispositions de la présente loi des règlements d'administration publique relatifs à son exécution seront poursuivis devant le tribunal de simple police et punis d'une amende de cinq à quinze francs (5 à 15 fr.). L'amende sera appliquée autant de fois qu'il y aura de contraventions distinctes constatées par le procès-verbal, sans toutefois que le chiffre total des amendes puisse excéder deux cents francs (200 fr.).

Le jugement fixera, en outre, le délai dans lequel seront exécutés les travaux de sécurité et de salubrité imposée par la loi.

Les chefs d'industrie sont civilement responsables des condamnations prononcées contre leurs directeurs, gérants ou préposés.

8. Si, après une condamnation prononcée en vertu de l'article précédent, les mesures de sécurité ou de salubrité imposées par la présente loi ou par les règlements d'administration publique n'ont pas été exécutés dans le délai fixé par le jugement qui a prononcé la condamnation, l'affaire est, sur un nouveau procès-verbal, portée devant le tribunal correctionnel, qui peut, après une nouvelle mise en demeure restée sans résultat, ordonner la fermeture de l'établissement.

Le jugement sera susceptible d'appel ; la cour statuera d'urgence.

9. En cas de récidive, le contrevenant sera poursuivi devant le tribunal correctionnel et puni d'une amende de cinquante à cinq

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cents francs (50 à 500 fr.) sans que la totalité des amendes puisse excéder deux mille francs (2.000 fr.).

Il y a récidive lorsque le contrevenant a été frappé, dans les douze mois qui ont précédé le fait qui est l'objet de la poursuite, d'une première condamnation pour infraction à la présente loi ou aux règlements d'administration publique relatifs à son exécution.

10. Les inspecteurs devront fournir, chaque année, des rapports circonstanciés sur l'application de la présente loi dans toute l'étendue de leurs circonscriptions. Ces rapports mentionneront les accidents dont les ouvriers auront été victimes et leurs causes. Ils contiendront les propositions relatives aux prescriptions nouvelles qui seraient de nature à mieux assurer la sécurité du travail,

Un rapport d'ensemble, résumant ces communications, sera publié tous les ans par les soins du ministre du commerce et de l'industrie.

11. Tout accident ayant causé une blessure à un ou plusieurs ouvriers, survenu dans un des établissements mentionnés à l'article premier et au dernier paragraphe de l'article 2, sera l'objet d'une déclaration par le chef de l'entreprise ou, à son défaut et en son absence par le préposé.

Cette déclaration contiendra le nom et l'adresse des témoins de l'accident ; elle sera faite dans les quarante-huit heures au maire de la commune, qui en dressera procès-verbal dans la forme à déterminer par un règlement d'administration publique. A cette déclaration sera joint, produit par le patron, un certificat du médecin indiquant l'état du blessé, les suites probables de l'accident et l'époque à laquelle il sera possible d'en connaître le résultat définitif.

Récépissé de la déclaration et du certificat médical sera remis, séance tenante, au déposant. Avis de l'accident est donné immédiatement par le maire à l'inspecteur divisionnaire du département.

12. Seront punis d'une amende de cent à cinq cents francs (100 à 500 fr.) et en cas de récidive, de cinq cents à mille francs (500 à 1.000 fr.) tous ceux qui auront mis obstacle à l'accomplissement des devoirs d'un inspecteur.

Les dispositions du Code pénal qui prévoient et répriment les actes de résistance, les outrages et les violences contre les officiers de la police judiciaire sont, en outre, applicables à ceux qui se rendront coupables de faits de même nature à l'égard des inspecteurs.

13. Il n'est rien innové quant à la surveillance des appareils à vapeur.

14. L'article 463 du Code pénal est applicable aux condamnations prononcées en vertu de la présente loi.

15. Sont et demeurent abrogées toutes les dispositions des lois et règlements contraires à la présente loi.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La présente loi, délibérée et adoptée par le Sénat et par la Chambre des députés, sera exécutée comme loi de l'Etat.

Fait à Paris, le 12 juin 1893.

Signé; CARNOT.

Le Garde des sceaux, Ministre de la justice,
Signé : E. GUÉRIN.

Le Ministre du commerce, de l'industrie et des colonies,
Signé : TERRIER.

Tréfiler. Le tréfilage a pour but de passer un métal à la filière et de le réduire en fils plus ou moins minces. Les métaux à travailler sont attirés ou par un cylindre sur lequel ils s'enroulent ou au banc. Dans ce dernier cas, la pièce étirée reste droite et peut être employé comme pièce mécanique, dans le premier cas, qui est plus spécialement celui du fil de fer, on peut non seulement tréfiler des pièces lisses et à rainures, mais même des pièces possédant des moulures. Ces dernières s'obtiennent à l'aide de galets incrustés en acier fondu et montés rigidement ou encore en acier sauvage, c'est-à-dire en acier de forge extrêmement dur, tandis que la filière qui est utilisée pour le fil de fer fin est tout simplement une plaque d'acier d'environ 12 millimètres d'épaisseur. Pour les fils plus gros, c'est une plaque creuse en fer forgé, dans laquelle on fond de l'acier ordinaire, et que l'on perce ensuite à chaud avec des poinçons coniques d'une suite de trous également coniques dont les diamètres vont en décroissant et l'on fait entrer le fil par le grand côté du cône. Afin que le trou conserve sa rondeur, de laquelle dépend la forme du fil, il est nécessaire que la plaque d'acier soit très dure. L'angle du cône doit être très aigu, afin que la compression du métal et sa réduction au diamètre voulu soient mieux ménagées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour la même raison il est bon que les diamètres des trous ne décroissent pas trop rapidement.

Quand la pièce a été forgée suivant (fig. 1) on y prépare l'acier naturel comme l'indique la figure 2, en ayant soin de la recouvrir de terre à four et on

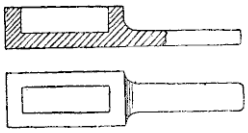


Fig. 1

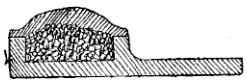


Fig. 2

fait chauffer le tout sur un feu de forge, quand la flamme bleuâtre se présente au travers de la terre, on peut considérer l'acier comme fondu, on retire du feu, on enlève la terre et l'acier se présente alors en fusion, il ne s'agit plus qu'aussitôt que l'on s'aperçoit que l'acier se refroidit de le marteler à petits coups en premier et ensuite plus fort, après quoi on perce des trous comme il est indiqué (fig. 3). La terminaison de la pièce appartient à l'ouvrier tréfileur qui la travaille sans être trempée.

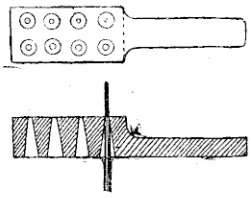


Fig. 3

Afin de diminuer le frottement qui a lieu pendant la traction, on graisse le fil ou le trou, ou ce qui est préférable on applique sur la filière une pelotte de graisse formée de suif et d'onguent noir, à travers laquelle passe le fil à filer, de cette façon on refroidit l'ouverture conique et on facilite le passage du fil. Il est bon et même nécessaire avant le travail à la filière et après son passage au travers d'un certain nombre de trous, de faire recuire le fil de fer au

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rouge brun pour le rendre plus malléable et moins cassant.

Trempe. La trempe est l'opération qui consiste à donner de la dureté à l'acier, en le chauffant au rouge et en le refroidissant rapidement par son immersion dans un liquide froid, généralement dans l'eau, quelquefois dans l'huile pour donner une trempe plus douce, rarement dans le mercure, qui donne la trempe la plus dure. C'est une des opérations des plus délicates, et une de celles pour lesquelles on trouve le moins d'ouvriers y excellant par un talent particulier. Le point le plus convenable dans le chauffage de l'acier, la manière de présenter la pièce et de la plonger suivant sa forme, pour éviter qu'elle ne se voile ou ne se gerce, sont toutes autant de difficultés qui exigent chez le trempeur une grande expérience.

Il y a un avantage considérable à ne pas trop chauffer l'acier ; on doit attendre seulement le point pour lequel se produit une trempe très dure. Cette température correspond au rouge cerise pour l'acier fondu ordinaire et le rouge sombre pour l'acier chromé. Dans ces conditions, le métal se tourmente moins et la trempe vaut mieux que si l'on avait chauffé d'avantage.

Il ne faut pas toujours se baser aux conseils, il faut, aidé de ces derniers, étudier soi-même et bien se persuader que la trempe repose sur quatre principes, la qualité de l'acier, le chauffage de la pièce à tremper, la préparation du liquide et la façon de mettre au liquide.

La trempe de l'acier en général est une des opérations les plus délicates de la mécanique pratique,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

elle doit se faire avec toute l'attention désirable et ne pas oublier qu'il y a la trempe de l'acier fondu, de l'acier ordinaire, de l'acier doux et de l'acier de ressort et que c'est en étudiant chaque qualité que l'on est certain de réussir.

L'action de la trempe est d'autant plus énergique que l'acier contient plus de corps alliés au fer. Par exemple, les aciers manganésés fortement trempés deviennent tellement cassants qu'ils peuvent s'égrener sous le marteau.

Les aciers chromés prennent, par la trempe à la température convenable, un grain tellement fin que, pour de fortes teneurs en chrome et en carbone, la cassure est pour ainsi dire vitreuse. Ils deviennent fragiles lorsque la proportion du chrome est considérable. Les aciers phosphoreux sont moins susceptibles de prendre la trempe par ce seul fait qu'ils sont en général, moins carburés que les aciers ordinaires, car on évite d'y introduire plus de 0,30 % de carbone.

Si l'on se trouve dans une localité où il existe plusieurs sortes d'eau, rivières, puits, source, etc., on doit chercher celle qui convient le mieux à la trempe et s'en servir.

Les tarauds, les alésoirs, en somme les pièces longues et délicates, demandent beaucoup de soin et d'habileté et doivent être plongées verticalement dans l'eau ne contenant aucun corps gras, les retirer ensuite lorsqu'ils sont froids et les replonger dans de l'huile végétale très chaude, les y laisser pendant un moment et les faire refroidir à l'air, mais si l'on a le temps, il est bien préférable de les laisser refroidir dans l'huile, on est presque certain ainsi d'éviter la casse.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les aciers inférieurs, on peut mélanger à l'eau la plus fraîche possible du sel ammoniac ou même du sel marin et les faire chauffer un peu plus que rouge au charbon de bois, mais on n'a pas la certitude de pouvoir avoir des pièces droites ni qui ne casseront pas.

Il faut prendre pour principe qu'une pièce à tremper sur une certaine longueur seulement, ne doit pas être maintenue à la même hauteur dans le liquide pendant toute la durée de l'immersion, parce qu'alors il se produit une ligne de démarcation qui fait que presque toujours la pièce casse à cet endroit, il faut de temps à autre plonger la partie qui ne doit pas être trempée et la retirer immédiatement.

Il est très bon lorsque l'on a une barre d'acier dans laquelle on prend des bouts pour faire des outils, de s'assurer de sa qualité, mais il peut très bien se présenter que dans la même barre on ait plusieurs qualités d'acier, qui, poli, trempé dans la même eau, pendant le même temps, etc., donneront des couleurs différentes, au revenu sur le grès chaud pour une même dûreté.

Pour essayer un bout d'acier, il faut avoir soin de le blanchir, car souvent recouvert de calamine, il paraît dur essayé à la lime et effectivement n'est qu'imparfaitement trempé.

Il faut en principe pour s'assurer de la trempe d'une pièce, qu'elle ait été au préalable bien nettoyée ou pour mieux dire limée ou passée à l'outil, et ensuite tatée à la lime et ne pas trop se fier à la couleur du recuit.

Il se rencontre beaucoup dans l'industrie, des aciers qui servent à confectionner des pièces méca-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

niques, il faut bien se garder de les utiliser pour faire des outils, ils ne trempent généralement qu'au rouge blanc et donnent une mauvaise coupe.

Les outils de fabrication courante tels que les outils de tours, de machines à raboter, ou à mortaiser, burins, forets, etc., sont chauffés à feu nu, en ayant soin de les promener dans le foyer de façon à uniformiser la température qu'on y applique.

Lorsque l'on atteint cette température, on les plonge en partie dans l'eau ordinaire, de 12 à 20° de température au plus, en les inclinant de façon que le talon de l'outil émerge à la surface (fig. 1), tout en le plongeant de temps à autre pour le raidir un peu derrière, car trempé verticalement on a beaucoup de chance pour qu'il soit plus apte à casser. Le temps de l'immersion varie avec la grosseur de l'outil, la nature du métal dont il est formé et le genre de travail auquel il est destiné. Il faut également prendre en considération que l'outil monté sur un porte-outils fixe ne résiste pas autant que celui monté sur un porte-outils articulé.

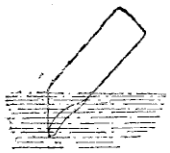


Fig. 1

Pour les gros outils 50 à 55 secondes suffisent, tandis que pour les outils de faibles dimensions, il ne faut pas plus de 25 à 30 secondes. Lorsqu'on juge l'opération suffisamment avancée, on retire l'outil et on décape une de ses faces, avec du grès, de l'émeri ou du bois dur, etc., de façon à pouvoir juger du recuit par la couleur superficielle qui se produit.

Ce recuit s'obtient simplement par la chaleur que possède encore la masse de l'outil, les anneaux colorés apparaissent progressivement, et lorsque la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pointe est arrivée à la couleur voulue on immerge rapidement.

Liquides que l'on peut employer pour tremper :

Eau distillée.
» de puits.
» de rivière.
» de sel ammoniac.
» de savon.
» de sel marin.
» de prussiate.
» tiède.
» recouverte d'une couche d'huile.
Gomme arabique.
Huile de colza.
Huile d'olive.
» de poisson mélangée de résine.
» de lin.
Suif.
Acide sulfurique.
» azotique.
» pyroligneux.
Urine.
Etain.
Plomb.
Mercure, etc., etc.

Tableau donnant les différents degrés du recuit pour un acier de bonne qualité.

COLORATION	TEMPÉRATURE	EMPLOI CORRESPONDANT
Blanc.	100 à 125°	Travail de l'acier dur.
Blanc mat . . .	125 à 200	Acier ordinaire, fonte dure, bronze dur.
Jaune paille (très pâle)	221°	Acier doux, fer fort.
id. (foncé). .	232	Fer et fonte ordinaire.
Jaune foncé. .. .	243	
Brun.	254	Fer doux, bronze, fonte tendre.
Gorge de pigeon .	265	
Pourpre	277	Tous les métaux tendre.
Bleu pâle . . .	288	
id. ordinaire . .	293	Gros outils à bois.
id. foncé noir. .	307	Petits outils à bois.
id. passé . . .	320 à 350°	Outils détrempés.

Le recuit a pour but principal de développer : l'élasticité de l'acier et de l'empêcher de s'égrener, de ressouder pour ainsi dire ses molécules, sans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bains divers

PIÈCES A TREMPER	COMPOSITION DU BAIN
Scies, ressorts	Huile ou graisse animale.
Ressorts de voitures, lames de cisailles	Eau ordinaire, y plonger l'acier peu de temps, trempe douce recuite.
Outils tranchants	Eau ordinaire, avoir soin d'en enduire l'extrémité dans la résine avant la trempe.
Ressorts de fils d'acier et petits outils.	Eau ordinaire 1 litre ; gomme arabique 35 grammes ou bien eau de résine et savon noir, ou bien huile.
Limes et rapes ou parties minces d'un corps un peu fort	Pour 100 litres d'eau : 5 kilos de sel ammoniac et 25 kilos de sel marin.
Outils et objets possédant des parties très minces et délicates reliées à un corps beaucoup plus fort	1 kil. levure de bière ou de farine désignée sous le nom de *rémoulage* et 325 grammes de sel gris. On fait fondre et on mélange le tout dans 5 litres d'eau froide. On fait tiédir la pièce à tremper et on l'immerge dans la préparation, cette dernière s'attache et ainsi enduite la pièce doit être chauffée à feu doux, couleur rouge cerise, ensuite on trempe à l'eau ordinaire et on fait revenir.
Outils très durs	Pour 100 litres d'eau : 5 kilos de sel marin, 1 litre alcool, 40 centilitres acide sulfurique.
Outils très durs à employer à froid	Pour 10 litres d'eau : 40 grammes acide sulfurique, 10 gr. acide azotique, 10 gr. acide pyroligneux.
Outis délicats, burins de graveurs, d'horloger, petits forets, etc.	Suif de mouton 18 parties, huile d'olive 68 parties, résine 10 parties, sel ammoniac 4 parties.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faire disparaître les caractères principaux, la dureté notamment de l'acier trempé, résultant d'un changement brusque de température à partir d'un degré de chaleur bien supérieur à celui du recuit.

Les pièces de petits diamètres peuvent se chauffer : soit simplement à la flamme de charbon, à la chandelle, au gaz, à la lampe à esprit de vin ou de bois, au chalumeau, et être directement plongées dans l'huile, dans le suif, dans de la graisse préparée, etc., et les faire revenir ensuite, soit par leur propre chaleur, soit en les plongeant dans la flamme au-dessous de la pointe de la mèche. Si l'on veut obtenir une trempe très dure, il faut employer le mercure.

Si l'on a des pièces à tremper qui soient d'assez grandes dimensions et que l'on ait certaines parties à préserver de la trempe, il faut les garantir avec de la tôle très-mince, fixée avec des ligatures en fil de fer ou d'une autre façon. En sortant de l'eau, ces parties seront plutôt recuites que trempées.

Il peut se présenter également que l'on ait des trous filetés à garantir, on le fait au moyen d'une vis. Pour des mortaises on y applique de la tôle mince maintenue comme précédemment en ayant soin de laisser la mortaise ouverte pour que l'eau y pénètre, sans quoi, elle y pénètrerait quand même, et pourrait former une quantité de vapeur qui ferait ployer et même peut-être casser la pièce. Il faut que dans la trempe l'eau puisse aller partout.

Si l'on a de petites piéces à tremper, on peut les mettre à l'eau en plein, et pour le recuit, les retirer, les tremper dans l'huile et à leur sortie les présenter sur un feu de charbon de bois sans flamme, et quaud l'huile flambe les replonger immédiatement à l'eau.

Il peut se présenter que l'on ait une tige quel-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

conque et qu'une partie de cette tige ne soit pas à tremper; en suivant les principes des ouvriers de la campagne, il n'y a tout simplement qu'à introduire cette partie à ne pas tremper, dans une pomme de terre de diamètre convenable et ne laisser dépasser que la partie à chauffer, c'est une expérience que j'ai faite et qui m'a donné satisfaction.

Pour les pièces de précision tels que calibres, jauges, etc., il faut avoir soin de toujours les vérifier après la trempe et avant la remise en service, soit pour les dégauchir, les remettre à la mesure, etc.

Si l'on a une pièce à tremper qui possède des filets et que l'on désire que ceux-ci ne soient pas trempés, on en garnit l'intérieur de fil de fer recuit et par dessus ce dernier on met une couche de blanc d'Espagne, de Meudon ou de chaux délayée à l'eau, cette dernière est meilleure. Préparée dans ces conditions, on chauffe la pièce en plein et on la met à l'eau, on sera certain de cette façon que le filet ne sera pas trempé. Si l'on ne veut pas faire la préparation précédente et que l'emplacement le permette, on la remplace par un écrou, le résultat sera à peu près le même.

Un procédé fort employé par les praticiens pour la trempe de l'acier destiné à faire des outils est le suivant : On mélange intimement, dans un récipient d'une certaine capacité, quatre parties de résine et deux parties d'huile de baleine, et on y incorpore ensuite une partie de suif chaud.

On introduit dans cette masse les corps à tremper portés préalablement à la température du rouge cerise et on les y laisse jusqu'à complet refroidissement, on les remet ensuite, sans les essuyer, dans un feu tempéré à la manière ordinaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si l'on brise des barres trempées de cette façon, on constate que la trempe est plus profonde et plus égale qu'avec tout autre procédé, et que l'acier est moins cassant.

Le tranchant des outils trempés de cette façon présente une finesse et une dureté remarquables.

Pour la trempe de l'acier on peut employer les alliages suivants de plomb et d'étain, dont on connaît le point de fusion précis, comme particulièrement propres à communiquer aux objets en acier qu'on y plonge le degré voulu de dureté, sans offrir le danger de dépasser la température correspondante.

Dureté de l'acier convenable aux instruments de chirurgie : 1,75 partie de plomb et une d'étain.

Dureté pour les couteaux, burins, etc. : deux parties de plomb et une d'étain.

Dureté prononcée pour ciseaux, scalpels, etc. : 3,5 parties de plomb et une d'étain.

Dureté ordinaire pour rabots, haches, etc. : 4,6 de plomb et une d'étain.

Dureté inférieure pour couteaux de table, gouges, etc. : 8,5 de plomb et une d'étain.

Dureté médiocre pour petits ressorts, scies fines, sabres, etc. : 12 parties de plomb et une d'étain.

Pour peu de dureté : 35 parties de plomb et une d'étain.

Pour objets mi-doux, tels que scies grossières, gros ressorts, etc. : une partie de plomb et une d'étain.

Trempe du bronze. — Tout corps bien homogène dont les molécules sont fortement soudées ensemble comme le cuivre rouge, est, en général quelque

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

peu adouci, rendu plus malléable par un chauffage suivi d'une immersion dans l'eau froide. Cet effet est beaucoup plus appréciable pour le bronze, alliage plus fusible et par suite plus facile à chauffer jusqu'au point de ramollissement. Bien que les effets soient moindres que pour l'acier, la trempe est le moyen de travailler le bronze au marteau.

Trempe de fraises. — Lorsqu'elles sont de petites dimensions, on les plonge dans un bain d'huile, et après l'immersion on place dans le trou central une barre de fer rond préalablement chauffée. On imprime alors à la fraise un léger mouvement de rotation de façon à ce que toutes ses parties possèdent la même température ; la partie centrale se détrempe presque complètement et la surface active acquiert le degré de recuit qu'on s'est proposé d'obtenir.

Quand le volume de la pièce à tremper ne permet pas d'employer cette méthode, ou se sert d'un disque en fer d'environ 25 millimètres d'épaisseur et percé en son centre d'un trou de 30 millimètres. On dispose le disque sur un feu de charbon de façon à ce que la flamme passe par l'orifice central et arrive à l'intérieur même de la fraise qui est placée au dessus, jusqu'à ce que toutes les parties soient graduellement chauffées. On la plonge ensuite dans l'huile, puis on la replace sur le disque jusqu'à ce qu'elle ait atteint la couleur convenable. Durant cette opération, il faut avoir soin de nettoyer les surfaces et d'essayer à la lime la dureté effective de la fraise.

Un autre procédé qui est préférable au précédent, consiste à garnir le trou intérieur de la fraise d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tôle mince avec bords d'environ 5 millimètres rabattus sur une rondelle également très mince. On chauffe d'une façon uniforme et très peu rouge, on retire la fraise du feu et à l'aide d'un petit soufflet (semblable à celui pour la poudre à punaises) on projette de la poudre de prussiate sur la taille et on l'immerge ensuite dans de l'eau à 30 ou 35°, on l'y laisse un moment, on la trempe ensuite dans l'huile et on la présente sur le feu au moyen d'un fil de fer agraffé dans le trou et que l'on fait tourner à la main pour que la chaleur se répartisse bien uniformément, sinon on obtiendrait ce que l'on appelle le couronnement, qui provoque la cassure. Une fois que la fraise est au revenu désiré, ce qu'il est facile de s'assurer en la tâtant avec la lime ou même à la main lorsqu'on en a l'habitude, on la replonge dans l'huile. Ayant suivi ce procédé, je m'en suis très bien trouvé, car je n'ai jamais vu une fraise périr par le trou, ce qui s'explique, ce dernier n'étant pas trempé. Si au lieu d'un trou ordinaire, la fraise possède un trou fileté, on met à la place d'une rondelle, un boulon taraudé et percé d'un trou de part en part suivant sa longueur et ayant soin qu'il soit un peu libre en le vissant.

Les forets américains ou foret en hélice sont d'abord trempés comme les alésoirs, puis rectifiés sur le tour et ensuite recuits.

Enfin les outils à bois peuvent simplement être chauffés et piqués dans le suif, on les recuit par leur propre chaleur.

Pour un travail ordinaire, un outil peut être trempé dans les conditions suivantes :

De toute sa force pour le tour ;

Jaune paille pour raboter ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Bleu foncé pour mortaiser.

Mais ces données si la matière à travailler est très dure, sont à modifier, on peut même dans certains cas, cémenter légèrement.

Si la pièce à tremper se chauffe dans une cornue en fonte, il ne faut pas oublier d'interposer entre elle et la fonte une tôle d'acier ou à son défaut une tôle de fer, sinon la fonte absorbe une partie du carbone de l'acier et donne une mauvaise trempe à certaines places, il est bien préférable et économique de tremper sur un feu de forge au charbon de terre consommé, ou dans un mouffle.

Le charbon de bois revient plus cher.

L'acier ordinaire ne prend la trempe qu'au rouge blanc et ne doit en aucun cas être employé pour des outils tranchants à moins de le travailler presque à froid.

L'acier doux doit être cémenté pour être trempé.

Pour les outils qui demandent beaucoup d'attention, on ne doit tremper que pendant environ une heure, s'occuper à autre chose pendant l'heure suivante et recommencer ensuite, sinon la vue se perd, s'habitue à la flamme et n'est plus d'une justesse suffisante dons l'appréciation des couleurs.

Pour tremper, s'il est possible, il ne faut pas le faire en plein soleil ni au grand jour, l'ombre et la nuit sont préférables.

Il n'est pas toujours nécessaire de donner au ressort un recuit à l'huile qui s'obtient de la manière suivante après la trempe : on le dispose sur une plaque de fer, sous laquelle se trouve un feu quelconque ou une petite lampe, à esprit de vin que l'on fait brûler, on le promène continuellement sur cette plaque jusqu'à ce qu'il ait acquis la couleur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

désirée et on le plonge dans l'huile. Pour ne pas employer ce moyen il faut d'abord avoir recours à un acier spécial que l'on trempe et réchauffe au degré voulu, degré que l'on constate en frottant dessus un morceau de bois de tilleul en bout, un morceau de corne, etc. Lorsque l'un de ces derniers corps glisse et fond légèrement en produisant de la fumée, on laisse refroidir à l'air libre et on essaie le ressort en comparant son profil sous pression avec son profil initial, lequel ne doit pas varier lorsque le ressort revient à son état naturel (voir ***Ressort à boudin***).

Les gros poinçons, les matrices, etc., peuvent se mettre dans une boîte et entourés de charbon de bois pulvérisé, après quoi on la ferme hermétiquement et on l'expose à une chaleur tempérée en s'assurant que la couleur rouge cerise s'est maintenue pendant quelques heures, on les retire alors et on les plonge à l'eau, on est certain de cette façon d'obtenir des pièces très dures.

Si l'on a des pièces d'assez fortes dimensions qui soient taillées, qui possèdent des dents ou des tranchants, on les fait chauffer lentement bien à cœur et rouge sombre et à leur sortie du feu, on projette du prussiate en poudre sur les endroits que l'on veut tremper immédiatement, on les immerge dans de l'eau préparée au sel ammoniac et on les remet ensuite dans de l'huile bouillante. On sera alors certain d'obtenir un acier qui ne craindra pas la casse et dont les parties qui travaillent auront une trempe dure. Je ferai remarquer qu'il faut avoir soin de ne pas chauffer les pièces avec le prussiate dessus ni en mettre pendant le chauffage, sinon elles se piqueraient et la trempe serait défectueuse

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Préparées de cette façon et une fois recuites, ces pièces sont plus difficiles à travailler que celles trempées communément.

Comme conclusion, je me résumerai en disant: que non seulement il y a avantage à employer des produits parfaits pour l'outillage, mais que le chauffage de l'acier est la partie délicate de l'opération, et la seule que l'ouvrier qui emploie l'acier puisse surveiller de manière à travailler consciencieusement et avec économie.

Trempe du fer, cémentation désignée généralement sous le nom de trempe au paquet. — Souvent on entoure les pièces avant de les mettre au feu d'enduits de diverses sortes. Lorsqu'ils sont terreux, ces enduits n'ont pour but que de préserver la surface de l'oxydation, mais le plus souvent ces enduits sont composés de suie, de corne, de cuir, de sel marin dénaturé, etc., qui ont pour but de fournir du carbone et de produire à la surface une cémentation, qui acière la surface de la pièce qui n'est souvent que du fer, ce qui permet de la rendre dure et de lui donner comme dans l'armurerie, un superbe poli. L'emploi du prussiate de potasse donne d'assez bons résultats. La pièce soupoudrée de ce sel réduit en poudre, étant mise au feu, celui-ci fond, se charbonne, et sous l'influence de la potasse, la cémentation s'accomplit avec une rapidité merveilleuse, et le morceau ainsi couvert et trempé se trouve enveloppé d'une surface d'acier d'une dureté extrême, susceptible du plus beau poli.

On emploie encore un autre procédé : les pièces ou parties à cémenter sont placées dans des caisses en tôle forte ou en fonte, dont la capacité est assez

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

grande pour recevoir les parties destinées à la cémentation ; celles-ci sont recouvertes complètement de sel marin et de charbon de bois pulvérisé dans la proportion de 5 % de sel et de 95 % de charbon pour les pièces ordinaires, et 50 % de charbon de bois avec 50 % de charbon de cuir pour les pièces délicates.

On construit à 40 centimètres de la caisse et à sa hauteur (fig. 1), un entourage en briques dans lequel on ménage des ouvertures pour l'arrivée de l'air. Le vide entre la caisse et l'entourage est garni de coke par dessus lequel on met des morceaux de bois ainsi que sur la caisse.

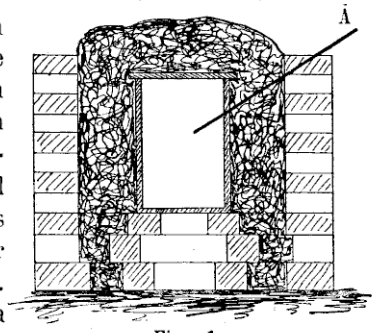


Fig. 1

Lorsque les pièces ont certaines parties qui ne doivent pas être cémentées, il faut avoir soin de garantir ces parties, au préalable, avec de la tôle ligaturée au fil de fer, ou avec de la filasse fortement enduite de terre grasse délayée à l'eau, etc., toujours en suivant les mêmes préservations que pour la trempe ordinaire.

On commence par mettre au fond de la boîte une couche de cément d'environ 30 millimètres d'épaisseur, ensuite une couche de pièces entre lesquels on met également du cément, ensuite par dessus une couche de cément d'environ 25 millimètres d'épaisseur et ainsi de suite jusque près du niveau de la boîte que l'on remplit par une couche de cé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment, on ferme ensuite au moyen d'un couvercle métallique que l'on lute avec de la terre pour éviter autant que possible que les gaz ne s'échappent et que l'on recouvre comme il est indiqué précédemment.

La partie inférieure doit reposer sur des barres de fer assez fortes pour soutenir le poids de la boîte ou sur des briques assez distancées pour tenir le libre passage à l'air.

Le feu est entretenu pendant dix-huit heures, mais si le cément est bon, une dizaine d'heures suffisent, au bout desquels on retire les pièces pour les plonger dans l'eau; à leur sortie du brasier, elles doivent avoir la couleur citron-clair.

Les pièces sont retirées de l'eau, visitées, redressées, s'il y a lieu, et remises en état.

Pour s'assurer de la valeur de la cémentation et de la chaufferie intérieure de la boîte, on se sert de barres de fer rond d'environ 1 mètre de longueur et de 20 millimètres de diamètre que l'on nomme *épreuves* et qui, par des ouvertures ménagées dans les parois de la boîte, pénètrent au cœur de cette dernière et, en les retirant, permettent de faire l'expérience à tel moment que l'on veut. De cette façon, en cassant la partie chauffée, cémentée et trempée, on se rend compte de l'épaisseur de la cémentation. Avant de les mettre à l'eau, les pièces doivent être débarrassées vivement de toutes les matières étrangères qui les entourent.

Les pièces peuvent se cémenter sans se tremper, on les laisse simplement refroidir au sortir de la boîte; si après on veut les tremper, il n'y a qu'à les rougir et les mettre à l'eau. Les pièces brutes, le fer forgé, cémentent bien moins profond que les pièces travaillées ou le fer laminé.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les pièces délicates, il est préférable d'employer du cuir, de l'os, du sang séché, ou encore les trois parties combinées.

L'eau qui sert à la trempe doit être très froide et renouvelée continuellement de façon à ce que sa température ne s'élève pas, il est même préférable, si cela se peut, d'employer un courant d'eau naturelle comme une rivière.

La disposition, en somme, de la boîte, peut varier, mais reste, en principe, toujours la même, soit qu'elle se fasse comme précédemment, ou bien avec une tôle assez forte reposant sur des briques, pour former le fond et des côtés en briques réfractaires avec joints en terre et ouvertures pour donner passage aux pièces longues qui n'ont qu'une extrémité à tremper, ou encore une tôle recourbée en forme de boîte, etc.

Une fois toutes les pièces trempées, on peut mettre de côté les tôles telles qu'elles sont, ou bien profiter de les redresser pendant qu'elles sont encore chaudes.

On peut également disposer une boîte pour être chauffée sur un feu de forge. A cet effet, on doit s'arranger de façon à ce qu'elle y soit chauffée lentement et régulièrement, elle doit également posséder au moins une ou deux épreuves pour s'assurer de l'état dans lequel se trouve les pièces à l'intérieur. Pour ces boîtes, un chauffage d'une heure ou deux est suffisent.

Dans le cas où l'on a une petite pièce à cémenter, on peut l'introduire avec du cément dans un tuyau dont on ferme les extrémités avec de la terre délayée à l'eau, un chauffage d'une heure est suffisant après lequel on la retire du tuyau et on la met à l'eau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A la place du prussiate seul, il est préférable d'employer si l'on est pressé, et que la cémentation à obtenir ne demande pas à être très profonde, la composition suivante que l'on réduit en poudre et que l'on projette sur la pièce après avoir préalablement chauffée cette dernière plus que rouge cerise et avant sa mise à l'eau.

Prussiate	0k,420
Sel ammoniac	0 105
Sel marin	0 095
Corne	0 230
Suie.	0 070
Os	0 045
Résine	0 035
	1k,000

Treuil. Le treuil (fig. 1) est un appareil dont l'emploi est assez répandu pour l'élévation des fardeaux. Deux supports en fonte évidés, maintenus solidement à terre ou sur un bâti au moyen de boulons, servent de coussinets aux arbres du pignon et de la roue. Le tambour, qui est d'une assez grande longueur et monté sur le même axe que la roue, reçoit l'extrémité d'une corde ou d'une chaîne qui, après avoir fait plusieurs tours, actionne par son autre extrémité munie d'un

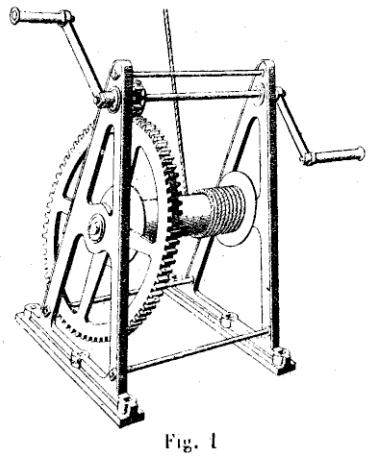


Fig. 1

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

crochet en fer, le fardeau à soulever. Lorsque le tambour comprend deux cylindres de différents diamètres sur lesquels s'enroule la chaîne ou la corde, le treuil prend le nom de treuil différentiel ou treuil chinois. Les treuils peuvent également être montés en l'air sur un chariot, lequel roule sur des poutrelles, alors on leur donne le nom de treuils roulants (fig. 2.)

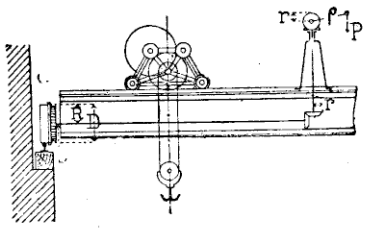


Fig. 2

Dans tous les cas, les treuils doivent être l'objet des visites au moins hebdomadaires pour s'assurer du graissage des organes et de la solidité des chaînes ou corde, car souvent ce manque de précaution peut entraîner de graves accidents (voir *Grue*).

Triangle. On donne le nom de triangle a une figure qui a trois angles et trois côtés.

Il y a quatre sortes de triangles :

Le triangle *isocèle* (fig. 1), qui a deux angles et deux côtés égaux.

Le triangle *équilatéral* (fig. 2), qui a trois angles et trois côtés égaux.

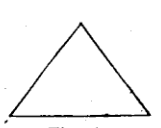


Fig. 1

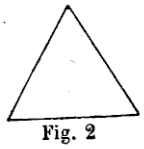


Fig. 2

Le triangle *rectangle* (fig. 3), qui a un angle droit.

Le triangle *scalène* (fig. 4), qui a ses trois côtés et ses trois angles inégaux. (Voir *surface*).

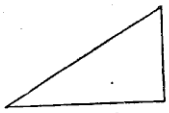


Fig. 3

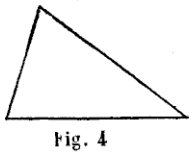


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

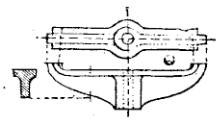
Trous à tarauder. Le perçage des trous à tarauder doit être fait en proportion de la profondeur du filetage, de la matière à travailler et du renflement que peut fournir cette matière ; ainsi, pour le fer, le bronze, le cuivre, on perce toujours plus petit que pour la fonte et l'acier fondu. Il n'y a pas de dimensions bien déterminées à donner, c'est l'expérience seule qui les indique ; seulement, il est bon, lorsqu'un trou est destiné à être taraudé, de le fraiser des deux côtés ou d'un seul côté s'il n'est pas percé complètement pour éviter les bavures.

Trous d'homme (voir *Autoclave*). Ils sont elliptiques ou ovales, le grand ayant de $0^m,35$ a $0^m,40$, et le petit axe de $0^m,28$ à $0^m,31$.

Ils sont généralement placés sur les têtes des dômes ou des bouilleurs. On fait les joints au minium à la manière ordinaire, ou avec un boudin de caoutchouc vulcanisé exprès, de 10 à 13 millimètres de diamètre, dont on attache simplement par une ficelle, les deux bouts coupés en sifflet.

Lorsque les trous d'homme sont percés dans la tôle, il faut renforcer le bord de l'ouverture par une collerette extérieure en fer plat de 60 millimètres sur 12 à 14 millimètres, rivée par dedans.

Les barrettes pour le serrage peuvent être en fonte. Pour les nettoyages, on fait aussi de petits autoclaves ayant $0^m,14$ sur $0^m,10$, pour lesquels on ne renfonce pas la tôle.



Trou d'air. On donne ce nom à un trou d'un très faible diamètre (1 à 3 millimètres), percé au moyen d'un foret ou d'une mèche dans le corps d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pièce creuse, afin de faciliter, par cet orifice, si cela est nécessaire, lors d'un emmanchement quelconque, l'expulsion de l'air ou d'un liquide formant matelas et contenu dans la pièce précitée, et éviter ainsi que cette dernière, sous l'influence de la pression intérieure, ne vienne à se casser pendant l'opération. Le trou peut être percé de même dans le bouchon ou dans toute autre pièce fermant l'orifice. On peut, à défaut de ne pouvoir percer un trou, faire une entaille sur le bord de l'ouverture de la pièce ou sur la circonférence du bouchon ou de la vis, à l'aide d'un tiers-point ou même avec l'angle d'une lime quelconque ; on évite ainsi, ce qui est bien préférable, de diminuer l'ajustage parfait d'un objet pour permettre son introduction dans un autre, tout en permettant à l'air ou au liquide de s'échapper librement.

Trusquin. Le trusquin que l'on nomme encore vulgairement *trousquin*, est un instrument qui a pour objet de maintenir la pointe d'un tracelet à une distance déterminée d'une surface sur laquelle on le promène. La manœuvre du *trusquin* se facilite par la projection sur le marbre d'une petite quantité de grès ou de sable très fin.

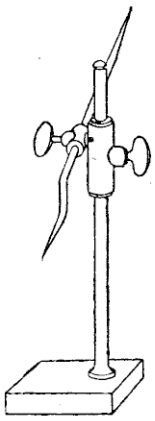


Fig. 1

Le trusquin ordinaire (fig. 1), se compose d'une semelle en fonte, parfaitement dressée sur toutes ses surfaces, principalement celles du dessous et du dessus, la forme de cette semelle est le plus souvent carrée. Sur cette dernière et vers

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'un de ses bords, se trouve fixée une tige verticale en fer ou en acier, cylindrique ou triangulaire, sur laquelle peut monter ou descendre à volonté une *douille* percée de deux trous perpendiculaires l'un à l'autre, mais ne se rencontrant pas ; l'un de ces trous donne passage à la tige citée plus haut, et permet à cette douille de glisser et de se fixer à l'aide d'une vis de pression à un moment donné.

L'autre trou de la douille est garni d'un morceau d'acier lisse faisant office de tracelet et pouvant parfaitement glisser dans ce trou, suivant les besoins qu'on a de l'allonger ou de la raccourcir. L'un des bouts du tracelet est contre-coudée et doit être terminée en pointe, cette courbure a pour but de permettre à la pointe de descendre assez bas sur le plan où le *trusquin* est appelé à fonctionner, pour lui permettre de tracer un trait au niveau même de ce plan. Le tracelet doit aussi pouvoir se fixer à l'aide d'une vis de pression, à un endroit déterminé selon la nécessité du travail à exécuter. La pointe se trempe dure, doit être revenue gorge de pigeon et être affûtée très finement.

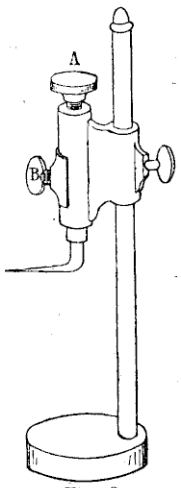


Fig. 2

Le trusquin à pompe (Fig. 2), se compose d'un cylindre creux en bronze, qui fait corps avec la douille mobile sur la tige. A l'intérieur de ce cylindre, coulisse un piston sur lequel est fixée l'une des extrémités de la pointe à tracer. Ce piston, qui guide la pointe dans le sens vertical, reçoit l'action d'un ressort à boudin qui tend toujours à ramener

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la pointe de bas en haut et fait appuyer constamment le prolongement supérieur de la tige du piston sur une vis A. En manœuvrant cette vis dans un sens ou dans l'autre, on fait donc monter ou descendre la pointe qui, une fois amenée à la position voulue, est fixée par une vis de pression B; une bague forme butée et empêche la pointe de remonter trop haut.

Le *trusquin* de côté (fig. 3), est employé principalement pour tracer des lignes parallèles à une surface déjà dressée ; l'examen de la figure est suffisant pour en indiquer la construction.

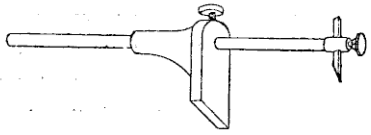


Fig. 3

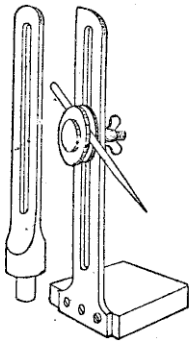


Fig. 4

Le trusquin anglais (fig. 4) est un genre dans lequel la tige est remplacée par une sorte de coulisse vissée ou rivée sur l'embase, et qui sert de guide à une vis de fixation de la pointe, laquelle est une pointe ordinaire prise entre deux rondelles.

Deux autres genres également anglais sont représentés par les figures 5 et 6, et la simple inspection des figures en indique le fonctionnement.

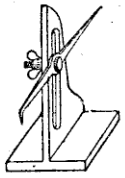


Fig. 5

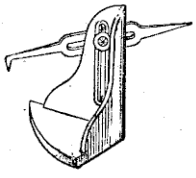


Fig. 6

Le *trusquin américain* (fig. 7), est un autre genre dans lequel la manœuvre mécanique de la pointe

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

est obtenue par le déplacement de la tige elle-même. L'embase du *trusquin* est composée de deux parties, l'une qui est une douille cylindrique alésée au diamètre de la tige, et dans laquelle cette dernière passe à frottement doux. L'autre, qui est la véritable embase de l'appareil également alésée au diamètre de la tige ; ces deux parties sont réunies par une attache venue de fonte avec elles. L'embase possède un écrou molleté qui se visse sur la tige du trusquin, filetée en cet endroit sur une certaine hauteur. Au simple examen de l'appareil, il est facile de se rendre compte de son fonctionnement.

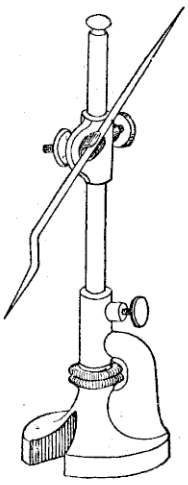


Fig. 7

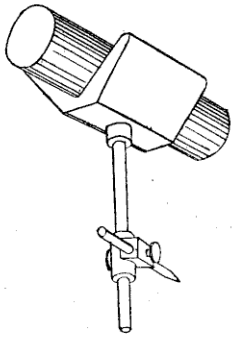


Fig. 8

Le *trusquin à V* (fig. 8), qui sert pour le traçage des pièces cylindriques, porte encore le nom de *trusquin d'aléseur*, parce qu'il rend surtout des services pour les tracés relatifs à l'alésage des pièces.

En outre des types que je viens de décrire, il existe de nombreuses dispositions de trusquins de précision à vis, à engrenages, etc.

Les trusquins doivent être bien ajustés, la partie qui porte sur le marbre doit être bien plane, les douilles doivent coulisser à frottement doux, n'avoir aucun jeu, de même que les vis; en somme, ils doi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vent être l'objet de beaucoup d'attention dans leur exécution.

Tungstène. Métal assez rare, employé pour la fabrication d'un acier d'une grande dureté.

Sa densité varie de 17 à 19,3.

Turbine. Depuis déjà longtemps on fait usage dans les moulins de roues hydrauliques horizontales. L'avantage de ces roues pour le travail, est de réduire le moulin à sa plus simple expression ; le même arbre qui porte la roue à sa partie inférieure, porte la meule mobile à sa partie supérieure. Cet arbre tourne sur pivot dans une crapaudine fixée au milieu d'un *palier* que l'on peut élever ou baisser à volonté pour faire varier dans les limites que l'on désire l'intervalle entre la meule tournante et la meule gisante. Ces roues qui ont été modifiées et perfectionnées et ont fini par donner les *turbines*.

Les turbines possèdent de grands avantages sur les roues hydrauliques ; elle n'occupent que peu de place ; elles peuvent marcher à une assez grande vitesse et peuvent être utilisées pour toutes les chutes et toutes les dépenses d'eau.

Dans toutes les turbines, l'eau est amenée dans une partie fixe, munies d'aubes courbes ou directrices, qui guident l'eau à son entrée dans la roue mobile ou turbine proprement dite.

Entre la couronne fixe et la roue mobile existe un jeu qui varie de trois à quatre millimètres pour une construction soignée, jusqu'à 5 à 8 millimètres et même davantage pour les turbines d'*action* (turbines dans lesquelles le travail mécanique est uniquement produit par la puissance vive de l'eau, la vitesse étant seule utilisée).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour les turbines à *réaction* (turbines dans lesquelles, concurremment avec la puissance vive, agit principalement la simple pression de l'eau), la pression de l'eau, à l'endroit où existe le jeu entre la roue mobile, et les orifices distributeurs, doit être égale, ou plutôt légèrement supérieure, à la pression extérieure régnante; les pertes de travail provenant de la sortie de l'eau par ce jeu étant bien plus faibles que celles qui se produiraient par les tourbillonnements dus à une aspiration d'eau du dehors au-dedans. Les turbines à réaction peuvent travailler aussi bien noyées qu'à l'air libre.

Les turbines à *injection* partielle (qui ne reçoivent l'eau que sur une ou plusieurs parties de leur contour), dont les canaux contiennent toujours de l'air, doivent être disposées hors de l'eau.

Dans les turbines à réaction, il est indifférent, pour une chute donnée, que la chute d'eau presse au-dessus de la turbine ou agisse au-dessous par aspiration; ceci explique pourquoi certaines turbines ont pu être disposées à 6, 7 et 8 mètres (théoriquement $10^{m},34$) au-dessus du niveau d'aval.

On préfère les turbines aux roues hydrauliques (qui sont plus lentes) dans le cas où l'on veut obtenir une rotation rapide sans beaucoup d'engrenages le nombre de tours dépasse rarement 300 par minute) cependant leur application dépend aussi de la nature des chutes d'eau dont ou dispose. L'eau est amenée à la turbine dans des canaux ordinaires, et pour de hautes chutes au moyen de conduites en fonte ou en tôle : la vitesse d'arrivée dans la turbine ne doit pas dépasser un mètre.

D'après la direction suivant laquelle l'eau agit, on distingue les turbines en *radiales* ou en *axiales*.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les premières, je citerai à titre de mémoire, la turbine *Fourneyron*, *Cadiat*, *Canson*, etc., et parmi les secondes, celles de *Jonval-Kœchlin*, *de Fontaine*, *de Girard*, etc. Pour plus de détails, voir *Vigreux : Théorie et pratique de l'Art de l'Ingénieur*, Série D.

Les expériences pratiques ont prouvé que certaines turbines peuvent donner un rendement de 0,80.

Tubulures. Les seules bonnes tubulures sont sans soudure, avec empatture épaisse. On les brase généralement par dehors, le trou étant percé d'avance dans le tuyau, mais on peut aussi les braser par dedans, en faisant fondre à l'intérieur, sur le tuyau non percé, un glacis de soudure, que l'on débouche ensuite avec un foret à lame ovale, cylindrique dans le haut pour se guider dans l'intérieur de la tubulure.

On peut braser (voir *Braser*) sur un tuyau une tubulure d'un diamètre notablement plus fort, en ovalisant la tubulure dans la partie où elle se joint au tuyau. C'est particulièrement utile pour les culottes (fig. 1), où le courant du fluide doit se diviser en deux branches.

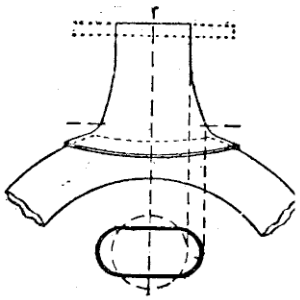


Fig. 1

Le travail des tubulures exige le plus grand soin.

Pièces en coquilles. Lorsque les coudes, où les pièces branchées, sont trop raides ou trop difficiles

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pour les faire par cintrage, on les construit en coquilles, c'est-à-dire en pièces formées séparément, au marteau, à leur cintre définitif, et brasées après coup, ou quelquefois, pour de très grosses pièces, rivées et soudées. La figure 2 représente les deux pièces formant un coude d'équerre. Dans les coudes en coquilles, la position des brasures peut être changée, suivant la commodité du travail.

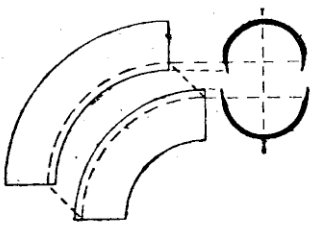


Fig. 2

Turc. On donne ce nom à un petit vérin qui remplace le tas à main et qui est utilisé en grosse chaudronnerie, pour maintenir en place la tête des gros rivets et la faire porter sur la tôle pendant l'opération du rivetage.

Tuyauterie. La tuyauterie est l'art d'assembler, cintrer et combiner les tuyaux, et s'entend généralement des tuyaux de vapeur ou d'eau, à part des conduites enterrées, des distributions d'eau proprement dites.

Tuyaux de plomb. Les tuyaux de plomb ne s'emploient guère, en ce qui concerne les machines, que pour des conduites d'eau de faible diamètre et à une température modérée. A 100° le plomb se ramollit déjà beaucoup, au point qu'on ne peut l'employer pour des échappements de vapeur. On assemble ces tuyaux par emboîtage bout à bout, en les soudant par un bourrelet de soudure d'étain, de forme ovoïde, nommé *nœud*. On emploie aussi le joint à brides, les collets étant très faciles à faire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Poids des tuyaux en plomb.

Diamètre intérieur	Diamètre en *mm*								
mm	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0,86	1,39	2,00	2,68	3,43	4,25	5,14	6,10	7,13
13	1,07	1,71	2,43	3,21	4,07	5,00	6,90	7,06	8,19
15	1,21	1,93	2.71	3.57	4.50	5,50	6,57	7,71	8,91
20	1,57	2,46	3,43	4,46	5,57	6,74	8,00	9 31	10,70
25	1,93	3,00	4,14	5,35	6,63	7,98	9,42	10,91	12,48
30	2,28	3,53	4,85	6,24	7.70	9,24	10,85	12,52	14,26
40	3,00	4,60	6,28	8,03	9,84	11,73	13,70	15,73	17,83
50	3,71	5,67	7,71	9,81	11,98	14,23	16,55	18,94	21,39
60	4,42	6.74	9,13	11,59	14,12	16,73	19,41	22.15	24,96
70	5,14	7,81	10,56	13,37	16,96	19 22	22,26	25,36	28,52

Poids des tuyaux en fonte.

Diamètre intérieur, en *mm*.	Épaisseurs des parois en *mm*.							
	5	10	15	20	25	30	35	40
25	3,417	7,975	13,67	20,51	28,47	37,58	47,83	59,22
30	3.987	9,113	15,38	22,78	31,32	41,00	51,84	63.73
35	4,557	10,25	17,08	23.61	34,17	44,41	55,80	68,32
40	5,126	11,39	18,79	27.33	37,01	47,83	59,78	72.88
45	5.695	12,53	20,50	29,61	38,86	51,24	63,77	77.43
50	6,254	13,67	22,21	31 80	42,70	54,66	67,75	81,98
60	7,402	15,94	25,62	36,44	48.39	61,49	75,74	91,12
70	8,540	18,22	29,04	40.99	54,10	68:34	83.71	100,2
80	9,679	20,50	32 46	45,55	59,79	75,16	91,68	109,3
90	10,82	22,78	35.88	50,11	65,49	82,00	99,65	118,4
100	11,96	25,06	39,29	54.66	71,17	88,83	107,6	127,5
125	14,80	30,75	47,83	66,04	85,40	105.9	127.5	150,3
150	17.65	36,45	56,38	77,14	99,65	123 0	147,5	173,1
175	20.50	42,14	64.91	88,83	113,8	140,0	167.4	195,9
200	23,34	47,82	73,45	100,2	128,1	157,1	187,3	218.7
225	26,19	53,53	82,00	111,6	142,3	174,2	207,3	241,4
250	29,04	59,22	90 53	122.8	156,6	191,3	227,2	264,2
275	31.89	64,92	99,8	134,3	170,8	208,4	247,2	287 0
300	34,73	70,61	107,6	145,7	185,0	225.5	267,0	309,7
325	37,58	76,30	116,1	157,2	199,3	242.5	287,0	332,6
350	20,42	82.00	124,7	168,5	213.5	259,7	307,0	355,3
375	43,28	87,72	133,2	179,9	227,8	276.6	326,8	378,2
400	46,11	93,38	141,8	191,3	241 9	293.8	346.4	400,8

Tuyaux de fer. Il en existe de deux espèces : les tuyaux soudés par *rapprochement* ou encollage, et les tubes soudés par *recouvrement*, c'est-à-dire en biseau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tuyaux soudés à rapprochement (*dits étirés*). Ces tuyaux sont filetés à leurs extrémités et réunis par un manchon également fileté, dont l'épaisseur est la même que celle du tuyau, et dont la longueur peut varier suivant les besoins.

L'assemblage par manchons filetés est difficile à rendre étanche, pour des pressions notables, et il rend très laborieux le démontage des conduites, en cas de réparations. Il est néanmoins très employé pour les tuyautages de vapeur et les conduites de gaz.

Il est difficile de cintrer ces tuyaux sans que la soudure s'ouvre. On peut y assembler par filetage, des brides pour joints. Employés comme piliers, ils font de très bonnes cotonnettes.

Dimensions courantes des tuyaux soudés par rapprochement, en bouts de 4 mètres à 4^{m},50 environ, filetés aux extrémités.

Diamètres bruts en millimètres		Poids moyen du mètre courant en kilogr.	Diamètres bruts en millimètres		Poids moyen du mètre courant en kilogr.
intérieur	extérieur		intérieur	extérieur	
5	10	0,4	50	60	6,6
8	13	0,6	57	67	8,0
12	17	0,85	60	70	8,4
15	21	1,21	66	76	9,6
20	27	1,8	72	82	11,0
26	34	2,6	80	90	12,5
33	42	3,6	90	100	14,5
40	49	4,68	100	112	18,40

Tubes soudés à recouvrement. Ces tubes, faits pour les chaudières à vapeur, peuvent très bien s'employer en tuyauterie, et on arrive à les travailler parfaitement.

Les assemblages bout à bout se font par colliets

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rabattus, ou mieux par brides brasées. On peut aussi, pour les tuyaux qui ne sont pas exposés à des chocs ou vibrations, se contenter de les mandriner dans leurs brides au moyen de l'outil *Dudgeon* ou de l'*Extensible*, voir page 204. La solidité de cet assemblage, qui est très économique, est beaucoup augmentée en pratiquant dans l'alésage de la bride, sur le tour, au moyen d'un peigne à fileter, des cannelures formant un filet de vis dont le pas serait nul. Le métal du tube est refoulé dans ces cannelures par la pression des galets.

Pour les soudures bout à bout ou emboîtages, voir ci-après: *Tuyaux de cuivre.*

Pour renfler une partie d'un tube, il faut la chauffer au rouge, puis la refouler contre un tas ou une enclume, en ayant soin de refroidir préalablement le bord du tube, dans l'eau. Il se produit un renflement ovoïde, qu'on ramène à la forme cylindrique en le faisant passer dans une bague alésée au diamètre voulu. Ce mode de travail tend à renforcer l'épaisseur du métal, au lieu que l'étirage sur une bigorne le diminue.

Pour cintrer un tube, on le remplit de sable de grès, parfaitement sec ; on tasse le sable en secouant le tube à coups d'un petit marteau, et on bouche les extrémités. On chauffe au rouge la partie à cintrer, et on la ploie en arrosant d'eau la convexité, afin que le métal soit refoulé du côté de l'intérieur, et non étendu (et par suite aminci) du côté extérieur du cintre.

On peut facilement braser des tubulures sur des tuyaux en fer, en prenant des tubulures de cuivre, en étamant préalablement le tuyau, et en employant une soudure de cuivre pas trop fusible (voir *Tuyaux de cuivre*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dimensions courantes des tubes en fer, soudés à recouvrement, par bout de 4 à 5 mètres.

Diamètre extérieur *d* en millim.	Epaisseur moyenne *e* en millim.	Poids moyen *p* du mètre courant en kilogr.	Diamètre extérieur *d* en millim.	Epaisseur moyenne *e* en millim.	Poids moyen *p* du mètre courant en kilogr.
25	2	1,125	100	3,6	8,7
30	2	1,4	105	4	9,9
32	2	1,5	110	4	10,4
35	2	1,65	115	4,3	11,6
40	2,2	2,15	120	4,3	12,1
45	2,5	2,6	125	4,3	12,6
50	2,5	2,9	130	4,4	13,2
55	3	3,85	135	4,5	14,4
60	3	4,2	140	4,5	15
65	3	4,6	145	4,5	16,1
70	3	5,4	150	5	18,3
75	3	6,2	155	5	48,9
80	3,5	6,6	165	5	19,65
85	3,5	7,0	170	5	20,4
90	3,5	7,5	175	5	21
95	3,5	8,2	180	5	21,7

Les épaisseurs ci-dessus sont le minimum admissible pour chaudières. Pour des constructions soignées, il est bon de commander les tubes plus épais d'environ 1 millimètre.

Tubes d'épaisseur renforcée, pour très hautes pressions.

Diamètre en millimètres		Poids moyen du mètre courant en kilogr.	Diamètres en millimètres		Poids moyen du mètre courant en kilogr.
intérieur	extérieur		intérieur	extérieur	
4	11	0,63	18	30	3,13
7	13	0,72	24	34	3,44
10	17	1,10	30	42	5
12	21	1,77	38	49	5,76
15	27	2,86	48	60	7,80

On peut avoir en outre des tuyaux plus minces,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

destinés à être employés droits, pour conduites, chauffages, etc., et qui se livrent avec leurs brides de joint; il s'en fait couramment jusqu'à 305 millimètres de diamètre extérieur.

Poids des tuyaux en fer étiré (voir page 267).

Dispositions des tuyautages. L'ensemble d'un tuyautage doit être à l'abri des avaries, et facile à visiter ou démonter. Pour cela il faut que les tuyaux soient maintenus par des colliers à boulons ou à vis, et posés dans des endroits bien apparents. On doit éviter de placer des tuyaux sous terre ou dans des caniveaux, où les fuites ne se voient pas, et où les joints sont difficiles à refaire. Dans les endroits où plusieurs conduites règnent ensemble, il faut éviter qu'elles ne se croisent, et les robinets doivent être solidement soutenus et assujettis, pour qu'en les manœuvrant on ne fatigue pas les joints.

Pour les conduites de vapeur, il faut éviter les contrepentes, qui occasionnent des coups de bélier. Les coudes doivent être distribués de manière à permettre la libre dilatation de tout le tuyautage, Au besoin, il faut établir spécialement dans ce but, des sinuosités ou compensateurs, auxquels on donne souvent la forme d'une lyre. Tout tuyau qui réunit deux pièces fixes doit être coudé ou sinueux, afin de se prêter au serrage des joints.

Lorsqu'un même tuyau doit être coudé dans deux plans différents, la ligne de brasure se trouverait forcément en dehors ou en dedans de l'un des cintres ; il faut alors tordre le tuyau sur lui-même, entre les deux cintres, d'un angle suffisant pour que la ligne de brasure se retrouve dans la position convenable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les tuyautages compliqués doivent être tracés en vraie grandeur, afin de présenter sur l'épure, au cintrage, tous les tuyaux, et d'arrêter exactement la position des brides et des robinets ; sur les pièces elles-mêmes. On ne doit négliger aucun soin pour la bonne combinaison du tuyautage ; l'arrangement méthodique des tuyaux et des robinets assure le bon service et prévient beaucoup d'accidents, c'est pourquoi je recommande tout spécialement d'employer de bons ouvriers pour ce travail.

Tuyaux de cuivre. Les tuyaux en laiton sont difficiles à travailler ; on ne les emploie guère en tuyauterie (voir pages 177, 178 et 179).

Poids des tuyaux en laiton, sans soudure.

Diamètre extérieur	Épaisseurs en *mm*.								
	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3
mm	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
10	0 240	0 292	0 340	0 385	0 427	»	»	»	»
15	0 373	0 458	0 540	0 619	0 694	0 766	0 834	0 899	0 961
20	0 507	0 625	0 741	0 852	0 961	1 066	1 168	1 126	1 361
25	0 640	0 792	0 941	1 086	1 228	1 366	1 502	1 633	1 762
30	0 774	0 959	1 141	1 320	1 495	1 667	1 835	2 001	2 162
35	0 907	1 126	1 341	1 533	1 762	1 967	2 169	2 368	2 563
40	1 041	1 293	1 542	1 787	2 029	2 268	2 503	2 735	2 964
45	1 174	1 460	1 742	2 021	2 296	2 568	2 837	3 102	3 364
50	1 308	1 627	1 942	2 254	2 563	2 868	3 171	3 469	3 765
55	1 441	1 794	2 142	2 488	2 830	3 169	3 504	3 836	4 165
60	1 575	1 961	2 343	2 722	3 097	3 469	3 838	4 204	4 566
65	1 709	2 127	2 543	2 955	3 364	3 770	4 172	4 571	4 966
70	1 842	2 294	2 743	3 189	3 631	4 070	4 506	4 938	5 367
75	1 976	2 461	2 944	3 423	3 898	4 371	4 840	5 305	5 767
80	2 109	2 628	3 144	3 656	4 165	4 671	5 173	5 672	6 168
85	2 243	2 795	3 344	3 890	4 432	4 971	5 507	6 040	6 569
90	2 376	2 962	3 544	4 124	4 700	5 272	5 841	6 407	6 969
95	»	»	3 745	4 357	4 967	5 572	6 175	6 774	7 370
100	»	»	»	4 591	5 234	5 873	6 509	7 141	7 770

Les *assemblages bout à bout* se font par des brides brasées, soit à l'aide de collets pris entre des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

brides. Les collets peuvent être rabattus au marteau (fig. 1 *a*), ou rapportés et brasés, ce qui permet de les faire plus solides, surtout en les faisant à pince relevée (fig. 2 *b*). On peut aussi employer le mandrinage ou dudgeonnage, toutefois il n'est réellement solide qu'à la condition de mandriner dans le tube une bague en fer, à l'aide du dudgeon ou de l'extensible, ce qui a l'inconvénient de réduire la section de passage (voir le tableau page 178).

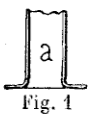


Fig. 1

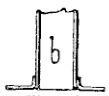


Fig. 2

Soudure bout à bout ou emboitage. L'un des tuyaux étant rétreint à son extrémité, sur une longueur au moins égale à son diamètre, pénètre dans l'autre, qui est au contraire évasé en pavillon (fig. 3). Les surfaces du godet annulaire, ou prend la soudure, doivent être bien nettes.

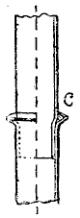


Fig. 3

On nettoie à la lime le cordon de soudure *c*, qui doit être bien continu, sans soufflures. S'il est nécessaire de conserver au tuyau un diamètre extérieur uniforme, on enlève le cordon saillant, à la lime ou à la meule, mais la solidité de l'assemblage est par là diminuée *(emboitage perdu)*.

Les emboitages de fer sur fer se font de la même manière, mais avec une soudure moins fusible. On peut les faire à la fonte blanche, bien cristalline, ce qui est très solide.

Lorsqu'une pièce doit recevoir plusieurs brasures très rapprochées, et qu'on ne peut les effectuer simultanément, il est nécessaire de se servir de soudures graduées, dont les points de fusion diffèrent notablement. On emploie d'abord la moins

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fusible, et on continue par ordre de fusibilité. Toutes les brasures doivent être combinées de manière que les pièces puissent se contracter librement, en se refroidissant.

Cintrage. Le cintrage se fait à froid, les tuyaux étant préalablement recuits. Sauf le cas où l'épaisseur est très forte par rapport au rayon du tuyau, il faut remplir le tuyau pour éviter qu'il ne s'aplatisse; on se sert, à cet effet, de résine colophane recuite pour en chasser complètement l'eau. En refroidissant, la résine durcit dans le tuyau, et, à mesure du cintrage, on plane, au petit marteau, sur la résine, les plis qui se produisent du côté refoulé.

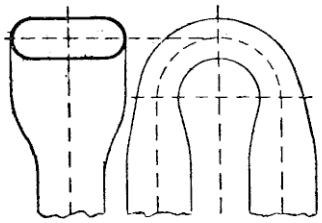
On ne peut guère atteindre, en une passe, un cintre dont le rayon intérieur soit plus court que deux fois le diamètre du tuyau. Pour aller plus loin, il faut vider le tuyau, le recuire et le remplir à nouveau.

Quelquefois, pour des cintres très difficiles, on remplit avec du plomb.

La position de la ligne de brasure du tuyau a une grande importance. Elle doit se trouver sur le côté un peu en dedans du diamètre moyen, suivant la



Fig. 4


Fig. 5

la ligne *ab* (fig. 4), et le biseau extérieur de la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

soudure, ou pince, doit être tourné vers le dedans en *c* ; de manière que le glacis intérieur de la brasure soit sur la ligne médiane *de*.

On peut faire faire des cintres très raides à de gros tuyaux, en les aplatissant de manière à rendre leur section ovale (fig. 5) ; il faut cependant tenir compte que la section est par là diminuée.

Les tuyaux sans soudure se cintrent généralement avec plus de facilité que les tuyaux brasés, le métal étant forcément de très bonne qualité. Toutefois, on y trouve quelquefois, par suite de l'excessif étirage, des pailles ou fentes qui règnent sur une grande longueur, et doivent faire rebuter la pièce, sinon l'on s'expose, même en marche ordinaire à des accidents graves.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

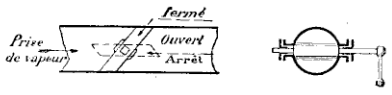
U

Unité de puissance des machines. On dit qu'une machine à une puissance de un cheval ou bien qu'elle est de la force de un cheval, quand elle est capable de produire un travail de 75 kilogrammètres par seconde. (Voir *Force* et *kilogrammètre.*)

V

Vache (voir page 293).

Valve de régulateur. Le levier des régulateurs à boule communique généralement au moyen d'une tringle le mouvement à une valve, laquelle est placée dans un tuyau qui amène au cylindre la vapeur de la chaudière, de telle sorte que cette valve s'ouvre et se ferme alternativement en fonction de la vitesse du moteur. L'arrivée de vapeur se trouve diminuée; quand la vitesse de la machine augmente, elle est introduite, au contraire, en plus grande quantité s'il y a ralentissement.



Vapeur. Substance réduite en gaz par la chaleur (voir pages 20 et 126).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ventilateur. Le ventilateur se compose le plus généralement d'un axe tournant sur des supports et recevant par une poulie le mouvement d'un moteur quelconque : sur cet axe sont ajustées un certain nombre de palettes à air.

Le système tourne dans un tambour au centre duquel sont percés une ou deux ouvertures et possédant, sur sa circonférence, un tuyau disposé tangentiellement à cette dernière, et par lequel l'air s'échappe après avoir été aspiré par les ouvertures du centre sous l'action du mouvement centrifuge de l'appareil qui tourne et qui doit être animé d'une très grande vitesse, laquelle varie suivant le type employé (voir *Tableau des principales vitesses*, page 992).

Le ventilateur ordinaire doit se placer à l'air libre, dans une enceinte rectangulaire en maçonnerie, dont les faces longitudinales, traversées par les extrémités de l'arbre, sont percées chacune d'une ouverture circulaire qui met le ventilateur en communication avec les travaux à ventiler. Les deux autres faces de la maçonnerie ne doivent pas être plus élevées que l'axe du ventilateur.

A égale distance des deux faces longitudinales, il est bon de fixer sur l'arbre un diaphragme en tôle qui sépare les deux courants arrivant au ventilateur, afin d'éviter qu'ils puissent se contrarier.

La transmission se fait au moyen d'une poulie en bois ou en métal calée sur l'arbre même de l'appareil.

Comme les ventilateurs en mécanique trouvent des emplois très importants; sans remonter à décrire les anciens types, je vais en citer quelques-uns parmi les plus nouveaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ventilateurs soufflants pour forges, fonderies, etc., système d'Anthonay. Ils se composent essentiellement (fig. 1 et 2), d'une turbine à aubes recourbées dans le sens de la rotation, et laissant à la

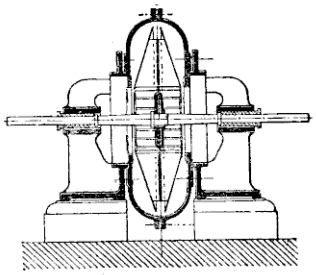


Fig. 1

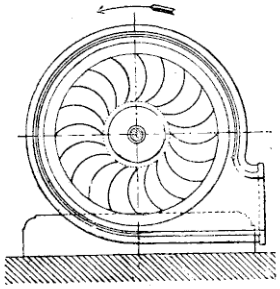


Fig. 2

circonférence, entre les deux tôles coniques qui comprennent les ailes, un espace annulaire constituant un réservoir d'air en pression qui permet d'obtenir un écoulement uniforme, et par là de supprimer le ronflement.

La pression de l'air est sensiblement égale à celle qui correspond à la vitesse de la circonférence de la turbine. Le rendement atteint 0,70, lorsque la section de débit utile est égale à la moitié de la section de la buse.

Ventilateurs héliçoïdes Fouché. On peut employer, avec avantage, pour la ventilation, et à des dépressions (ou pressions) ne dépassant pas 30 à 35 millimètres d'eau, les ventilateurs formés d'ailes héliçoïdes (fig. 3), et placés dans une enveloppe cylindrique. Leur rendement en volume atteint 60 à 70 %. L'enveloppe, ainsi que les deux cônes qui terminent le noyau, sont nécessaires au bon fonctionnement. On fait faire à ces ventilateurs de 300

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à 700 tours par minute. Ils peuvent tourner indifféremment dans les deux sens, ce qui permet, au besoin, de changer le sens de la ventilation, suivant les saisons, en croisant la courroie.

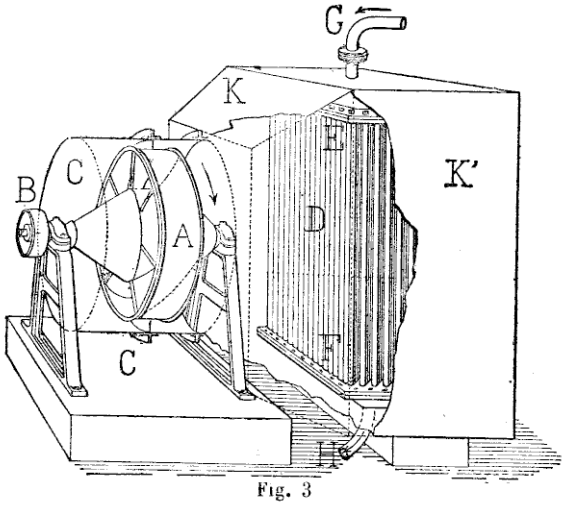


Fig. 3

Ces ventilateurs sont spécialement propres à déplacer de très grands volumes d'air. Le travail consommé varie à peu près, pour le même ventilateur, comme le cube de la vitesse. Le travail effectif a pour mesure le produit du volume débité par la différence de pression d'un côté à l'autre du ventilateur, dans la conduite. Le rendement en travail augmente avec la différence des pressions, il est d'environ 0,5 pour 5 à 10 millimètres d'eau, et peut atteindre 0,6 pour 25 millimètres d'eau environ.

Ils sont employés surtout pour des aérages, chauffages et séchages, avec des différences de pression de 5 à 20 millimètres en hauteur d'eau.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Il est nécessaire, pour chaque application spéciale, d'après le volume d'air à fournir et la différence de pression à produire, de choisir les valeurs les plus favorables pour le pas des ailes, leur surface, le diamètre de l'enveloppe et celui du noyau, la forme de ces parties, la vitesse, etc., et cela d'après les expériences antérieures. Autrement, on s'exposerait à de forts mécomptes dans le rendement.

La roue du ventilateur fait à peu près joint avec l'enveloppe, en tournant dans une rondelle ajustée, en carton. C'est ce qui permet de produire des pressions relativement fortes.

Les ventilateurs à hélice déplacent l'air en n'occasionnant qu'un minimum de tourbillonnements dans la veine fluide, ce qui rend compte de leur rendement relativement avantageux.

La quantité de chaleur perdue dans l'échappement des machines à vapeur est considérable ; elle est avantageusement utilisée par l'*aérocondenseur Fouché* pour échauffer des grands volumes d'air.

Un ventilateur (fig. 3), mis en mouvement au moyen de la poulie B, et renfermé dans l'enveloppe C, projette l'air sur un faisceau de tubes verticaux D, assemblés haut et bas dans des capacités E et F, dont chacune est formée d'une plaque tubulaire jointe à boulons sur une calotte en fonte. C'est le condenseur proprement dit, renfermé dans une enveloppe KK' qui se relie à celle du ventilateur, G est la tubulure d'arrivée de vapeur ; H celle d'évacuation de l'eau condensée.

La vapeur qui remplit les deux calottes et les tubes est à 100° si l'échappement est libre, ou à une température moindre si l'on fait le vide ; dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ce cas, la tubulure H aboutit à une pompe à air. (Pour plus de détail, se reporter aux *Notes et Formules, de l'Ingénieur et du Constructeur-mécanicien.*

Ventilateurs aspirants à réaction. Ces aspirateurs tournent dans l'air libre, sans enveloppe. Ils se composent (fig. 4) d'une turbine analogue aux précédentes, mais dont les aubes se prolongent pour former une roue à réaction, inclinée en sens inverse du mouvement de rotation, afin de n'évacuer l'air qu'avec une très faible vitesse absolue.

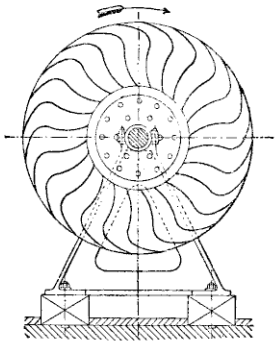


Fig. 4

L'expérience a montré que la pression ou dépression obtenue correspond à la vitesse du point des aubes situé à la naissance des orifices de réaction, c'est-à-dire au jarret de la courbe : le diamètre correspondant est environ les 0,8 du diamètre extérieur, et c'est cette valeur qu'il faut introduire dans le calcul du nombre de tours.

Applications : Aération des mines, des ateliers, ventilations des édifices.

Ces ventilateurs se construisent, simples ou doubles, c'est-à-dire avec des aubes des deux côtés du disque principal.

Ventilateurs Roots. Le ventilateur Roots (fig. 5 et 6) se compose de deux véritables roues d'engrenages *a* et *b*, ayant chacune deux dents, engrenant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ensemble et tournant dans une enveloppe alésée, avec le moindre jeu possible. Les parties extérieures des grandes dents forment piston et refoulent l'air vers la buse de sortie. Les axes de ces

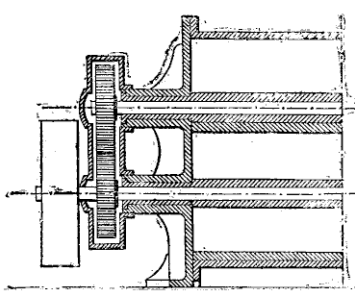


Fig. 5

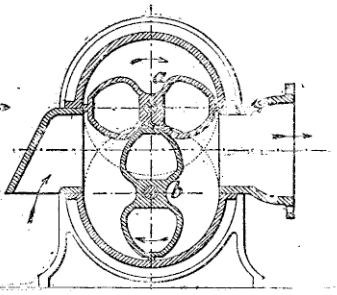


Fig. 6

deux pièces portent deux paires de roues d'engrenage ordinaires, en dehors de l'appareil, une à chaque extrémité ; ces engrenages servent à assurer la concordance du mouvement des dents inférieures, sans qu'elles exercent de frottement l'une sur l'autre.

La commande doit se faire par deux poulies, tournant en sens contraire, une sur chacun des axes : on les place aux deux extrémités. Ce ventilateur est une véritable pompe rotative et peut fouler de l'air jusqu'à $1^{m},50$ de hauteur d'eau. La boîte alésée porte une soupape qui règle la limite de pression.

Au lieu d'être en fonte taillée, la surface des palettes est souvent en bois paraffiné, que l'on enduit de graisse.

Ces ventilateurs sont construits dans d'excellentes conditions par Steinlen et C° (anciens ateliers Ducommun).

Le travail nécessaire est calculé pour une pression

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de refoulement de $0^m,25$ d'eau. (Pour plus de détails, voir *Traité théorique et pratique de physique industrielle,* par L. Vigreux.)

Vérin. Le vérin dont la puissance est souvent de 20 tonnes, est une machine qui sert à élever les grosses pièces, soit pour les placer dans des voitures, soit pour les mettre d'aplomb au montage, etc. La figure 1 représente le *vérin à chariot.* La vis

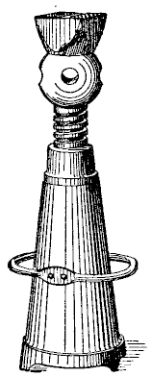


Fig. 3



Fig. 2

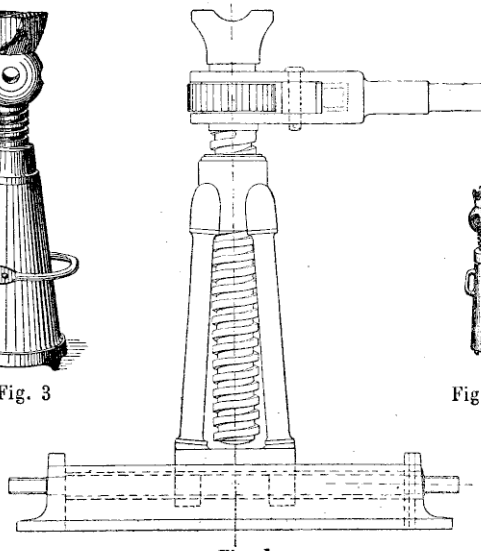


Fig. 1

est en fer, quelquefois en acier, tandis que le corps qui est l'écrou, peut être en fer, en fonte ou en acier. Les vérins encore assez en usage, par leur simplicité, sont les vérins à bouteille (fig. 2 et 3). On construit également des vérins hydrauliques, qui sont bien supérieurs aux précédents, tant comme

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sécurité et commodité de manœuvre, que pour leur rendement, qui atteint jusqu'à 0,70. C'est une véritable presse hydraulique dont le petit piston *a* (fig. 4), est mené directement à l'aide de la manette *b*. La tête du vérin forme réservoir, et l'eau est refoulée dans le corps de pompe inférieur *c*. Le grand piston *d* est d'une pièce avec la patte du vérin. En desserrant la vis *e*, on permet à l'eau de remonter au réservoir, et le vérin descend. Pour la manœuvre, on desserre un peu la vis *f*, qui permet l'entrée de l'air. Il est bon d'additionner l'eau d'un peu de glycérine, pour prévenir la gelée.

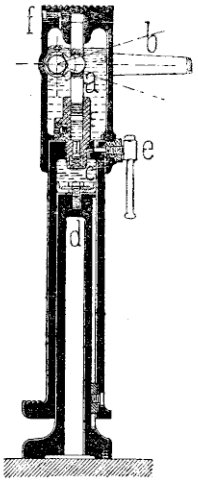
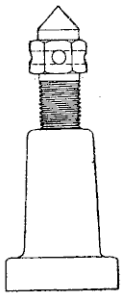


Fig. 4

On construit aussi ces vérins sur chariot à vis pour déplacement latéral. Pour les grandes manœuvres de force, il existe une série d'appareils analogues de forme basse et de course moindre, allant jusqu'à une puissance de 200 tonnes.

Vérin pour marbre. Ce vérin est constitué (fig. 5), par une tige filetée se vissant dans une embase élargie à sa partie inférieure, pour avoir une assise suffisante sur le marbre. Cette tige est terminée en pointe à sa partie supérieure ; entre la pointe et la partie filetée se trouve un six pans servant à la manœuvre.


Fig. 5

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Vernis pour laiton :

Laque en grains	0k140
Succin fondu	0.047
Gomme gutte	0.005
Extrait de santal rouge . . .	0.001
Sang dragon.	0.027
Safran	0.002
Alcool pur	0.778
Faire dissoudre au bain-marie.	1.000

Ce vernis que l'on passe sur les objets en laiton poli, lui donne un brillant propre à l'or, et ils semblent dorés.

Doit se passer sur pièces froides ou peu chaudes.

Vide. A proprement parler qui ne contient absolument rien, ni solide, ni liquide, ni gaz. Dans les machines à vapeur, on donne le nom de *vide* à la différence qui existe entre la pression atmosphérique et la pression du condenseur. C'est la force qui tend à rompre les parois du condenseur de dehors en dedans. Tous les instruments qui servent à mesurer le vide sont gradués en centimètres de mercure.

Vilebrequin. Le vilebrequin est un outil indispensable à l'ouvrier mécanicien, il est destiné à servir d'intermédiaire pour faciliter le perçage du bois, de la pierre, des métaux, etc. On l'utilise encore pour mettre en mouvement cer-

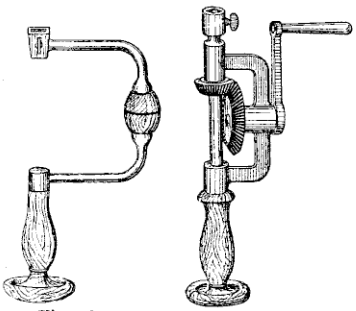


Fig. 1 Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tains outils destinés à fraiser les trous, à les tarauder, à visser et dévisser les vis, etc.

Le vilebrequin *ordinaire* (fig. 1) se compose de trois parties principales : le corps qui est ordinairement en fonte malléable, quelquefois en fer, l'olive et la tête qui sont en bois.

Un autre genre de vilebrequin qui est encore beaucoup employé est le vilebrequin à *engrenages* (fig.2) dont le corps et les engrenages sont presque tonjours en fonte malléable.

On donne encore le nom de vilebrequin aux arbres coudés des machines (voir page 17).

Vitesse. La vitesse est le rapport du chemin parcouru au temps employé à le parcourir. Quelles que soient les unités employées pour l'évaluation des vitesses, on peut les ramener à la seconde et au mètre, c'est ce qu'on fait généralement en mécanique.

Par exemple un train de chemin de fer parcourt 50 kilomètres à l'heure. Sa vitesse serait représentée par le nombre 50 si l'heure était adoptée pour unité de temps et le kilomètre pour unité de longueur. Mais comme c'est à la seconde et au mètre qu'on est est convenu de rapporter les durées et les espaces, on observera que 50 kilomètres équivalent à 50.000 mètres, et qu'une heure équivaut à 3,600 secondes. Le train parcourant 50.000 mètres en 3.600 secondes, parcourt en une seconde le quotient :

$$\frac{50.000}{3.600} = 13^{m},88$$

et sa vitesse est représentée dans le système usuel d'unités, par le nombre 13,88.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La vitesse des navires s'estime habituellement en *nœuds*, (*mille marin*), c'est une expression employée à bord des bâtiments et le nœud équivaut à 1.852 mètres.

L'ouvrier mécanicien doit chercher à s'initier à pouvoir trouver ses vitesses, lui-même, et savoir s'il doit marcher avec telle ou telle poulie possédant des diamètres différents.

Le moteur, dans tous les cas, doit être le point de départ de tout calcul.

Pour cela, on procède de la façon suivante (fig.1) :

On cherche d'abord la valeur de la circonférence

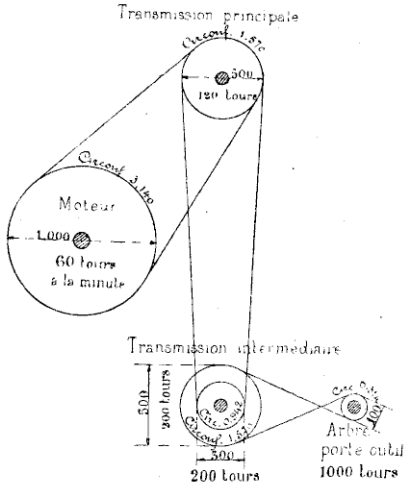


Fig. 1

de la poulie du moteur sur laquelle est placé la courroie et on a dans ce cas,

$$1^{m},000 \times 3.14 = 3^{m},140$$

de développé pour un tour, pour 60 tours à la mi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nute on aura comme chemin parcouru par un point de la circonférence pendant ce temps

$$3^{m},140 \times 60 = 188^{m},400.$$

Un point de la poulie de la transmission principale devra parcourir le même chemin dans le même temps, son diamètre étant 0,500, la valeur de sa circonférence sera

$$0^{m},500 \times 3.14 = 1^{m},570$$

par conséquent le nombre de tours qu'elle fera sera de $188^{m},400$ divisé par $1.570 = 120$.

Un point de la poulie de la transmission intermédiaire devra parcourir également le même chemin dans le même temps, son diamètre étant 0.300, la valeur de sa circonférence sera de

$$0.300 \times 3,14 = 0^{m},942$$

par conséquent, le nombre de tours qu'elle fera sera de $188^{m},400$ divisé par $0,942 = 200$ tours à la minute. Mais sur l'arbre de cette dernière poulie, il s'en trouve un autre de 0,500 de diamètre mètre qui communique le mouvement à un arbre porte-outils de 0,100 de diamètre.

Nous aurons donc, pour trouver le nombre de tours que fait ce dernier, la relation suivante :

$$0.500 \times 3.14 = 1^{m},570$$

et $1,570 \times 200$ donnera le chemin parcouru par un point de la circonférence pendant une minute = 314 mètres.

Pour la vitesse de rotation de l'arbre porte-outils, on aura $\frac{314}{0,100 \times 3,14} = 1,000$ tours à la minute.

Pour obtenir la vitesse de rotation de l'arbre porte-outils, on peut, en prenant toujours la fig. 1 comme exemple, et en ne considérant absolument

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que le rapport des diamètres, établir l'opération sous la forme suivante qui est beaucoup plus simple.

$$\frac{\text{Moteur } 1^{m},000 \times \text{Tours } 60 \times \text{Transmission principale } 0^{m},500 \times \text{Transmission intermédiaire, grande poulie } 0^{m},500}{\text{Transmission principale } 0^{m},500 \times \text{Transmission intermédiaire petit poulie } 0^{m},300 \times \text{Arbre porte-outils } 0^{m},100} = 1000 \text{ tours}$$

Pour obtenir le diamètre à donner, on peut, (fig. 1), connaissant la circonférence de la poulie conductrice, et le nombre de tours qu'elle fait, diviser d'abord le produit de ces deux valeurs par le nombre de tours que l'on désire obtenir et ensuite par π (3.14) ce qui donne

$$\frac{3^{m},14\frac{1}{2} \times 60}{120 \times 3.14} = 0^{m},500.$$

ou encore employer le rapport des diamètres ce qui est plus simple et donne :

$$\frac{1.000 \times 60}{120} = 0^{m},500.$$

Ces exemples sont suffisants pour faciliter la façon de s'y prendre dans tous les cas de transmission par courroie, câbles ou cordes, etc. ; en se persuadant bien que la transmission soit droite ou croisée les calculs restent les mêmes.

La vitesse pour les roues d'engrenage se calcule en rapport du nombre de dents : ainsi, si la roue qui commande a 100 dents et la commandée 50, cette dernière fera deux fois plus de tours que la première, mais si, au contraire, la commande à 50 dents et la commandée 100, cette dernière ne fera alors qu'un demi-tour pendant que la première en fait un.

Si l'on a une roue à dents commandée par une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vis sans fin à vitesse invariable, on doit d'abord se rendre compte du nombre de filets de la vis et du nombre de tours qu'elle fait. Je donnerai comme exemple une vis à un filet faisant 50 tours, et qu'à la roue il s'agisse d'en obtenir 40, il faudra mettre 40 dents à la roue. Si la vis a deux filets, il est clair qu'il ne faudra plus que 20 dents et ainsi de suite en diminuant progressivement en proportion avec le nombre de filets.

Vitesse à donner à la coupe des outils à métaux, en mètres et par minute

MATIÈRES	MÈTRES
Acier à dégrossir.	3 à 4
Bois à tourner.	500 à 700
Cuivre à dégrossir	10
Cuivre à planer	80 à 100
Fer à dégrossir	5 à 8
Fer à planer	12 à 18
Fonte dure.	5
Fonte à planer	70 à 90
Taraudage des boulons à l'huile . .	10
Taraudage des boulons à l'eau de savon	12

Nombre de tours à la minute à donner aux outils à travailler le bois

DÉSIGNATION DES MACHINES	NOMBRE de tours
Machines à fraiser (toupies) et à moulurer	4000 à 4500
» à percer	500 à 800
» à mortaiser	1500 à 2000
» à raboter	4000 à 4500
» à tailler les engrenages . . .	2500 à 3500
Scie circulaire de 500 millimètres environ	1800
Scie à ruban avec poulies de un mètre de diamètre environ	500
Scie en grume.	80 à 120

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tableau des principales vitesses

DÉSIGNATION	VITESSE en mètres par minute
Ane.	36
Course à pied.	84
Chameau	300
Meule à affûter les outils (à la circonférence)	300
Homme au pas de course	420
Goutte de pluie tombant sur la terre . .	550
Transatlantique	700
Bicyclette	840
Torpilleur.	885
Cheval de course.	1000
Meule à affûter les scies (à la circonférence)	1000
Grelon tombant sur la terre	1100
Meule à polir à grande vitesse (à la circonférence).	1500
Levrier.	1550
Pigeon voyageur.	1620
Lapidaire (à la circonférence)	1800
Train rapide (Angleterre)	1933
Scie circulaire pour le fer chaud (à la circonférence).	2200
Scie circulaire pour le cuivre (à la circonférence)	2800
Ouragan	3000
Volant d'une machine à vapeur (vitesse théorique maximum à la circonférence)	3000
id. vitesse pratique . . .	1500 à 1800
Hirondelle.	4000
Ventilateur (à la circonférence) . . .	2500 à 4500
Martinet	5350
Vitesse du son dans l'air (+ 10° centigr.)	20232
Jet de vapeur à la pression de :	
1 atmosph. 1/2 s'échappant dans l'air .	21000
5 atmosphères » » .	33800
Vitesse initiale d'une balle de fusil Lebel	36500
Electricité (fil télégraphique aérien) . .	2160000000
Vitesse de la lumière (le soleil près de l'horizon, d'après *Cornu*).	18014400000

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Volant. L'organe régulateur de la vitesse dans une machine se nomme volant; il a pour but de resserrer entre des limites convenables, les variations périodiques de sa vitesse. Lorsque la vitesse de la machine tend à décroître, une partie de la force vive du volant se transforme en travail moteur et tend à la ramener à sa vitesse moyenne; quand au contraire, le mouvement de la machine s'accélère, ce volant intervient pour restreindre cette accélération, en emmagasinant à l'état de force vive une partie de l'excès du travail moteur.

Un volant se compose généralement d'un anneau ou jante circulaire en fonte, relié à un moyeu par des bras. La forme de la jante peut varier, mais, le plus ordinairement, elle est légèrement bombée pour recevoir une courroie dans certains cas, où à gorges pour recevoir des câbles. Quelque soit le mode de transmission, l'anneau est toujours renforcé par des nervures, à moins que ce ne soit un anneau plat, faisant suite aux bras.

Les volants doivent être ajustés très juste sur les arbres correspondants et se fixent au moyen d'un clavetage.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Z

Zinc. Le zinc est un métal d'un blanc bleuâtre, à texture cristalline, ce qui le rend aigre et cassant. A la température ordinaire, le zinc ne peut être laminé, ni étiré en fil, à raison de son peu de tenacité, mais entre 150 et 200 degrés, il devient plus facile à travailler, et c'est entre ces limites de température qu'on prépare les feuilles de zinc si fréquemment employées de nos jours pour la couverture des bâtiments. En dehors de ces limites de température au dessous de 150° ou au-dessus de 200°, il se travaille fort mal. Entre 250 et 300°, il devient si fragile qu'on peut aisément le pulvériser sans le marteau.

Le zinc fond vers 450°; il est volatil au rouge un peu au-dessus de la température de sa fusion, et sa vapeur s'enflamme au contact de l'air en produisant des flocons blancs très légers d'*oxyde de zinc*.

Le zinc graisse les limes, ou pour mieux dire, il reste engagé dans leurs entailles qu'il remplit et dont il amortit ainsi l'effet.

L'un des principaux usages du zinc est la préparation pour la peinture en bâtiments du *blanc de zinc,* corps tout à fait inoffensif, qui remplace le blanc de plomb, dangereux pour la santé des peintres. Les peintures au blanc de zinc, un peu moins brillantes d'abord et plus mates que celles dans lesquelles il entre du blanc de plomb, sont presque insensibles aux émanations capables de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

produire un dégagement d'acide sulfhydrique ; aussi l'usage tend-il à s'en généraliser.

On fut assez longtemps sans pouvoir le souder, parce que, pour qu'un métal puisse se souder à lui-même, il faut le chauffer assez pour l'amener à un commencement de fusion, et éviter avec soin l'interposition de matières étrangères et surtout de matières infusibles incapables de se souder elles-mêmes avec le métal. Or, lorsqu'on chauffe le zinc assez fortement pour le ramollir, sa surface s'altère et se recouvre d'oxyde de zinc infusible dont l'interposition fait obstacle à la soudure. On a eu l'idée de mouiller, avec un pinceau trempé dans l'acide hydrochlorique (*esprit de sel*), les parties qu'on veut souder (voir page 846) ; cet acide dissout et entraîne l'oxyde de zinc formé, et décape ainsi le métal, dont la soudure devient alors facile et permet d'en multiplier les usages.

Le zinc remplace le plomb et le cuivre pour les statues, les vases, etc. Il est utilisé sur une grande échelle pour la couverture des bâtiments, des tuyaux de conduite, les ornements repoussés, etc.

La dilatation linéaire du zinc de 0 à 100°, est d'environ 3 millimètres par mètre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ÉLECTRICITÉ & MAGNÉTISME

L'*Électricité* est un agent physique puissant dont la présence se manifeste par certains phénomènes d'attraction et de répulsion, de lumière, de commotions, de composition et de décomposition chimique, etc., qui se développent dans les corps sous l'influence de certaines causes.

Six siècles avant l'ère chrétienne, *Thalès*, philosophe, avait remarqué qu'un morceau d'*ambre*, frotté avec de la laine acquérait la propriété d'attirer les corps légers et ensuite de les repousser. Plus tard, *Gilbert* de Londres, reconnut que le verre, la résine, la cire à cacheter, etc., pouvaient acquérir les mêmes propriétés. Il fut aussi démontré que les métaux eux-mêmes s'électrisaient par le frottement, en ayant soin de les isoler par quelqu'unes des substances précédentes et que le contact ou les actions chimiques produisaient aussi de l'électricité.

Depuis Gilbert on peut encore citer *Otto de Guericke*, *Franklin*, *Coulomb*, *Volta*, *Davy*, *Ampère*, *Faraday*, l'abbé *Nollet*, *Becquerel*, *Edison*, *Hopkinson*, etc., qui ont particulièrement contribué aux progrès de l'électricité.

L'industrie s'emparant peu à peu de ces diverses conquêtes de la science, en a réalisé de nos jours de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

merveilleuses applications, telles que la télégraphie électrique, la galvanoplastie, la lumière électrique, la traction électrique, la transmission de la force, etc., etc.

Électricité (*Unités électriques*).

Supposons deux réservoirs placés à des hauteurs différentes, réunis par des tuyaux et remplis d'eau, cette dernière circulant dans les tuyaux nous représentera le *courant électrique.*

On désigne sous le nom de conductibilité la propriété qu'ont certains corps de transmettre plus ou moins bien le courant électrique. La conductibilité est l'inverse de la résistance (décrite plus loin), en un mot plus la conductibilité d'un corps est grande, plus sa résistance est faible. Les corps qui occupent la première ligne comme conducteur sont les métaux.

La vitesse de transmission de l'électricité est à peu près la même que celle de la lumière, environ 300.000 kilomètres par seconde.

L'*intensité électrique*, se rapporte dans l'exemple ci-dessus, à la quantité d'eau débitée par les tuyaux dans l'unité de temps, elle représente la grandeur de l'effet produit. On dit que le courant a une intensité double, triple, quadruple d'un autre, quand il produit le même effet que deux, trois, quatre courants égaux à cet autre et passant simultanément dans ce même conducteur.

La *tension* peut-être comparée à la différence de niveau de deux réservoirs d'eau (dans l'usage courant pour plus de simplicité ce mot remplace souvent l'expression force *électro-motrice* ou *potentiel*, quoique la force électro-motrice soit la cause et la différence de potentiel l'effet. Le potentiel proprement dit est la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

charge électrique sur chacun des conducteurs). La tension varie avec le couplage des piles.

La *résistance* d'un conducteur électrique peut être comparée à la résistance de frottement supportée par l'eau contre les parois des tuyaux qu'elle parcourt. Plus la section du conducteur est grande, plus la résistance est faible.

La *quantité* d'électricité qui passe dans un circuit, est analogue à la quantité d'eau qui passe dans une conduite donnée sous-pression, elle est proportionnelle au temps pendant lequel elle s'écoule et à la pression qui détermine l'écoulement et inversement proportionnelle à la résistance de la conduite.

Les *trois quantités fondamentales* en usage dans les sciences physiques se mesurent en fonction de *trois unités fondamentales*, qui sont : le *centimètre* (C), unité de longueur ; le *gramme* (G), unité de masse ; la *seconde* (S), unité de temps.

Le système de ces trois unités porte le nom de *système centimètre-gramme-seconde*, et, par abréviation, *sysème C. G. S.*

Les trois quantités fondamentales se désignent par : L, pour la longueur ; M, pour la masse ; T, pour le temps.

Les unités se divisent en *multiples* et *sous-multiples :*

		Unités
Multiples. . .	Méga ou meg désigne.	1 000 000
	Myria — .	10 000
	Kilo — .	1 000
	Hecto — .	100
	Déca — .	10

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

		d'unité
Sous-multiples .	Déci désigne . . .	$\frac{1}{10}$
	Centi — . . .	$\frac{1}{100}$
	Milli — . . .	$\frac{1}{1\,000}$
	Micro ou Micr. . .	$\frac{1}{1\,000\,000}$

La *force électro-motrice*, *tension* ou *potentiel*, est la cause qui détermine l'écoulement de l'électricité dans un circuit. L'unité pratique est le *volt*.

L'unité pratique de la *résistance* au passage de l'électricité dans les conducteurs est l'*ohm*.

L'unité pratique d'*intensité* d'un courant électrique est l'*ampère*.

L'unité pratique de la *quantité* d'électricité qui passe dans un circuit est le *coulomb*.

L'unité pratique de *capacité* qui représente la quantité d'électricité qui s'accumulerait dans un condensateur de dimension donnée, en le chargeant avec un courant ayant un potentiel de 1 volt, est le *farad*.

D'où le tableau suivant :

NATURE des quantités à mesurer	NOM de l'unité	SYMBOLE
Force électro-motrice .	Volt	E
Résistance	Ohm	R
Intensité.	Ampère	I
Quantité.	Coulomb	Q
Capacité.	Farad	C

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Un *megohm* vaut 1 000 000 d'ohms.

Un *milliampère* vaut la millième partie d'un ampère.

Un *microfarad* vaut la millionnième partie d'un farad, etc.

L'unité C. G. S. de *longueur* est le *centimètre*.

L'unité C. G. S. de *surface* est le *centimètre carré*.

L'unité C. G. S. de *volume* est le *centimètre cube*.

L'unité C. G. S. de *force* est la *dyne*. C'est la force qui, agissant sur la masse de 1 gramme, lui imprime une accélération de 1 centimètre par seconde.

L'unité C. G. S. de *travail* ou d'*énergie* est l'*erg*. C'est le travail produit par une force d'une dyne agissant sur une distance de 1 centimètre.

1 gramme-centimètre . .	=	981 ergs
I grammètre.	=	98100 ergs
1 kilogrammètre . . .	=	98,1 meg-ergs

L'unité C. G. S. de *puissance* est l'*erg par seconde*.

La *puissance* est le quotient d'un travail par un temps. En pratique industrielle, l'unité de puissance est le kilogrammètre par seconde, ou le *poncelet* de 100 kilogrammètres par seconde.

Courant électrique. — En maintenant une différence de force ou de potentiel entre deux points reliés par un conducteur dans lequel s'écoule un flux d'électricité, on obtient un *courant*. La cause qui produit le courant est la *force électro-motrice*. L'obstacle plus ou moins grand que le conducteur oppose au passage du courant est la *résistance* du conducteur ; le rapport de la quantité d'électricité qui traverse ce dernier au temps employé pour la traverser est l'*intensité*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du courant. Elle est la même dans tous les points du circuit.

L'*ohm*, unité pratique de *résistance*, est représenté par une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de 106 centimètres de longueur, à la température de la glace fondante.

C'est à peu près la résistance d'un fil de cuivre pur de 1 millimètre de diamètre et de 48 mètres de long ; ou celle d'un fil de fer galvanisé de 100 mètres de long et 4 millimètres de diamètre.

L'*ampère*, unité pratique d'*intensité*, est le courant produit par un volt de potentiel, dans un circuit ayant un ohm de résistance.

Le *volt*, unité pratique de *force électro-motrice*, est la force qui soutient un courant de 1 ampère dans une résistance de 1 ohm. Le volt est à peu près égal à la force électro-motrice développée dans un élément Daniell ordinaire.

Le *coulomb*, unité pratique de *quantité*, est la quantité d'électricité qui traverse un conducteur pendant une seconde, lorsque l'intensité est de 1 ampère.

Un courant ayant un ampère d'intensité produit un coulomb par seconde. L'*ampère-heure* est, par suite, la quantité d'électricité qui traverse un circuit pendant une heure lorsque l'intensité du courant est de 1 ampère, et vaut 3.600 *coulombs*.

Le *farad*, unité pratique de *capacité*, est la quantité d'électricité qui renferme un coulomb avec une force de 1 volt.

Les unités de force, de quantité et de capacité se déduisent des unités de résistance et d'intensité, par les relations suivantes :

$$E = IR \qquad Q = It \qquad C = \frac{Q}{E}$$

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

t est le temps ; les autres lettres ont les significations données au tableau ci-dessus.

Unités de travail et de puissance électriques. — L'unité pratique de *travail électrique* est le *volt-coulomb* ou *joule*. C'est le travail produit par un coulomb sous une différence de potentiel égale à un volt.

L'unité pratique de puissance électrique est le *watt* ou *volt-ampère*. C'est la puissance d'un courant de 1 ampère d'intensité sous une différence de potentiel de 1 volt.

1 watt ou volt-ampère = 1 joule ou volt-coulomb par seconde.

1 watt $= \frac{1}{9,81}$ kilogrammètre par seconde.

1 cheval vapeur = 736 watts.

1 kilowatt = 1.000 watts.

1 poncelet = 981 watts = 100 kilogrammètres par seconde.

1 unité électrostatique = 300 volts.

Action des courants. — D'après la *loi de Joule*, le passage d'un courant électrique dans un conducteur, échauffe ce dernier. Cet échauffement varie suivant les circonstances, il peut même être assez fort, lorsqu'on emploie un fil métallique de faible diamètre, pour porter ce fil au rouge. C'est là le principe des lampes à incandescence employées aujourd'hui dans l'éclairage électrique. (Pour la partie théorique, voir l'*Aide-Mémoire du Constructeur de navires*, par B. Martinenq).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A

Accumulateurs. — Les accumulateurs sont constitués par des plaques de plomb séparées par des bandes de caoutchouc qui plongent dans une solution composée de 1/10 d'acide sulfurique et 9/10 d'eau.

Les modèles courants varient en capacité, de 10 à 10.000 ampères heures, et en débit de 1 à 500 ampères.

Les accumulateurs emmagasinent l'électricité sous forme de travail chimique et la régénèrent au moment du besoin.

Pratiquement, on entend simplement par accumulateur, un accumulateur au plomb, tel que Planté l'a découvert.

Accumulateur Planté (Construction). — Dans un vase cylindrique en grès, en verre, en gutta-percha ou caoutchouc durci, on place deux lames de plomb contournées en spirale l'une sur l'autre et séparées l'une de l'autre par deux cordes en caoutchouc comme cela est indiqué sur la figure 1.

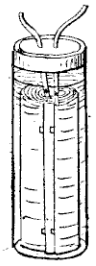


Fig. 1

Chaque lame communique avec une borne fixée sur le plateau en bois ou en caoutchouc durci qui sert de couvercle au vase cylindrique. Un trou doit être également pratiqué dans ce couvercle pour permettre le dégagement des gaz pendant le chargement de l'appareil. Les lames de plomb doivent baigner dans de l'eau acidulée au 1/10 avec de l'acide sulfurique.

Cet élément se charge avec deux couples Bunsen ou bien avec trois ou quatre couples Daniel.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pendant la charge, l'électrode qui correspond au pôle positif se recouvre d'une couche brune de peroxyde de plomb, et l'autre d'une couche de plomb spongieux régénéré.

Lorsque les gaz commencent à se dégager, l'élément est chargé, l'électricité que l'on voudrait continuer à y faire passer serait perdue et ne servirait qu'à décomposer l'eau.

Cet accumulateur peut, en raison de sa grande surface et de sa faible résistance intérieure, fournir un courant très énergique, pendant un temps qui dépend bien entendu du passage offert au courant.

On peut, avec quelques couples associés en quantité pendant la charge et en tension pour la décharge, obtenir la fusion de fils métalliques, un arc voltaïque, obtenir la lumière avec des lampes à incandescence, etc., etc.

Comme toute transformation nécessite une perte, l'accumulateur ne rend donc qu'une partie de l'électricité qu'il a reçue. C'est pourquoi il est préférable d'utiliser les piles directement au lieu de vouloir charger des accumulateurs avec des piles, ce qui donnerait alors une perte d'au moins 30 % qui peut s'élever jusqu'à 50 %.

L'emploi des accumulateurs devient alors très pratique dans le cas où disposant d'une petite force motrice en plus, disponible pendant le jour, on l'utilise à charger à l'aide d'une petite dynamo des accumulateurs destinés à donner le soir, de la lumière électrique. Pour la même raison, si l'on dispose d'une force motrice assez considérable et disponible pendant un certain temps de la journée, on peut l'utiliser pour charger les accumulateurs.

Les accumulateurs se montent en quantité pour les charger, et en tension pour les décharger. La construc-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tion des accumulateurs très difficile à faire en petit, se trouve facilitée pour un amateur par la mise en vente dans le commerce de plaques en plomb toutes formées. M. *Reynier* a combiné récemment deux accumulateurs, l'un au cuivre, l'autre au zinc. La forme des appareils est la même ; le liquide seul diffère.

Un vase rectangulaire (fig. 2) imperméable, en verre,

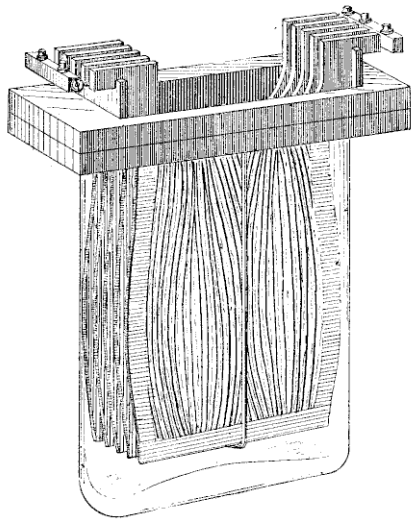


Fig. 2

en grès, etc., contient le liquide dans lequel plongent les électrodes au nombre de trois.

L'électrode positive (fig. 3) est constituée par une lame de plomb plissée et ajourée; elle est suspendue entre deux lames de plomb lisses et minces qui constituent les électrodes négatives. Toutes trois sont portées par une traverse de bois paraffiné et commu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

niquent respectivement à deux bornes montées sur celles-ci.

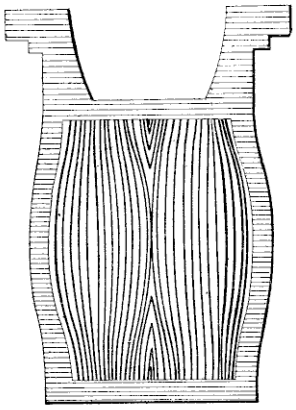


Fig. 3

Dans l'accumulateur au cuivre, le liquide est une solution de sulfate de cuivre, dans celui au zinc, le liquide est une solution de sulfate de zinc. Ces accumulateurs donnent d'excellents résultats, surtout le second.

Un autre type employé est l'accumulateur *Faure Sellon-Volckmar* (fig. 4) qui est constitué par une série de plaques parallèles, alternativement positives et négatives, plongées aussi

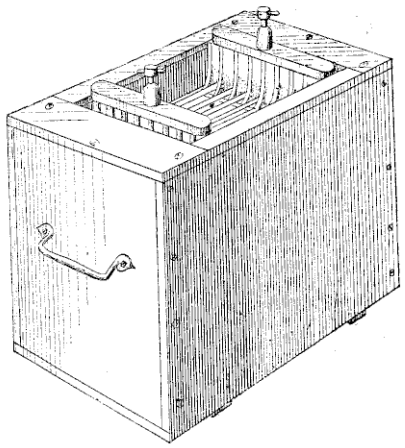


Fig. 4

dans de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique. Ces

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plaques sont rectangulaires et percées de trous carrés dans lesquels sont comprimés du minium et de la litharge.

Il est bien entendu que toutes les plaques négatives sont réunies à une seule borne et toutes les plaques positives à une autre borne distincte de la précédente.

Accumulateurs (Fonctionnement des). — A moins d'indications spéciales du fabricant, le liquide des accumulateurs ordinaires au plomb, doit être composé d'acide sulfurique au soufre et d'eau de pluie autant que possible.

La densité de ce liquide doit être de 18° Baumé, quand l'accumulateur n'est pas chargé. La densité augmente ensuite avec la charge jusqu'à 23 ou 24 B. On fait dans ce but, des densimètres plats spéciaux, dont l'emploi est très commode pour les accumulateurs.

La f. e. m. d'un accumulateur au plomb complètement chargé est de 2,4 à 2,5 volt quand le courant de charge y circule encore ; à circuit ouvert, cette f. e. m. tombe à 2,1 v. environ et conserve à peu près la valeur de 1,9 volt pendant les deux tiers de la décharge. Celle-ci est généralement arrêtée quand la f. e. m. atteint 1,8 v. à *circuit fermé*.

La *charge* des accumulateurs se fait généralement à courant constant ; on règle le courant de charge de manière à le maintenir à 0,75 ou 1 A. par kilogramme de plaques. On arrête la charge quand la d. de p. aux bornes de chaque accumulateur atteint 2,4 à 2,5 v.

Au point de vue de la durée des éléments, il paraît infiniment préférable de charger à potentiel constant : au début, on règle le potentiel de manière à avoir pendant toute la charge, 2,3 à 2,4 v. environ par élément ; il s'en suit qu'au début le courant a une valeur assez

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

forte qui va en diminuant jusqu'à devenir nulle à la fin de la charge.

La décharge se fait à raison de 1 à 2 A. par kilogramme de plaques.

La capacité utile dans un avant-projet, peut être prise de 10 ampères-heure par kilogramme de matière *active* des plaques, c'esst-à-dire que si nous avons 7 plaques, nous n'en compterons que 6 pour évaluer le poids, puisqu'il n'y a que 12 faces actives.

En général, pour les régimes de charge et de décharge ainsi que pour la valeur de la capacité, on devra se reporter aux indications du constructeur du système d'accumulateurs que l'on compte employer.

Le *rendement* des accumulateurs est assez variable suivant les systèmes ; pour de bons accumulateurs, on compte de 0,80 à 0,85 pour le rendement en quantité et de 0,70 à 0,75 pour le rendement en énergie. Industriellement, on ne peut compter sur plus de 0,60 de rendement utile en énergie. Dans le cas d'une installation avec emploi continuel d'accumulateurs, on doit compter sur un rendement de 0,40 à 0,45 du travail fourni à la poulie de la dynamo.

Le rendement d'un accumulateur diminue quand le débit augmente ; c'est ainsi que le rendement peut varier dans les limites de fonctionnement de l'accumulateur, de 0,50 à 0,90 ; par exemple, un accumulateur, calculé pour une décharge en 10 heures, sera complètement déchargé en 3 ou 4 heures, si l'on double l'intensité du courant.

Le local qui reçoit les accumulateurs, doit être parfaitement aéré par un ventilateur électrique ou tout autre moyen, de manière à entraîner le mélange détonant formé par les dégagements gazeux de la batterie. Le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

plancher doit être en briques réfractaires et présenter une pente pour l'écoulement des eaux.

Le type de dynamo adopté doit être tel que sa polarité ne puisse jamais être investie par un renversement accidentel du courant dans l'induit. Si pour une cause quelconque, la d. de p. aux bornes de la dynamo tombe à une valeur inférieure à celle aux bornes de la batterie d'accumulateurs, il faut que dans ces conditions le courant de décharge des accumulateurs à travers la dynamo, ne puisse pas renverser sa polarité. La seule machine remplissant ces conditions est la *dynamo-shunt* ; tout autre système doit être rejeté.

Il faut éviter à tout prix la décharge des accumulateurs à travers la dynamo, car il peut en résulter la destruction de cette dernière, aussi bien que celle de la batterie. C'est dans ce but qu'on emploie soit des *disjoncteurs*, simples, qui rompent le circuit quand la valeur du courant de charge tombe au-dessous d'une certaine valeur, soit des *disjoncteurs-conjoncteurs*, qui en outre de la propriété précédente, rétablissent le circuit quand le potentiel de la dynamo est revenu à sa valeur normale.

Accumulateurs Rousseau (simple). — Ces accumulateurs (fig. 5) sont faits avec des plaques de plomb fondu, à chacune des plaques positive et négative, l'une et l'autre obtenues par la fonte et non laminées, ce qui permet d'obtenir des âmes de telle épaisseur désirée, depuis un millimètre jusqu'à un centimètre et plus, et de parer au gondolage et à l'allongement des plaques étirées par le laminage.

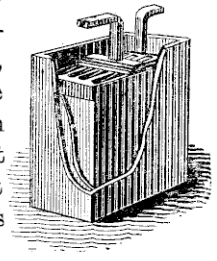


Fig. 5

La plaque positive est recouverte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur ses deux faces de pointes ou dents plus ou moins longues et en nombre plus ou moins considérable selon que l'accumulateur est destiné à un service plus ou moins actif ; les pointes ou dents sont larges à leur base, faisant corps avec l'âme, et finissant en pointe.

Une fois la matière préparée sur la plaque, les dents sont rabattues mécaniquement sur cette matière qu'elles rivent en quelque sorte et la sertissent.

La plaque négative est à âme ajourée, mais la matière active mélangée de poils la feutrant recouvre les deux faces de la plaque complètement, l'âme ne restant ainsi qu'à l'état d'ossature invisible.

Ce qui distingue ces deux sortes de plaque positive et négative des autres systèmes, c'est que la matière active se tient sans discontinuité, ce qui obvie aux inconvénients de toutes les plaques à pastilles, dont la matière active est séparée par les cloisons du grillage, et tombe facilement par l'effet du courant et par la différence de densité entre l'âme de plomb et la matière active.

Sur l'une et l'autre plaque du système Rousseau, on peut mettre telle épaisseur de matières actives que l'on veut, les pointes dont est revêtue la plaque positive sertissant la matière active, et le feutrage de la matière active sur la plaque négative recouverte par ses ajourements sur ses deux faces en assurent la stabilité.

La réunion de ces deux genres de plaques permet d'obtenir une âme de 2 millimètres pour la positive et de 1 millimètre 1/2 pour la négative, 10 à 12 ampères-heure utiles par kilogramme de plaques, ou 13 à 15 ampères-heure utiles par décimètre carré de la plaque positive.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La charge normale de ce système d'accumulateurs est du 5me de leur capacité et leur décharge du quart, ce qui constitue un progrès appréciable sur tous les autres systèmes.

Avec des plaques à âme plus épaisse, la charge des accumulateurs peut se faire au quart de leur capacité et la décharge au tiers.

Ainsi un accumulateur de ce système, de cent ampères peut se charger en cinq heures et se décharger en quatre heures.

Ces accumulateurs sont d'une longue durée, et, au lieu de perdre de la capacité, ils en acquièrent au contraire par l'usage.

Le liquide excitateur est de même nature que celui des autres systèmes. Eau acidulée d'acide sulfurique d'une densité de 13° à 15°.

Autant que possible faire usage d'eau distillée et d'acide sulfurique purifié. L'eau acidulée doit être préparée à l'avance dans un récipient approprié et n'être mise dans l'accumulateur qu'alors qu'elle est refroidie.

Lorsque les accumulateurs doivent rester plus d'une quinzaine de jours sans être en travail, il est nécessaire de les décharger, puis de les retirer de l'eau acidulée, de les laver dans l'eau pure, et de les laisser sécher afin d'éviter la sulfatation des plaques.

La solidité exceptionnelle de ces accumulateurs fait qu'ils peuvent produire la traction avec économie, ainsi que l'éclairage, et sur les voitures, la trépidation ne les détraque pas.

Pour la traction, les plaques positives et négatives sont faites avec la plaque à picots, ce qui assure une complète solidité.

Accumulateur Rousseau (multiple). — Ces accu-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mulateurs (fig. 6), depuis 10 volts jusqu'à 20 volts, sont d'une capacité de 16 ampères-heure utiles ; ils sont dans une boîte intérieure en ébonite, renfermée dans une boîte en bois. Ils sont très transportables, et, avec des lampes de 6 à 8 bougies, donnent de 18 à 20 heures d'éclairage. Ils sont destinés à l'éclairage des voitures particulières, des wagons, des tramways et de tous véhicules.

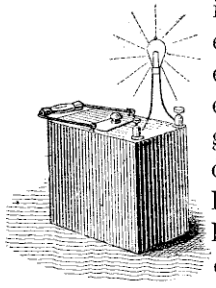


Fig. 6

Un accumulateur multiple pèse, liquide compris, 1 k., 250 gr. environ par volt, soit, pour un de 10 volts 12 k., 500 gs. environ pour le tout.

La dimension en est restreinte : hauteur, 23 centimètres ; largeur, 18 centimètres ; longueur, 12 centimètres et demi.

Les poids et dimensions varient donc : comme poids, de 1 k., 250, par volt, et, quand à la dimension, il n'y a que la longueur qui varie, soit de 2 centimètres et demi par 2 volts en plus.

Une batterie d'accumulateurs complète une bonne installation électrique.

Dans une usine, les lampes qui éclairent les chaudières, la machine à vapeur, les transmissions, les passages pour la circulation des ouvriers, les habitations, bureaux, sont montées sur un circuit indépendant.

Un conjoncteur spécial met automatiquement les accumulateurs et les lampes en communication avec la dynamo quand cette dernière fonctionne ; les accumulateurs se chargent et les lampes sont alimentées par la dynamo. Quand un arrêt vient à se produire, le commutateur relie automatiquement les accumulateurs aux

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lampes, et l'éclairage indispensable en cas d'arrêt se trouve continué sans interruption.

Quand le moteur est insuffisant pour l'éclairage direct, l'éclairage électrique peut être assuré par les accumulateurs qui sont alors chargés pendant les heures d'arrêt, ou pendant la nuit si l'on dispose de moteurs hydrauliques.

Les applications ont été peu nombreuses jusqu'ici, cependant, je tiens encore à signaler l'accumulateur *Fabius Henrion.*

Cet accumulateur est du genre Planté, les lames sont à grande surface ; elles sont très rigides, grâce à un système de nervures et à leur épaisseur.

Une préparation spéciale, qui se trouve entre les nervures, donne à cet accumulateur une capacité immédiate ; cette capacité, contrairement à ce qui se produit dans les accumulateurs d'autres systèmes, ne fait que s'accroître avec l'usage.

On peut demander à cet accumulateur, en cas d'accident aux moteurs, sans crainte de l'endommager, un débit considérable dans un temps restreint.

Le récipient est en verre, et par conséquent toutes les parties de l'accumulateur sont visibles.

Charge et entretien, d'après Radiguet. — Les accumulateurs doivent être placés dans un endroit sec, à l'abri des poussières et de la gelée. On les dispose sur des corps isolants, tels que bois goudronné, plaques de verre très épaisses ou sur des isolateurs à huile, afin d'éviter les dérivations, soit entre les couples d'une batterie, soit avec la terre.

Le liquide des accumulateurs doit être préparé avec de l'eau distillée et de l'acide sulfurique chimiquement pur. La proportion d'acide est de 1/10 du volume total du liquide à préparer.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, pour 10 litres, il faut :

Eau distillée.	9 litres.
Acide sulfurique pur. . . .	1 »

On verse dans chaque vase d'abord l'eau distillée et ensuite l'acide sulfurique que l'on fait couler lentement pour que l'échauffement du verre se produise graduellement, cette opération doit être faite les vases placés sur du bois et non sur de la pierre ; on remue le liquide avec un agitateur en verre afin de faciliter le mélange de l'acide et de l'eau.

Si on emploie du liquide tout préparé, il suffit de le verser en quantité voulue dans chaque vase, aucune chaleur ne se produit ; les vases emplis, et après avoir vérifié que les plaques sont parfaitement isolées entre elles par les bagues de caoutchouc, on introduit les couples dans les vases et on les groupe en tension, c'est-à-dire la borne noire ou négative du premier accumulateur avec la borne rouge ou positive du deuxième accumulateur, la borne noire du deuxième accumulateur avec la borne rouge du troisième accumulateur, et ainsi de suite jusqu'au dernier.

La borne rouge du premier accumulateur et la borne noire du dernier accumulateur restées libres sont prises pour pôles, la première borne forme le pôle positif et la dernière le pôle négatif.

Les attaches doivent être fortement serrées sous les vis pour que les contacts soient parfaitement établis de part et d'autre.

Le niveau du liquide dans les accumulateurs doit être maintenu à un centimètre environ au-dessus des plaques, lorsque ce niveau se trouvera abaissé par suite de l'évaporation, il faudra remplacer simplement par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'eau distillée sans acide, la quantité de liquide évaporé.

Il convient de temps en temps d'agiter avec une baguette de verre le liquide des accumulateurs pour que la partie inférieure soit ramenée en haut et se mélange avec le liquide supérieur.

Le liquide des accumulateurs ne s'use pas, il se trouble quelquefois, il faut alors le filtrer ou plus simplement le remplacer par du liquide neuf préparé comme il a été dit plus haut. Un excès d'acide est nuisible.

Aimants. — Tout corps susceptible d'attirer le fer, porte le nom d'aimant. L'étude des propriétés des aimants constitue le magnétisme. Les corps susceptibles d'être attirés par les aimants sont dits *magnétiques*, tandis que ceux repoussés par eux sont dits *diamagnétiques*.

Les aimants se divisent en trois classes :

1° Les aimants naturels ;

2° Les aimants artificiels ;

3° Les électro-aimants.

L'aimant *naturel* ou la *pierre d'aimant* est un minerai composé de fer et 23 % d'oxygène, connu en chimie sous le nom d'*oxyde magnétique*. Il se trouve en grandes masses dans certaines contrées, surtout en Suède et en Norwège.

On nomme *aimants artificiels* des barreaux ou des aiguilles d'acier trempé, auxquels la propriété magnétique a été communiquée. Le fer, le cobalt et le nickel peuvent acquérir la propriété des aimants naturels. Les aimants artificiels, d'une plus grande puissance et beaucoup plus commodes que les aimants naturels, sont d'un emploi plus fréquent.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On appelle *électro-aimant* un cylindre de fer doux entouré de fil de cuivre recouvert de soie.

Le fer doux acquiert dès lors toutes les propriétés d'un aimant, tant qu'un courant électrique passe dans le fil qui l'entoure, c'est-à-dire qu'il s'y détermine deux pôles, un austral à une extrémité, un boréal à l'autre, et qu'il attire une armature placée devant lui.

On peut donner différentes formes aux électro-aimants suivant l'usage auquel on les destine.

La force d'un électro-aimant dépend du nombre de fois que le fil de cuivre est enroulé autour du fer et de l'intensité du courant.

L'action magnétique se porte de préférence aux extrémités des aimants, lesquelles ont reçu le nom de pôles ; elle diminue vers le milieu jusqu'à un point neutre où elle ne se manifeste plus. La ligne qui joint les pôles d'un aimant est la ligne *axiale*, celle qui lui est perpendiculaire est la ligne *équatoriale*.

Lorsqu'une aiguille aimantée est supportée par un pivot sur lequel elle peut tourner dans toutes les directions, on la voit en un même lieu, prendre toujours la même direction : une extrémité se porte vers le nord, et prend le nom de *pôle nord* (*boréal*) ; l'autre se porte vers le sud, et prend le nom de *pôle sud* (*austral*).

Quelquefois les aimants présentent des pôles intermédiaires aux pôles principaux ; on les appelle *points conséquents*. Ce sont alors autant d'aimants complets qui se font suite.

Deux pôles de même nom se repoussent ; deux pôles de nom contraire s'attirent.

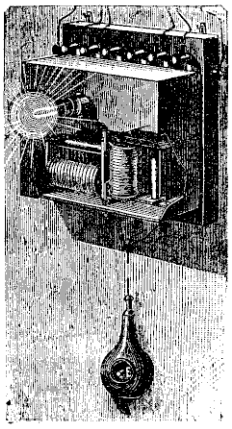
Allumeur-Extincteur. — *Rapport fait par M. Blavier, au nom des arts économiques, sur l'al-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lumeur-extincteur pour lampes électriques, de M. Radiguet :

« Messieurs, l'allumeur-extincteur pour lampes électriques de M. Radiguet, que M. *Hospitalier* a présenté à la Société d'encouragement dans la séance du 22 janvier 1886, a pour but d'allumer ou d'éteindre les lampes électriques d'un appartement, par une simple pression sur un bouton de contact, et surtout de produire l'allumage instantané d'une ou plusieurs lampes, en même temps que l'extinction de celles dont la lumière est devenue inutile.

« Si un certain nombre de salles placées à la suite l'une de l'autre sont munies de l'appareil de M. Radiguet, en même temps que d'une lampe électrique, et si, à l'entrée de chacune d'elles, se trouve un interrupteur à double bouton de contact, on pourra parcourir tout l'appartement en allumant chaque fois la lampe qui se trouve dans la pièce où l'on pénètre, en même temps qu'on éteint celle de la pièce que l'on quitte, quel que soit le sens dans lequel on marche.



« Voici comment ce résultat est obtenu :

« Deux fils conducteurs, en relation avec les pôles d'une source électrique, traversent toutes les pièces que l'on peut avoir à éclairer. Un de ces fils est en communication permanente avec une des bornes de chacune des lampes électriques. Quant au second, il est en relation avec l'autre borne des lampes,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mais par l'intermédiaire de l'*allumeur - extincteur*, et son circuit reste ouvert ou fermé, suivant qu'on a appuyé le doigt sur l'un ou l'autre des boutons de l'interrupteur.

« L'appareil comprend deux électro-aimants, dont les armatures sont placées à angle droit ; l'une d'elles horizontale, est reliée par son ressort de rappel au second fil de la pile ; l'autre, qui est verticale, est en communication avec la lampe.

« En faisant passer un courant dans l'électro-aimant à armature horizontale (électro-aimant allumeur) cette armature est attirée et se soulève en frottant légèrement contre l'armature verticale ; cette dernière porte à son extrémité un petit crochet qui retient la première et établit avec elle un contact électrique. Ce contact ferme le circuit de la pile et la lampe s'allume.

« Si, au contraire, on fait passer le courant à travers le fil du second électro-aimant (électro-aimant extincteur), son armature verticale est attirée et dégage l'armature horizontale, qui retombe en rompant le circuit : la lampe s'éteint.

« C'est le courant destiné à produire la lumière qu'on fait passer à volonté à travers l'un ou l'autre des deux électro-aimants, suivant qu'on veut allumer ou éteindre la lampe. A cet effet, chaque interrupteur comprend une pièce fixe reliée à l'un des pôles de la pile et deux boutons métalliques qui sont en relation avec le second pôle : l'un par l'intermédiaire de l'électro-aimant allumeur, l'autre, par l'intermédiaire de l'électro-aimant extincteur, et sur l'un desquels on appuie le doigt pendant un instant, suivant qu'on veut allumer ou éteindre la lampe.

« Les interrupteurs qui, placés entre deux salles, doivent en même temps allumer la lampe située dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'une d'elles et éteindre celle de l'autre, sont semblables ; mais un des boutons mobiles est en relation en même temps avec l'électro-aimant *allumeur* de la première pièce et avec l'électro-aimant *extincteur* de la seconde, tandis que l'autre bouton communique avec l'électro-aimant *extincteur* de la première pièce et avec l'électro-aimant *allumeur* de la seconde ; de sorte qu'on peut, en appuyant sur l'un ou l'autre des boutons, allumer la lampe de la pièce qu'on veut éclairer, en même temps qu'on éteint celle de l'autre si elle était allumée.

« Les salles ont ordinairement deux portes d'accès ; aussi chaque électro-aimant de l'allumeur-extincteur Radiguet est-il muni de trois circuits distincts, dont un est en communication avec l'interrupteur placé dans la pièce même et est destiné à produire l'allumage direct ; les deux autres circuits aboutissent chacun à l'un des interrupteurs qui se trouvent aux portes d'entrée.

« Six éléments de la pile Radiguet (voir *Piles*) suffisent pour faire fonctionner des lampes à incandescence dont la lumière correspond à celle de 4 bougies.

« L'entretien consiste à changer l'eau acidulée après sept à huit heures d'éclairage, et le bichromate après trente-cinq ou quarante heures environ.

« L'emploi de l'allumeur-extincteur de M. Radiguet se trouve naturellement indiqué pour tous les cas où, n'ayant besoin que d'une lampe allumée à la fois, on doit parcourir successivement un certain nombre de pièces en éclairant toujours devant soi et en faisant l'obscurité en arrière. Il peut être surtout utile lorsqu'il y a un certain danger à faire circuler des lampes ou des bougies allumées, dans les salles d'archives, les bibliothèques, les entrepôts d'alcool, les magasins, par exemple.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

« La durée des tournées de contrôle ne dépassant pas une heure, en général, il suffit, si l'on emploie comme source électrique, la pile de M. Radiguet, de remplacer l'eau du vase poreux tous les sept ou huit jours, et le bichromate de potasse tous les mois.

« En somme, l'allumeur extincteur de M. Radiguet peut rendre d'utiles services, et votre Comité des arts économiques croit devoir vous proposer de remercier l'inventeur de sa communication, et d'ordonner l'insertion du présent Rapport au *Bulletin* de la Société avec une figure descriptive. »

Signé : E.-E. Blavier, *rapporteur*.

Approuvé en séance, le 8 mai 1886.

Allumoirs. — Le système le plus en usage, se compose d'une spirale en fil de platine très fin, qui se place dans un circuit électrique et au-dessous de laquelle se trouve la mèche d'une petite lampe garnie d'essence très légère. A l'aide d'un bouton, on peut fermer le circuit, et alors le courant passe par la spirale de la platine, la fait rougir et met le feu à l'essence.

Ces allumoirs, au lieu de se greffer sur un circuit actionnant d'autres appareils, sont souvent constitués par une petite pile dissimulée dans une boîte spéciale, et alors ils peuvent se transporter.

Mais dans tous les cas, le fil de platine peut se brûler et être déplacé et même brisé par un léger choc. Son remplacement étant une opération délicate, a été une cause qui tend à le faire disparaître de plus en plus depuis les allumoirs à transformateur.

Ces appareils sont montés sur une planchette facile à placer contre n'importe quelle cloison. Deux bornes permettent d'y amener le courant de trois éléments Leclanché à grande surface.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

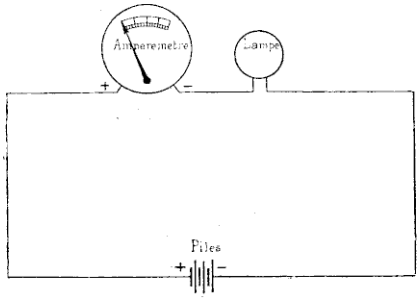
Une batterie ainsi disposée peut actionner en même temps une sonnerie. Sur la planchette est fixée une boîte dans laquelle se trouve le transformateur, devant cette boîte, se trouve la boîte à essence fermée par un couvercle destiné à éviter l'évaporation de l'essence. Le courant arrive à la lampe par son support métallique, le porte-mèche est muni de rayures circulaires contre lesquelles vient frotter, lorsqu'on soulève le couvercle, un balai de cuivre fixé au-dessous de ce même couvercle. Ce balai est relié au second pôle du courant et produit l'étincelle de rupture qui allume la lampe : ces étincelles étant très fortes allument parfaitement l'essence sans craindre de rater.

Le balai s'use généralement un peu par l'usage, toutefois une vis permet de le mettre sans la moindre difficulté à la longueur voulue.

Cet allumoir se confectionne sur une quantité de modèles différents, mais tous basés sur le même principe. Dans ces allumoirs, la lampe est mobile et peut, par conséquent, après l'allumage, se transporter d'une pièce à une autre, ce qui est très commode.

Ampère. — (Voir *Électricité*) (*unités électriques*).

Ampères-mètres. — L'ampère-mètre indique en



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ampères, l'intensité ou débit d'un courant électrique actionnant des lampes ou des appareils quelconques. Il se construit sur les mêmes principes que le voltmètre. Il doit être placé dans le circuit et peut y être laissé sans inconvénient ; les variations de l'aiguille indiqueront constamment celle du courant. (Voir *voltmètre*).

Armature. — On désigne sous le nom *d'armature* ou *induit*, la partie tournante d'une machine électrique. L'armature est formée d'un grand nombre de bobines de fil conducteur isolé, reliées d'une manière invariable à l'arbre de la machine. Les courants qui se forment dans ces bobines par rotation, devant de puissants pôles magnétiques, sont rassemblés par des balais et conduits au circuit extérieur.

Avantages des divers induits. — Le choix du genre d'induit n'est pas indifférent.

En général, on choisit l'*anneau Gramme* pour les machines à haut potentiel, car dans ces dynamos l'isolement des spires est particulièrement facile à faire. Dans les dynamos bien construites on peut atteindre 1000, 1500 et même 2000 volts sans danger. Dans les machines à *courant constant*, l'anneau Gramme est presque exclusivement employé, car la *réaction d'induit* assez importante dans ce genre d'enroulement, sert dans une certaine mesure à l'autorégulation.

L'emploi de l'*induit Siemens* est indiqué quand on veut construire une dynamo-shunt à potentiel constant.

La réaction d'induit de cet enroulement est en effet très faible et d'un autre côté on peut réduire à peu de chose la perte en volts dans la résistance de l'induit ; de sorte que la machine est à peu près auto-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

régulatrice. Dans le cas où l'on fait usage de cet enroulement pour un haut potentiel, on voit que l'isolement des spires de l'induit doit se faire avec le plus grand soin, car aux extrémités, des conducteurs à des potentiels les plus différents, se trouvent superposés, ce qui n'a d'ailleurs jamais lieu dans l'induit Gramme.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B

Balais. — Les balais sont des frotteurs spéciaux en fil de cuivre argenté (afin d'être plus conducteurs), de 0,5 à 0,75 millimètres de diamètre, et qui viennent au moyen d'un dispositif s'appuyer sur le cylindre tournant du collecteur de façon à établir une communication invariable entre les deux pôles de la machine et le circuit extérieur.

Les balais doivent toujours occuper une position telle, qu'il se forme le moins d'étincelles possible, la position qu'on leur donne provient dans beaucoup de machines de l'intensité du courant.

Bobine. — Voir *Machines électriques* (*principes*).

Bouton de sonnerie. — Voir *Sonneries* (*pose*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

C

Câbles isolés. — Les câbles isolés sont réalisés en entourant le conducteur de produits isolants, variant de nature avec les fabricants. Le câble est souvent garanti par une gaîne en plomb qui en augmente considérablement la durée, pourvu qu'il ne soit pas en contact avec des infiltrations d'égouts ou avec des matières végétales en putréfaction. En général, la valeur de l'isolant dépend autant des conditions de sa fabrication que de sa nature. On doit en effet, surtout chercher à chasser toute trace d'humidité et fabriquer le câble de manière à ce que l'eau ne puisse être absorbée à nouveau.

L'isolement kilométrique doit être proportionnel au potentiel auquel le câble est soumis dans la pratique ; il doit être d'au moins 25 megohms pour 100 volts dans le cas des hauts potentiels.

Canalisations. — *Lignes aériennes.* — Ce sont les plus simples à établir, en même temps que les plus économiques.

Le conducteur, la plupart du temps nu, est tendu entre des isolateurs portés par des poteaux élevés en bois ou en métal ; pour les poteaux en bois, on emploie le sapin ou le pin injectés à la créosote ou au sulfate de cuivre. Leur hauteur totale est de 6 à 12 mètres ; on en enfonce une longueur de $1^{m},50$ à 2 mètres en terre. Pour les lignes télégraphiques, on emploie le fil de fer galvanisé de 3 à 6 millimètres de diamètre ; mais pour les lignes destinées à transmettre des courants puissants, il faut une matière plus conductrice. A ce point de vue, le cuivre pur est ce qu'il y a de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

meilleur, mais sa faible résistance mécanique exige des supports très rapprochés; aussi préfère-t-on prendre un peu sur sa conductibilité et l'associer à d'autres métaux qui augmentent sa résistance à la rupture; c'est ainsi que l'on emploie le bronze siliceux et le bronze phosphoreux ou les fils bimétalliques qui se composent d'une âme en fer recouverte d'une gaîne en cuivre rouge. Pour le cuivre, la densité de courant peut atteindre de 5 à 6 amp. par millimètre carré quand la section ne dépasse pas 150 à 200 millimètres carrés.

Les fils sont suspendus au poteau sur des isolateurs de porcelaine.

Le meilleur isolateur est celui à double cloche.

Pour des courants à haute tension, 500 volts et au-delà on préfère employer des isolateurs à huile résineuse, tels que ceux de MM. *Johnson* et *Philipps*. L'huile lourde est introduite au moyen d'un siphon.

Placés le long des murs, les fils aériens doivent être écartés de 20 centimètres au moins.

Souvent on munit chaque poteau d'un paratonnerre permettant à la ligne de se décharger facilement dans le sol.

Canalisation pour l'application de l'éclairage électrique aux navires. — La canalisation de l'éclairage électrique est entièrement faite en cuivre isolé.

L'isolement supérieur employé se compose d'une couche de caoutchouc noir, une couche de caoutchouc blanc, deux rubans caoutchoutés et un enduit spécial. La résistance de cet isolant est de 300 megohms.

Le câble est noyé dans du bois rainé ou dans des tuyaux en cuivre hermétiquement fermés à leurs extrémités par un bourrage au chatterton.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Chaque circuit comprend deux gros câbles partant du tableau, circulant le long du navire et représentant, en tous points, l'un le pôle positif, l'autre le pôle négatif d'une quelconque des dynamos.

Un nombre variable de dérivations partent de ces câbles. Elles sont formées chacune de 2 fils reliés aux câbles et sur lesquels sont branchées des lampes à incandescence. A leur naissance, des *coupes-circuits doubles* protègent ces dérivations.

On appelle *coupe-circuit* un appareil destiné à prévenir tout danger d'incendie. Il est formé de petites lames de plomb dont la largeur et l'épaisseur sont déterminées d'après le nombre d'ampères normal.

Lorsque l'intensité devient trop grande, le plomb fond et le circuit est interrompu, ce qui empêche tout accident.

Sur le fil positif arrivant à chaque lampe, un *coupe-circuit simple* (fig. 1) est interposé pour augmenter encore la protection de cette lampe.

Un *bouton commutateur* (fig. 2) placé sur le fil positif, entre le coupe-circuit et la lampe, permet l'extinction ou l'allumage de celle-ci.

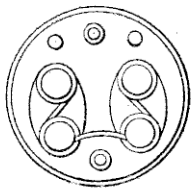


Fig. 1

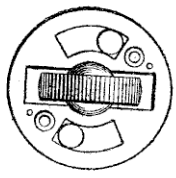


Fig. 2

Le retour du courant aux dynamos se fait par une canalisation spéciale ou par la coque du navire.

Dans la marine militaire on a renoncé à l'emploi de la coque comme circuit général de retour. En opérant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ainsi, on facilite les recherches en cas d'avaries et on réduit les inconvénients qui peuvent naître des mélanges ou communications insolites entre les circuits de départ.

Organes récepteurs. — Les organes récepteurs sont : les *lampes à incandescence* destinées à l'éclairage intérieur du navire, les *réflecteurs* qui servent à éclairer une partie du pont et les *projecteurs* qui servent à fouiller l'horizon et éclairer la marche du navire.

Les lampes employées à bord des navires pour l'éclairage intérieur sont de divers types : *Edison*, *Swan*, *Cruto*, etc. Elles sont généralement de 16 ou de 10 bougies, selon l'importance du local à éclairer.

La plupart sont pourvues d'armatures servant à les protéger contre les chocs. Leur ensemble constitue, à bord des navires, ce que l'on est convenu d'appeler l'*appareillage*.

L'appareillage sur un grand paquebot comprend :

1° des pendentifs ornementés pour salons, fumoirs, etc.

2° des pendentifs simples unis pour chambres à passagers.

3° des bras ornementés pour couloirs, escaliers, etc.

4° des bras de muraille ornés ou unis pour chambres d'officiers du bord.

5° des lanternes wagon démontables avec verres unis, *sans* grillage, pour cuisines, offices, postes des 3mes classes, chauffeurs, équipage, etc.

6° des lanternes wagon démontables avec verres unis, *avec* grillage, pour les cales et entreponts à marchandises.

7° des lanternes wagon *non* démontables à verres unis avec ou sans grillage, pour la machine, le tunnel, etc.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

8° des lanternes wagon non démontables à verres dépolis, sans grillage, pour water-closets, salles de bains, etc.

9° des lanternes murailles, cages à lumières, pour locaux divers.

10° des bras de niveau d'eau pour les chaudières.

La dépense électrique des lampes ne dépasse pas d'habitude 0 ampère 40 pour les lampes de 10 bougies, et 0 ampère 65 pour les lampes de 16 bougies.

Chaque lampe a sa dérivation spéciale et le retour de courant se fait par fil spécial.

Les sections des câbles sont calculées de telle sorte que l'intensité des courants qui les traversent ne dépasse pas 2 ampères par millimètre carré de section, même en tenant compte d'une surcharge éventuelle de 5 %. Leur parcours est établi de manière à égaliser autant que possible la différence du potentiel à chaque lampe ; la perte maxima de tension pour les moins favorisées n'excède pas 3 volts en moins de la tension aux bornes de la dynamo.

Circuit électrique. — (Voir *Piles*).

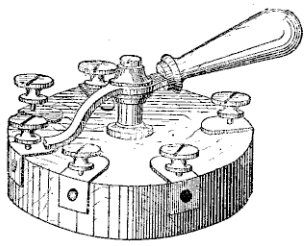
Collecteur. — (Voir *Machines électriques, principes*).

Collecteur. — On donne ce nom à un organe des machines dynamos ou magnéto-électriques, qui sert à relier alternativement, soit une source de courants avec différents circuits, soit inversement un circuit avec différentes sources de courants.

Commutateur. — Le commutateur est un appareil à l'aide duquel on peut changer la direction ou l'intensité d'un courant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ainsi, le commutateur permet d'envoyer dans des directions différentes un courant arrivant à une des pièces de l'appareil, ou réciproquement, de diriger



successivement sur un même point plusieurs courants arrivant à des pièces différentes.

Compound.—Voir *Inducteurs* (*enroulement des*).

Compteur d'électricité. — Cet appareil est utilisé pour se rendre compte de la dépense d'électricité, comme les compteurs d'eau et de gaz servent à indiquer la quantité d'eau, de gaz, débitée.

Le compteur d'électricité détermine le travail fourni par le courant, soit sur la machine, soit dans une certaine partie du circuit. Il est surtout employé pour ce dernier usage dans les stations centrales. C'est en ampère-heures qu'est déterminée par le compteur la quantité de travail.

Le compteur d'électricité se met en circuit comme l'ampère-mètre, on l'insère ou sur le courant principal ou sur le courant secondaire où le travail doit être mesuré.

Conducteurs (*échauffement des*). — Pour éviter

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tout échauffement, on ne dépasse pas les valeurs suivantes pour la densité de courant :

	Ampères par mm²
Fils nus exposés à l'air	6
Fils placés dans les locaux fermés, isolement léger	4
Fils placés dans les locaux fermés, isolement au caoutchouc	2,5
Câbles à isolement très fort ou sous plomb, de section comprise entre 10 et 200 mm²	1,5
Câbles à isolement très fort, de section supérieure à 200 mm²	1 à 0,75

Pose. — Règles pratiques et de convention : On doit fixer les fils positifs *au-dessus* des fils négatifs dans les poses horizontales ; les fils positifs à *gauche* des fils négatifs dans les poses verticales. Une canalisation faisant le tour d'une pièce doit être établie de façon à tourner, pendant la pose, dans le sens des aiguilles d'une montre. On emploie la couleur *rouge* pour marquer le pôle positif d'un accumulateur, et la couleur noire pour le pôle négatif.

Conducteur électrique. — Il ne s'agit pas seulement de produire l'énergie électrique en un point donné, à l'usine par exemple, il faut encore la transmettre où cela est nécessaire.

Pour arriver à ce but, on fait usage de fil métallique (le cuivre est aujourd'hui le plus employé, peut-être l'avenir nous réserve-t-il un autre métal) appelé *conducteur*.

Quand la *canalisation* devient importante, on utilise alors des câbles destinés à être maniés et qui doivent être aussi souples que possible et formés d'une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

série de fils de cuivre de faible diamètre toronnés ensemble.

Limite de sécurité. — Le courant maximum que peut supporter un conducteur donné, sans échauffement dangereux, dépend de sa section absolue, de son isolement, de sa pose, de ses facilités de refroidissement et de sa résistance spécifique. A titre d'indications générales, on peut admettre, pour des conducteurs en cuivre de 95 % de conductibilité relative, les chiffres suivants :

	Ampères par mm² de section
Fils nus rayonnant librement à l'air. . .	6
Fil d'installation, isolement coton . . .	4
— — caoutchouc .	2,5
Câbles à grand isolement ou sous plomb, de section comprise entre 10 et 200 millimètres carrés	1,5
Câbles à grand isolement, de section supérieure à 200 millimètres carrés, ou renfermant les 2 conducteurs sous la même enveloppe	1 à 0,75

Contact. — (Voir *Canalisations*). — Deux points d'un circuit sont en contact quand ils sont réunis métalliquement, soit par pression, par frottement, par soudure, par immersion dans le mercure, etc. Ce qu'il faut ne pas négliger dans toute installation électrique, c'est un bon contact afin d'assurer le passage de l'électricité.

Coupe-circuit. — (Voir *Canalisation pour Application de l'éclairage électrique aux navires*).

Coupe-circuit ou **plomb fusible.** — On donne ce nom à des fils de plomb ou d'alliage fusible de di-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mensions déterminées, pour fondre et couper le circuit d'une façon automatique, quand l'intensité du courant augmente et dépasse une certaine valeur.

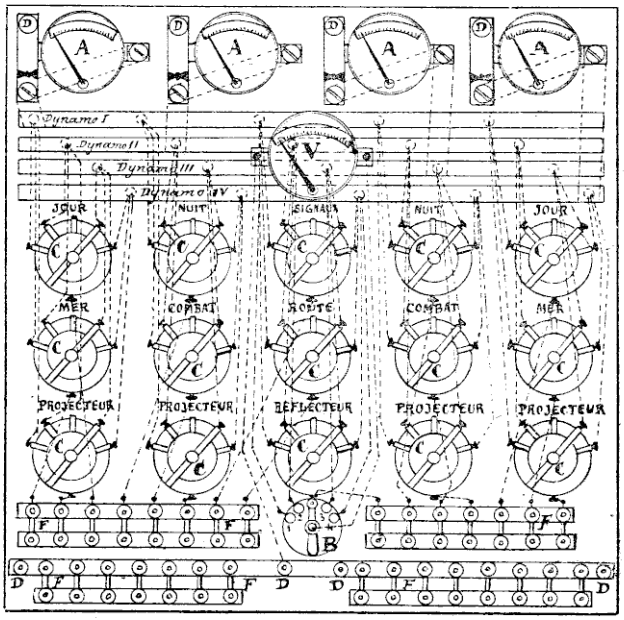
Courant électrique. — (Voir *Electricité. — Unités électriques*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

D

Distribution (*Tableau de*) *pour une application de l'éclairage électrique aux navires. — Type de la Maison Bréguet.* — Ce tableau est en chêne. Il porte les appareils de mesure, de manœuvre, de sécurité, les



bandes en cuivre en nombre égal à celui des groupes du bord, plus une. Les bandes placées au haut du tableau sont reliées chacune à la borne positive des dynamos; la bande placée au bas et reliée au pôle négatif des différentes dynamos du bord.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Des ampères-mètres Carpentier A en nombre égal à celui des dynamos, permettent de lire le nombre d'ampères débités à un moment quelconque par une dynamo en service. Pour cela, on enlève la fiche, qui, en temps ordinaire, met en court circuit l'appareil, et on fait la lecture. Il faut replacer la fiche dès que la lecture est finie. Un voltmètre Bréguet V sans aimant, par suite indéréglable, permet la lecture de la force électro-motrice développée aux bornes D d'une dynamo quelconque du bord, par la manœuvre d'un commutateur B à autant de touches qu'il y a de dynamos à bord, plus une touche de repos.

Les commutateurs C, dits à pompe, sont en nombre égal à celui des circuits du bord, formés essentiellement d'un socle circulaire en bois, d'un pivot, d'une manette à ressort faisant coulisser le long du pivot un pied en cuivre. Le socle porte un nombre de plots égal à celui des machines, disposés sur une couronne cencentrique au pivot et formés de fragments de cuivre reliés aux bandes supérieures du tableau. D'un plot plus grand que les autres, part le câble positif du circuit correspondant à ce commutateur. Le pied, convenablement placé, ferme sur la dynamo choisie, le circuit du commutateur.

Les appareils de sécurité F se composent de lames de plomb, de sections déterminées, en vue de protéger les circuits par leur fusion, au moment où un courant trop intense viendrait à circuler dans ce circuit. Les lames de plomb sont interposées sur le câble positif et sur le câble négatif de chacun des circuits. Elles sont fixées sur des bandes en bois placées au bas du tableau, et maintenues en place par des boulons, rondelles et écrous.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Distributions isolées.— Les éclairages isolés peuvent comprendre soit l'emploi exclusif, respectivement de lampes à incandescence ou de lampes à arc, soit l'emploi des deux espèces de lampes à la fois.

Quand il s'agit de lampes à incandescence, on distribue le plus souvent le courant en dérivation simple au potentiel de 110 à 120 volts.

On prend encore quelquefois la distribution à trois fils et dans ce cas, le potentiel de la dynamo est porté à 220 ou 240 volts. Les lampes à arc peuvent fonctionner dans les mêmes conditions avec une très grande régularité; elles sont groupées entre elles par deux en tension et prennent dans ce cas, chacune, de 55 à 60 volts, le rhéostat régulateur compris.

Dans une installation qui ne comporte que des lampes à arc, il est préférable par économie d'employer la distribution en série, on fait ainsi une grande économie de câble. Le potentiel de la machine doit, dans ces conditions, être égal à la somme des d. de p. aux bornes des lampes. On compte au moins 50 volts par lampe bien que celles-ci fonctionnent sans rhéostat, pour tenir compte de ce que la résistance du circuit varie avec le degré d'usure des charbons; cette résistance, au début, à une valeur assez considérable.

Le système d'éclairage par arcs en tension exige des soins spéciaux à cause du haut potentiel à employer, qui peut atteindre facilement dans les installations isolées de 1.200 à 2.000 volts.

Je vais donner quelques renseignements plus complets sur les distributions les plus usitées, c'est-à-dire à potentiel constant de 110 à 150 volts.

1° *Eclairage électrique par moteur régulier et dynamo à potentiel constant* (fig. 1). — On adoptera, soit la dynamo shunt, soit la dynamo compound.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le moteur étant supposé régulier, c'est-à-dire à vitesse constante, le réglage du potentiel sera à peu près automatique; on amènera ce dernier à la valeur voulue, au moyen d'un rhéostat monté sur le tableau de distribution.

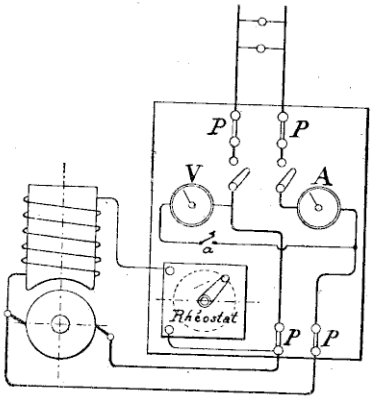


Fig. 1

Le tableau comporte en P, P, P,... des plombs fusibles, en A un ampèremètre et en V un voltmètre.

2° *Eclairage avec dynamo et accumulateurs.* — On prendra une dynamo shunt et le tableau de distribution permettra soit de charger les accumulateurs isolément, soit d'éclairer séparément par la dynamo ou la batterie d'accumulateurs, soit enfin d'éclairer avec les deux ensemble, groupés en quantité ; les mêmes appareils de mesure servent à la fois, à la dynamo et aux accumulateurs, grâce aux interrupteurs et commutateurs figurés. Dans le cas où la dynamo éclaire et charge les accumulateurs à la fois, il faut renverser les connexions de l'ampèremètre, si ce dernier est polarisé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

En maintenant, pendant l'éclairage, les accumulateurs en dérivation sur la dynamo et en réglant leurs d. de p., de manière à ce qu'elles soient égales, on obtient ainsi une très bonne régularisation du courant dans le cas où le moteur est un peu irrégulier dans son allure ; si le moteur présente un fonctionnement très irrégulier, il est alors indispensable d'avoir recours à deux batteries d'accumulateurs séparées, l'une étant en charge, tandis que l'autre alimente le circuit d'éclairage.

3° *Eclairage avec lampes à arc en série.* — Le courant de la dynamo dans ces installations doit rester constant. Pour cela il est nécessaire de prendre une dynamo en série et d'avoir un régulateur spécial de champ.

Dynamos (*Couplage des*). — J'indique dans les

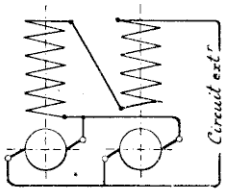


Fig. 1

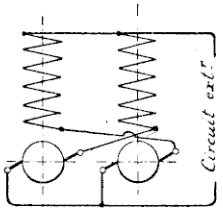


Fig. 2

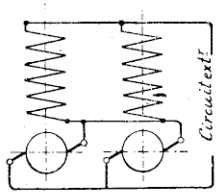


Fig. 3

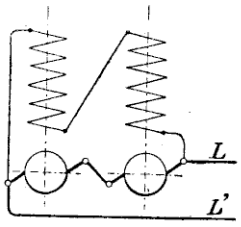


Fig. 4

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

figures 1, 2, 3 et 4 la disposition des circuits pour le couplage des machines que l'on rencontre dans l'industrie, sans donner d'explications à cause de la simplicité de la question.

1° *Dynamos en série.* — Le couplage direct en quantité est impossible. — Employer les dispositions (fig. 1, 2 et 3); le couplage direct en série n'offre aucune difficulté.

2° *Dynamos en dérivation.* — On ne peut les accoupler directement en série. Il faut employer la disposition (fig. 4).

Le couplage en quantité n'offre aucune difficulté.

3° *Machines compound.* — On suit pour chacun des enroulements les règles que je donne.

Dynamos. — Les dynamos se composent essentiellement d'électro-aimants mobiles, c'est-à-dire de fer doux, entouré de bobines de fil métallique isolées, qui se meuvent entre des électro-aimants fixes.

Si ces machines sont mises en mouvement, au moyen d'une force motrice quelconque, elles produisent un courant électrique.

Si au contraire on communique à ces machines un courant électrique, elles le transforment en force motrice.

Elles se divisent en deux classes, suivant l'emploi que l'on en fait et qui sont : 1° les dynamos qui produisent l'électricité (lumière ou galvanoplastie) ; 2° celles qui produisent la force motrice (soit pour actionner des machines-outils, des machines à coudre, etc.) Ces dernières ne sont généralement employées que pour utiliser une force motrice produite à grande distance, une chute d'eau par exemple. Ce sont les premières qui jusqu'ici ont le plus d'importance.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On a construit des dynamos qui produisent des courants dont l'énergie varie de 5 à 30.000 volts, avec une intensité variant de un à plusieurs centaines d'ampères.

Suivant les variations d'énergie et d'intensité, il faut faire entrer en ligne de compte divers facteurs : dimensions des machines, grosseur des fils inducteurs, grosseur des fils induits, vitesse, etc.

En réunissant ces divers facteurs entre eux et en faisant une combinaison, on arrive à établir des machines qui produisent un courant d'une intensité et d'une énergie nécessaires et déterminées.

Elles sont employées pour la lumière, la galvanoplastie et l'électrolyse. C'est en employant l'électricité sous cette nouvelle façon, que l'on extrait aujourd'hui en grand et à peu de frais, l'aluminium de son minerai. L'électricité dans le creuset (Héroult) qui agit à la fois comme source de chaleur et agent de décomposition, ramène à ces deux éléments oxygène et aluminium, l'alumine qu'on y avait mise avec un corps combustible destiné à se combiner avec l'oxygène, tandis que l'aluminium s'échappe par le trou de coulée.

L'aluminium est un métal d'un beau blanc, légèrement bleuâtre lorsqu'il est poli, susceptible d'être réduit en lames très minces et en fils très fins, sa densité est de 2,60, sa conductibilité pour l'électricité est des 55 centièmes de celle de l'argent, le meilleur des conducteurs. Il fond à 700°, et ses nombreux avantages tendent à le faire substituer au cuivre.

C'est par la même méthode que se prépare le magnésium, métal que l'on trouve dans le commerce sous forme de fil laminé. Ce fil prend facilement feu au contact d'un corps enflammé (bougie, allumette, etc.)

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

et produit en brûlant une lumière éblouissante, semblable à la lumière de l'arc électrique.

Cette lumière donne d'excellents résultats en photographie, de même que dans la soierie elle permet comme la lumière électrique de distinguer des nuances qui ne peuvent être appréciées à la lumière du gaz.

Dans les théâtres d'amateurs, elle remplace la lumière électrique pour produire certains effets lumineux et alors on emploie des lampes spéciales.

Dix mètres de fil produisent à peu près un éclairage de dix minutes.

Le magnésium sert encore pour la télégraphie.

Dynamo (Choix d'une). — (Voir *Moteurs électriques*).

Dynamo Desroziers, de la Maison Bréguet. — Cette dynamo comprend une plaque de fondation, un système inducteur, un induit.

La *plaque de fondation* est en fonte et doit être isolée électriquement du pont sur lequel elle est posée. A cet effet, elle est montée sur un sommier en bois et les boulons de fixation sont serrés par l'intermédiaire de rondelles en bois, ou en fibre. Sur la plaque de fondation sont boulonnées les deux flasques du système inducteur et la chaise support des balais.

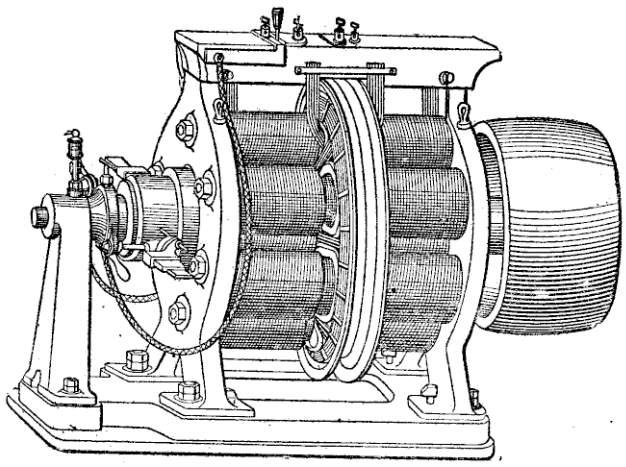
Le *système inducteur* comprend 12 bobines d'électros, 6 par flasque, disposées suivant les sommets d'un hexagone régulier. Le fil des bobines est formé de cuivre recouvert d'une double couche de coton. Ce fil est enroulé directement sur les noyaux en fer doux cylindriques et de section circulaire ou ovoïde suivant les cas. Les noyaux sont fixés sur les flasques par un fort

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

boulon. Ils sont terminés du côté de l'induit par un épanouissement triangulaire venu de fonte avec le noyau.

L'ensemble des épanouissements embrasse presque entièrement l'induit. La circulation du courant dans

Dynamo Desroziers à disque, intensive multipolaire



les électros est telle que le magnétisme de deux épanouissements consécutifs est de signe contraire. Deux épanouissements se faisant vis-à-vis par rapport à l'induit, sont également de signe contraire.

Les deux flasques sont réunies à la partie supérieure par une traverse en fonte formant entretoise et qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sert d'appui à la planchette de connexions. Une des flasques porte un palier pour l'arbre de l'induit dont l'autre extrémité repose sur la chaise support des balais. La chaise fixée à la plaque de fondation peut au besoin se déplacer légèrement, parallèlement à l'arbre de la dynamo ; elle porte le second palier de l'arbre de la dynamo.

L'*induit* est un disque monté sur un moyeu en fonte claveté sur l'arbre, serré du côté collecteur contre un épaulement de l'arbre, du côté moteur retenu par un écrou et un contre-écrou goupillé. La partie active est constituée par une série de fils de cuivre isolés, disposés en deux couches suivant les portions de rayons du disque comprises entre deux couronnes concentriques à l'arbre. Les fils radiaux sont reliés entre eux dans un ordre déterminé qui constitue *l'enroulement Desroziers*.

Les connexions sont formées par des fils de cuivre isolé placés parallèlement sur les deux couronnes qui limitent le disque.

Comme dans une dynamo à anneau Gramme, l'induit est divisé en un certain nombre de sections. Dans le but de n'avoir qu'une paire de balais, bien que la dynamo possède 3 plans neutres, le fil de cuivre soudé à l'entrée d'une section et à la sortie de la précédente, se compose de 3 brins qui, dirigés convenablement par le connecteur, viennent se souder à 3 lames du collecteur, situées à 120° l'une de l'autre.

Le connecteur est un cylindre en bois, ressemblant à une roue d'engrenage. Le nombre des dents est égal à celui des lames du collecteur, c'est-à-dire à 3 fois celui des sections du disque Desroziers.

Un des 3 brins de la section va au collecteur, un deuxième décrit sur la face du connecteur opposée au disque un angle de 120° et se redresse parallèlement à

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'arbre pour aller au collecteur, le troisième arrive sur la face du connecteur, côté disque, la suit à 120° en sens inverse du deuxième brin et vient parallèlement à l'arbre se souder au collecteur. Ce dernier, formé de lames de cuivre jaune isolées par du papier japon, comprend 3 fois autant de lames qu'il y a de section dans l'induit. Il est fixé sur l'arbre.

La chaise fixée à la plaque de fondation porte un support pour porte-balais.

Le porte-balais comprend : un collier en fonte formant écrou pouvant tourner autour de l'arbre et muni de deux poignées et clef de serrage pour le fixer dans la position convenable ; 2 tiges en cuivre serrées sur le collier par des écrous, mais isolées électriquement par de fortes rondelles en fibre. Chaque tige porte un œil dans lequel vient s'engager l'extrémité d'un fort câble reliant les balais aux pôles de la machine.

Les balais sont en fil de cuivre rouge, soudés à l'étain à une extrémité, taillés en biseau à l'autre.

La planchette de connexions est en bois. Elle porte : des bandes de cuivre qui relient les bobines d'une flasque à l'autre et aux balais, une fiche qui permet de couper ou fermer à volonté le circuit du fil fin des électros, les bornes du circuit extérieur, les bandes de cuivre qui introduisent le gros fil des électros dans le circuit extérieur, le tachymètre.

La dynamo est reliée au moteur par un accouplement élastique, système *Raffard*, qui comprend : 10 broches rivées normalement sur une circonférence plus petite du plateau d'accouplement claveté sur l'arbre de la dynamo. Sur chaque broche est enfilée une cosse en métal antifriction pouvant tourner librement autour de l'axe de la broche. Les cosses du vo-

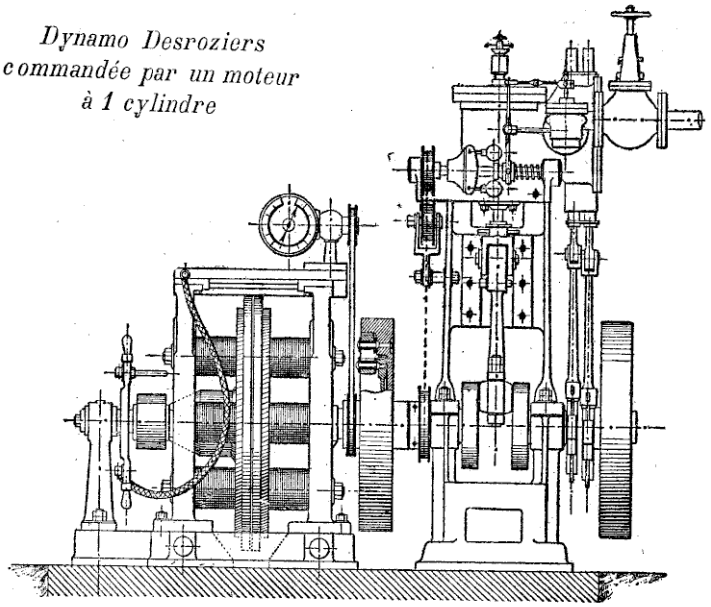
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lant du moteur sont retenues par les têtes des vis fixées au bout des broches. Chaque cosse du volant est réunie à une cosse du plateau par une bague en caoutchouc.

Outre son élasticité, cet accouplement a pour avantage de permettre aux arbres du moteur et de la dynamo de faire entre eux un angle appréciable sans nuire au bon fonctionnement du groupe.

Le disque Desroziers et l'anneau Gramme fournissent en travail électrique aux bornes les $\frac{80}{100}$ du travail mécanique communiqué à leur arbre ; ce qui permet d'estimer à 85 % environ le rendement électrique

Dynamo Desroziers commandée par un moteur à 1 cylindre

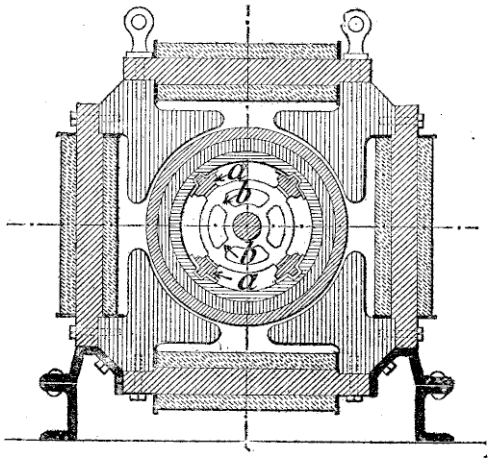


Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

proprement dit, c'est-à-dire, le rapport entre l'énergie électrique dégagée dans le circuit extérieur et l'énergie électrique totale engendrée dans l'intérieur de la source.

Dynamo type Duplex, de la maison Sautter-Lemonnier. — L'induit de cette dynamo ne diffère de l'induit ordinaire de Gramme que par l'exactitude avec laquelle il est construit et en ce que ses sections sont couplées deux à deux en quantité.

Coupe verticale d'une dynamo Duplex.



Cet induit est mû dans un double champ magnétique (de là le nom de *Duplex* donné à la dynamo). Chacun de ces deux champs magnétiques agit sur la portion de la bobine qui le traverse pour y faire naî-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tre un courant indépendamment de l'action égale qu'exerce simultanément l'autre champ magnétique.

Il en résulte que, si on compare cette dynamo *Duplex* à une dynamo-gramme ordinaire ayant même bobine tournante et même intensité de champ magnétique, à vitesse égale, la *Duplex* donnera un nombre d'ampères double avec même force électro-motrice. Ou bien la *Duplex* donnera même nombre d'ampères et même force électro-motrice, à vitesse angulaire, moitié de la dynamo-gramme.

Par suite du mode de construction de ses électro-aimants, elle est même plus légère qu'une dynamo-gramme de même puissance, tournant à une vitesse double.

Le champ magnétique est créé par une chaîne continue de quatre électro-aimants à âmes en fer doux s'assemblant et se fermant l'un sur l'autre. Ces électro-aimants sont à double enroulement. Le fil fin donne l'excitation en dérivation, et le gros est dans le circuit extérieur.

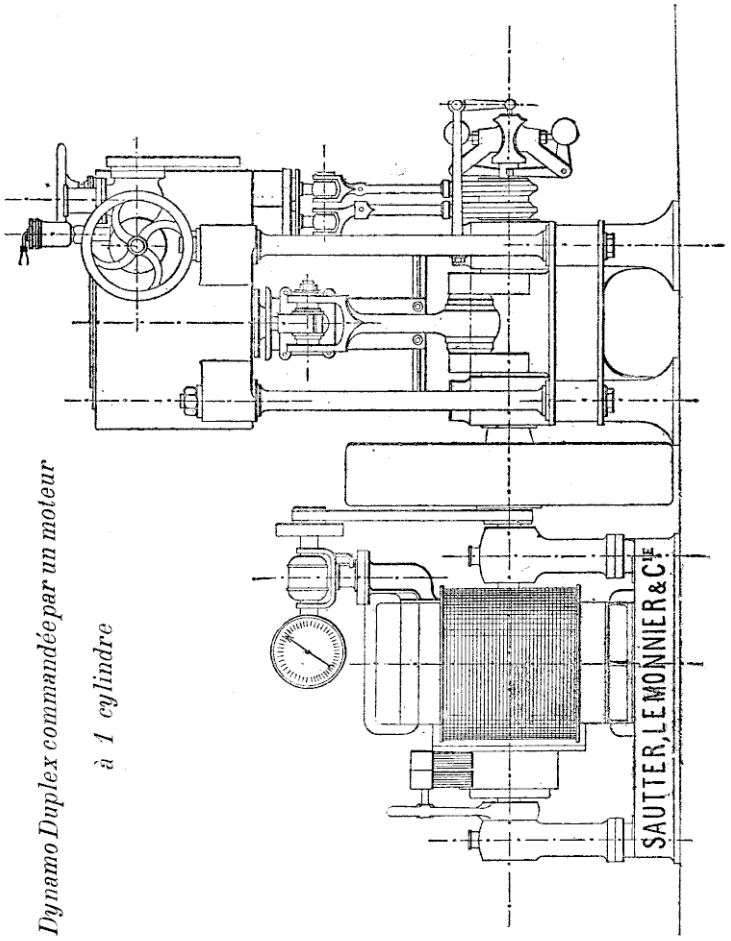
La bobine est fixée sur l'arbre par des clavettes *a* (voir la coupe) recouvertes d'isolants et serrées par deux croisillons en bronze, *bb* munis de plans inclinés. Le serrage s'obtient par des boulons.

Les collecteurs sont de grand diamètre et la position des balais se règle avec exactitude et facilité au moyen d'une vis tangente avec contre écrou. Les deux balais doivent porter sur le collecteur en des points distants de 90°. Cette condition est rigoureuse. La longueur des balais hors de la gaîne est de 5 centimètres et les axes des porte-balais sont à $0^m,33$ l'un de l'autre.

La dynamo est isolée magnétiquement de son bâti en fonte par deux supports en laiton. La partie supé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rieure peuts'enlever de manière à permettre en quelques instants le remplacement de l'arbre et de sa bobine.



Dynamo Duplex commandée par un moteur à 1 cylindre

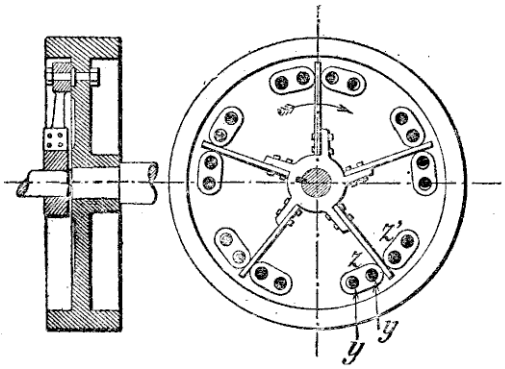
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cette dynamo, à la vitesse de 350 tours, peut débiter avec une chute de potentiel constante aux bornes de 70 volts, depuis 1 jusqu'à 150 ampères, et alimenter depuis 1 jusqu'à 225 lampes de 10 bougies, le travail absorbé variant proportionnellement au nombre de lampes allumées.

Le moteur qui accompagne ces dynamos est ordinairement du type pilon, à 1 ou 2 cylindres compound de 15 poncelets effectifs, (20 chevaux) de 3 à 5 kilogrammes de pression.

Le moteur et la dynamo sont souvent montés dans le prolongement l'un de l'autre, sur un châssis commun en fer à double té qui sert en même temps de bâti aux organes de la dynamo. L'accouplement est fait par un manchon flexible à ressorts, entièrement métallique, dispensant de prendre au montage à bord les précautions minutieuses qu'exigerait un accouplement rigide, ou par un *joint élastique* du type ci-dessous.

Joint élastique



Pour éviter le claquement des ressorts d'entraînement de ce joint, on desserre légèrement les boulons y,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on chasse les tocs z, de façon à serrer les ressorts entre les deux tocs z et z' et on resserre ensuite les boulons y à bloc.

Dynamos en pratique. — En pratique, des machines à induit sans fer (en mettant de côté les machines-disque) donneraient lieu à une trop grande dépense pour l'excitation de leur champ à travers un espace d'aussi faible perméabilité que l'air aussi enroule-t-on les induits sur un noyau de fer, qui facilite le passage des lignes de force d'un pôle à l'autre. L'espace d'air situé entre les faces alésées des pôles et le fer de l'induit a reçu le nom d'*entrefer*.

Pratiquement, une dynamo se compose de deux parties, l'une mobile ou *induit* ou encore *armature* dans laquelle prend naissance le courant, l'autre fixe ou *inducteur* qui produit le champ magnétique dans lequel se déplace l'induit ; cet inducteur se compose d'une *carcasse* magnétique formée par les *noyaux* de l'inducteur autour desquels s'enroule le fil inducteur, les *culasses* qui relient les tuyaux entre eux et les *pièces polaires* qui embrassent l'induit sur presque tout son pourtour. (Voir *Formes d'induits*).

Dynamo Fabius Henrion. — Cette machine qui aujourd'hui est très répandue, peut être considérée comme une machine de précision à grand rendement.

Cette dynamo, dont la figure 1 représente un modèle, existe à deux pôles ou à quatre pôles.

Elle est composée d'un bâti sur lequel reposent aux deux extrémités, deux disques de fer verticaux auxquels sont fixés au moyen de boulons, les pôles des électro-aimants.

Dans les machines à deux pôles, ces plaques possè-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dent une forme spéciale qui permet d'enlever facilement l'anneau. Dans celles à quatre pôles, les deux disques de fer sont réunis à la partie supérieure par une tige de bronze.

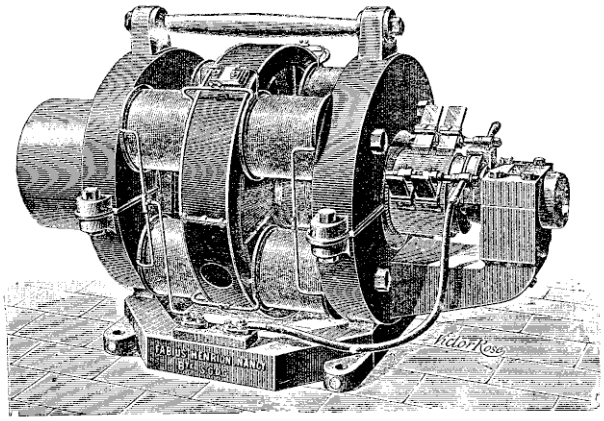


Fig. 1

Partie mécaniqne. — Palier-graisseur Fabius Henrion (fig. 2, 2 *bis*) Le palier-graisseur système Hen-

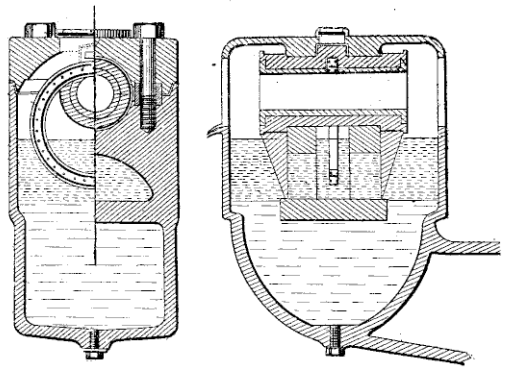
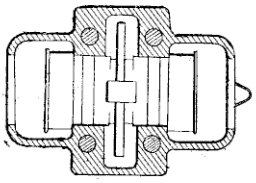


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rion s'emploie avec avantage dans les machines tournant à un grand nombre de tours, et principalement dans les dynamos. Son graissage est sûr, automatique, et économique. Il est obtenu par l'intermédiaire d'une bague de section rectangulaire reposant librement sur l'arbre.



2 bis.

La rotation de l'arbre fait tourner la bague qui entraîne avec elle par ses rainures latérales et par des petites cavités une certaine quantité d'huile se formant en goutelettes autour de cette bague. Celle-ci ainsi chargée amène l'huile jusqu'aux faces d'un pont placé à la partie supérieure de la coquille, ces faces jouent le rôle de collecteur et accumulent l'huile dans un intervalle où elle s'élève à une certaine hauteur.

Entraînée alors entre l'arbre et la bague, l'huile soulève cette dernière en même temps qu'elle forme frein, étant acculée sur les faces du pont ; cette sorte de frein liquide ralentit le mouvement de la bague qui ne reprend sa vitesse qu'au fur et à mesure que l'huile s'est écoulée du réservoir supérieur. L'huile se répartit alors sur toute la longueur du coussinet par les pattes d'araignée pratiquées dans celui-ci et la circulation est d'autant plus forcée que le niveau dans le réservoir est plus élevé. L'huile s'écoule ensuite par les bords du coussinet qui la conduit dans des filtres. Ces filtres sont inclinés et les impuretés ne pouvant y adhérer tombent au fond du réservoir. Ce réservoir étant rempli d'eau jusqu'à une certaine hauteur l'huile se lave pour ainsi dire au contact de l'eau, les impuretés tombent au fond de cette dernière et se trouvent définitivement séparées de l'huile. Une glace placée dans la partie supérieure

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

du palier permet du reste de vérifier le fonctionnement.

Ce palier, en offrant un graissage parfait, est d'une grande utilité dans les machines à grande vitesse, où le frottement des arbres dans leurs paliers cesse d'être une quantité négligeable.

Les paliers venus de fonte avec le bâti sont alésés ensemble ; ils sont à chapeaux pour permettre de vérifier facilement les coussinets et de leur donner du serrage.

Le frottement dans les paliers constitue surtout dans les organes à grande vitesse, comme les machines électriques, une perte de force non négligeable.

Je ferai remarquer, dans les machines Henrion, une disposition spéciale pour réduire au minimum la perte de force dans les paliers :

Du côté de la poulie, l'arbre a une section proportionnelle à l'effort et un large palier.

Du côté du collecteur, où il n'y a aucun travail (sinon de supporter, mais avec un grand bras de levier, le simple poids de l'anneau), la longueur du palier et la section de l'arbre sont diminuées, et pour réduire au minimum les deux diamètres dans les portées, l'arbre est en acier de premier choix.

C'est le petit palier qui est utilisé pour guider l'arbre et éviter le jeu latéral. Le palier principal est donc dégagé du travail de guidage latéral ; un espace laissé entre le collet de l'arbre et le rebord de la coquille, permet la dilatation éventuelle de l'arbre.

Le jeu latéral est ainsi complètement évité par un bon guidage. Deux mauvais guidages dans lesquels la dilatation est prévue loin de donner une marche calme de la machine, amènent souvent des trépidations. Si la dilatation est insuffisamment prévue, il en résulte un échauffement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Coussinets.— Les paliers sont dégagés de la machine; on ne peut donc, en les remplissant d'huile, en répandre sur les autres organes ; l'huile salit et fait adhérer les poussières métalliques qui compromettent l'isolement.

Bâti. — Le socle est octogonal et d'autant plus large et plus épais qu'il approche de la ligne médiane perpendiculaire à l'axe de rotation, constituant ainsi un solide d'égale résistance. Ce socle permet de descendre l'anneau jusqu'à fleur du sol, en laissant entre ces deux organes une distance suffisante pour éviter les pertes magnétiques.

Sur ce socle se détachent nettement les deux culasses des électros.

Les bâtis des grandes dynamos sont munis comme je l'ai dit plus haut d'une entretoise à la partie supérieure.

Le socle, les culasses et les paliers sont venus d'une seule pièce de fonte.

Toute pièce de fonte présentant des aspérités est rigoureusement rebutée par le constructeur.

Anneau. — La poulie et l'anneau sont clavetés sur l'arbre ; les clefs sont engagées dans le disque et dans l'arbre lui-même ; c'est la fixation la plus coûteuse, mais c'est la seule mécanique.

La figure 3 représente le calage de l'anneau.

Les fils, en fer de Suède sont envidés sur un solide anneau en laiton, ils sont vernis et chaque couche de fil est isolée par du papier parcheminé.

L'anneau est donc bien rond et bien centré.

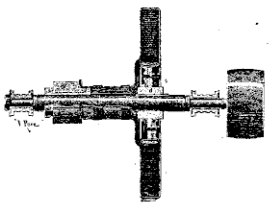


Fig. 3

Le disque de calage *d* en bronze est tourné sur toutes ses faces.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les frettes *f f . . . f* également en bronze sont tournées et mises au même poids ; aussi n'y a-t-il qu'à présenter l'anneau, serrer les frettes *f f . . . f* pour avoir immédiatement un anneau parfaitement calé et bien centré. La stabilité et la douceur de la marche sont telles que les machines sont essayées sans être scellées autrement que par un boulon qui s'oppose simplement à ce que la machine soit entraînée par la courroie.

Démontage. — La disposition du bâti permet :

1° Dans les petites machines, de retirer l'anneau, en enlevant simplement les chapeaux des paliers ;

2° Dans les grandes machines, de retirer l'anneau après avoir ôté les boulons et enlevé la partie supérieure qui porte les quatre électros.

C'est un précieux avantage pour ne pas abîmer l'isolant de l'anneau. Dans les machines où l'anneau est enserré entre les électros, on est obligé d'ôter un palier et de glisser l'anneau entre des électros, sans qu'on puisse le guider pour empêcher un contact.

Partie électrique. — Anneau. — L'anneau tourne entre les quatre électros, prolongés par les plaques polaires.

Au point de vue électrique, cet anneau est celui qui se rapproche le plus de l'anneau théorique qui est la roue de Barlow.

Le fil de l'anneau est utilisé presque complètement puisque les deux faces sont soumises à l'influence des électros ; en même temps, l'anneau est soumis à la ventilation sur presque toute sa surface.

La supériorité de cet anneau, au point de vue du rendement électrique, est bien démontrée par les diagrammes.

Toutes les divisions sont de longueurs rigoureusement égales, avantage qu'on ne trouve pas dans d'au-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tres systèmes d'envidage et qui est important au point de vue du bon fonctionnement du collecteur et de l'usure égale des lamelles.

Avec l'enroulement simple de ces anneaux, toutes réparations et même le réenvidage total peuvent être faits sur place. Aucune section n'est dépendante des autres : la dépendance des sections peut amener à dévider complètement un anneau pour réparer une section brûlée.

La supériorité mécanique est non moins évidente par le simple examen de la machine :

On voit que les électros étant placés sur les faces latérales, l'anneau n'a pas besoin d'être fretté ; les fils pourraient donc se dilater, un coussinet pourrait même s'user sans qu'un contact soit possible entre les plaques polaires et l'anneau.

Lorsqu'il s'agit, (comme cela est fréquent aujourd'hui) d'actionner une dynamo directement par le volant d'une machine à vapeur, cet anneau présente un grand avantage :

On sait que la fixité absolue de la lumière est rarement obtenue, même dans les stations centrales : un flottement de la courroie, une rattache de cette dernière venant à passer sur la poulie, les coups de piston — si le volant n'est pas de grandes dimensions — se répercutent dans la lumière ; le volant de la machine à vapeur doit donc avoir des dimensions suffisantes et le poids du volant est inversement proportionnel au carré des vitesses.

Or, l'anneau plat ayant à sa périphérie une vitesse supérieure à celle du volant, il en résulte que, tout en étant léger et en ne chargeant pas les paliers, il constitue un volant plus économique, au point de vue du rendement mécanique, que si l'on avait chargé le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

volant de la machine à vapeur, puisqu'il aurait fallu charger les paliers de cette dernière d'un poids bien plus considérable.

En même temps ce volant sur la machine est avantageux parce qu'il fait disparaître les chocs que peuvent produire le ballottement de la courroie ou des rattaches mal faites.

Aussi plusieurs de ces dynamos fonctionnent-elles dans des usines utilisant des machines à balancier à 26 tours par minute, sans que les coups de piston se voient d'une façon sensible dans la lumière. Ces machines permettent donc d'utiliser les moteurs à vapeur ordinairement employés dans l'industrie et ne conduisent pas les industriels à rechercher, pour tenter d'obtenir la fixité de la lumière, des moteurs à grande vitesse, généralement de peu de durée et d'une sécurité insuffisante pour le travail de nuit.

Inducteurs. — Les électros et les plaques polaires sont en fer doux forgé, et de larges culasses réduisent au minimum la résistance magnétique.

Le développement des plaques polaires diminue également la résistance magnétique, en assurant une grande section au passage du flux dans l'entre-fer, c'est-à-dire dans l'intervalle très petit qui sépare les électros du fer de l'anneau.

Les électros agissent symétriquement sur l'anneau ; toutes les attractions se neutralisent et l'anneau n'est sollicité d'aucun côté ; il en résulte que les paliers restent dans les meilleures conditions mécaniques.

Les paliers ne sont pas aimantés, comme cela a lieu dans bien des machines où les paliers et l'arbre font un court circuit magnétique, et dans lesquelles, l'arbre, échauffé par l'anneau, échauffe lui-même les paliers.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Collecteur. — Le collecteur se trouve placé avantageusement en dehors de la machine :

1° Comme on peut tordre les fils compris entre l'anneau et le collecteur, ce dernier est calé de telle sorte que les balais soient placés horizontalement ; ils sont donc plus faciles à régler et à surveiller.

2° Le collecteur étant placé au dehors de la machine les poussières métalliques ne peuvent pas être projetées dans les fils de l'anneau, ce qui aurait de graves inconvénients. L'échauffement, pendant la marche, en effet, amène des dilatations et contractions successives grâce auxquelles les poussières métalliques pourraient pénétrer entre les fils, s'incorporer dans l'isolant et amener un contact qui mettrait la machine hors de service.

Les lamelles sont en cuivre rouge de conductibilité (99° minimum) étiré au banc, à l'exclusion du bronze qui manque souvent d'homogénéité, du fer et de l'acier qui offrent comme plus grand et même comme unique avantage, celui d'être d'un prix de revient moins élevé. Elles sont solidement retenues par des frettes ; le barillet ainsi constitué est maintenu par une douille à collet et son écrou.

Il suffit de desserrer les vis correspondant aux lamelles et la vis de calage pour enlever le collecteur et lui en substituer un autre.

Porte-Balais. — Le système employé permet de régler la pression des balais sur le collecteur, de les faire varier à droite ou à gauche pendant la marche, de les écarter du collecteur à l'arrêt de la machine afin qu'ils ne se retroussent pas si elle venait à tourner en sens inverse. Tous ces mouvements se font sans que l'on ressente le moindre choc, parcequ'on ne touche que des poignées isolées.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Une disposition spéciale permet au courant de passer directement dans l'axe, et de l'axe au fil conducteur, tandis que dans beaucoup de machines le courant est obligé de passer de la douille à l'axe, alors que l'huile rend insuffisant le contact entre ces deux pièces ce qui occasionne l'échauffement de l'axe et des balais, ou le grippage des pièces l'une sur l'autre.

Les balais étant réglés isolément, le secteur qui porte les deux axes et qui se meut à l'aide de deux poignées permet d'amener simultanément les balais dans leur position normale, sans que pour le manœuvrer on ait aucune vis à desserrer.

Dynamo-turbine, système Patin. — En suivant les mêmes principes que pour la dynamo-volant et obtenir les mêmes avantages, *M. Patin* construit

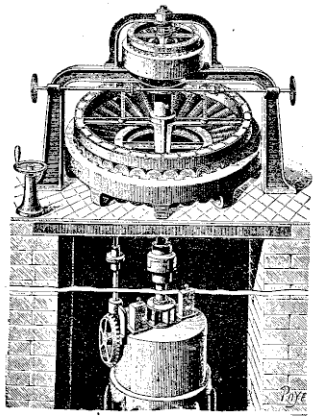


Fig. 1

des machines pouvant être directement accouplées sur les arbres des turbines. Ces dernières étant munies de régulateurs de vitesse très sensibles, il en résulte une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

surveillance pour ainsi dire nulle de la marche à l'installation, la régularité s'obtenant d'une façon automatique et les transmissions étant supprimées.

La figure 1 représente une machine de ce genre accouplée sur une turbine à axe vertical. Les turbines de cette sorte permettent d'utiliser les basses chutes et la dynamo, qui est un modèle tout récent, tourne horizontalement.

Dynamo-volant, système Patin. — Après avoir installé et surveillé de bien près la marche des machines à courants alternatifs installées par ses soins dans plusieurs centres, *M. Patin*, ingénieur-électricien Français a été conduit par la pratique et l'expérience à modifier considérablement les dynamos employées dans ces usines.

Le principal inconvénient inhérent à tous systèmes employés jusqu'ici, était l'emploi de cordes ou courroies pour actionner les dynamos ; trop tendues, elles font chauffer les paliers ; trop lâches, elles produisent des glissements et des fluctuations dans la lumière.

Dans certains cas, on a déjà reconnu ces inconvénients en actionnant directement les machines dynamos par le moteur ; même avec des machines à grande vitesse, les avantages que l'on gagnait d'un côté se perdaient de nouveau par la plus grande consommation de vapeur exigée par ce genre de machine, l'usure rapide, le graissage abondant qui leur est nécessaire la surveillance minutieuse, etc.

M. Patin a donc cherché à se placer dans les meilleures conditions d'économie et de sécurité et a combiné une machine dynamo de façon à pouvoir l'employer sur les meilleurs moteurs connus, soit du type Corliss, soit d'un type similaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Tout le monde sait que la partie délicate d'une machine dynamo consiste dans l'induit qui tourne à une grande vitesse. Dans les machines à haute tension, aux difficultés mécaniques viennent s'adjoindre les difficultés d'isolement. Si pour éviter celle-ci on fait tourner les inducteurs, il faut alors mettre en mouvement une grande masse et construire la machine d'une façon beaucoup plus robuste ; c'est pourquoi cette solution a été peu adoptée et seulement pour des petites machines. Mais si l'on utilise cette masse pour servir directement de volant au moteur, les inconvénients existant pour une commande par courroies ou cordes deviennent un

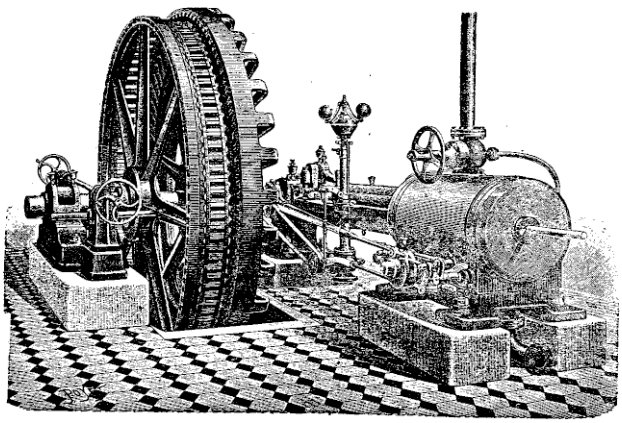


Fig. 2

avantage, cette masse étant placée directement sur l'arbre du moteur, soit à vapeur, à gaz, à eau, etc.

De là est née la combinaison de la machine *dynamo-volant.*

La simple inspection de la figure 2 montre la dispo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sition de la nouvelle machine accouplée sur un moteur à détente système *Bloudel* et en fait ressortir les avantages.

Il est facile de voir que l'induit est sorti du champ magnétique ; cet induit qui est une partie très délicate étant fixe, n'est sollicité par aucune action mécanique, et par suite, est exempt de toute détérioration.

Pour nettoyer la machine, il suffit de tourner le volant qui se trouve près du palier, et en quelques secondes, l'induit est en dehors des champs magnétiques sans nécessiter aucun démontage ; on peut alors le faire tourner sur lui-même et visiter ou nettoyer successivement toutes les bobines.

Cette armature est constituée par des bobines complètement indépendantes les unes des autres. Le remplacement de l'une d'elles, s'il est nécessaire, se fait très simplement en enlevant deux vis. Tout est combiné de telle sorte qu'une personne, même inexpérimentée, puisse faire toutes les réparations nécessaires.

L'induit étant fixe, le collecteur est supprimé, avantage important, les machines à haute tension ne pouvant être touchées en marche.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

E

Éclairage électrique. (*Application aux navires*). — L'installation de l'éclairage électrique à bord des navires comporte :

1° Un *groupe moteur*, producteur de l'électricité, formé par une machine à vapeur actionnant directement une *dynamo* ;

2° Un *tableau de distribution* recevant l'électricité de la dynamo et la distribuant dans la canalisation ;

3° Les *organes récepteurs* qui donnent l'éclairage.

Ces appareils permettent simultanément ou séparément :

L'éclairage intérieur du navire ;

L'alimentation des projecteurs ;

La production des signaux.

La marine militaire possède aujourd'hui divers types de sources d'électricité qui sont :

1° Machines dynamo électriques de Gramme, à inducteur en série ;

2° Machines de Gramme à double enroulement.

3° Machines de Gramme à inducteur en dérivation et à induit de très faible résistance.

4° Machines dynamo-compounds à une ou plusieurs paires de pôles, la bobine induite étant un anneau de Gramme.

5° Machines Desroziers multipolaires.

6° Machine dynamo en dérivation, à très grande vitesse de rotation, l'induit étant du type Siemens à tambour.

7° Machines magnéto-électriques de Méritens.

Deux maisons principales à Paris s'occupent de l'installation de l'éclairage électrique à bord des navires ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ce sont : les maisons *Sautter-Lemonnier* et *Bréguet*.

Chacune de ces maisons dispose à cet effet d'un matériel spécial.

Les moteurs employés par elles pour actionner les dynamos sont généralement des machines à vapeur à pilon, à un ou deux cylindres compound, fonctionnant avec échappement à air libre ou au condenseur. Lorsque l'emplacement dont on dispose à bord l'exige, on emploie des machines horizontales, système Woolf tandem souvent. Leur force varie de 15 à 25 poncelets selon l'importance du navire et de l'éclairage. Ils donnent 350 à 400 tours par minute.

Pendant longtemps, les moteurs *Brotherhood* ont été les seuls moteurs employés à la conduite des machines Gramme ; ils se prêtent parfaitement aux allures rapides, mais leur coefficient économique est médiocre.

Les dynamos des embarcations à vapeur de la marine militaire sont étalonnées à 30 ampères environ ; celles des torpilleurs de 30 mètres donnent 60 à 80 ampères. Sur les avisos torpilleurs on va jusqu'à 120 ampères à 70 volts. En général, sur les navires de guerre, on a fait choix, pour l'éclairage intérieur, du voltage nominal de 70 volts. Dans la marine Anglaise on a adopté 80 volts ; dans la marine Russe 50 volts.

Les dynamos de la maison Sautter-Lemonnier, employés à bord des navires de commerce, sont généralement du type *Gramme*, ou du type *Duplex* ou *Triplex* à 2 ou 3 paires de pôles. Celles de la maison Bréguet sont principalement du système Desroziers, *dynamos multipolaires intensives*.

Les lampes sont à *incandescence*, généralement du *type Swan* de 16 et 10 bougies. On emploie aussi les lampes *Cruto*, les lampes *Edison* et *Swan-Edison*.

Les navires possèdent 3 ou 4 groupes identiques,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

composés chacun d'une machine dynamo électrique conduite par un moteur à vapeur attelé directement. La puissance des dynamos et de leurs moteurs doit être telle, que dans le cas de trois groupes, deux suffisent à l'éclairage total du navire, augmenté au besoin de 5 % : le 3e groupe sert de rechange.

Dans le cas de 2 groupes, un seul doit suffire à l'éclairage, en cas d'avarie à l'autre groupe.

Eclairage électrique — (*Unité d'intensité lumineuse.* — Les unités photométriques les plus fréfréquemment employées sont : la *bougie décimale* et le *carcel.*

L'intensité lumineuse de la *bougie décimale* est le dixième de celle du carcel.

Le *carcel* est l'intensité lumineuse de la flamme d'une lampe dite de Carcel, fonctionnant dans certaines conditions.

Éclairage électrique domestique. — Cet éclairage n'est guère pratique, on peut cependant y arriver, mais avec embarras. La compagnie Edison fabrique des lampes de 18 volts qui donnent une lumière de 5 bougies, lesquelles remplacent une lampe ordinaire et même un bec de gaz.

Pour se servir de ces lampes, il faut une batterie de 9 piles au bichromate à grande surface, ces dernières ont l'avantage de ne pas s'user au repos, ce qui évite l'enlèvement des zincs lorsque la lumière n'est pas utilisée.

L'installation se fait dans les mêmes conditions que pour l'éclairage intermittent ; l'interrupteur peut être remplacé par un bouton *allumeur-extincteur*, ayant l'apparence d'un bouton de sonnerie. En appuyant sur ce dernier le circuit se ferme et la lampe s'allume ; en

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

appuyant de nouveau on rouvre le circuit et la lampe s'éteint.

Dans le cas où la batterie se trouve placée à proximité des lampes, 9 piles sont suffisantes ; si elle est loin, 10 sont nécessaires pour compenser la résistance plus grande du circuit.

Afin de pouvoir éclairer plusieurs lampes à la fois, il est nécessaire de prendre des piles de plus en plus grandes sans en augmenter le nombre.

Les piles d'une capacité d'un litre peuvent donner jusqu'à 20 heures d'éclairage sans qu'il soit nécessaire d'y toucher, c'est-à-dire qu'elles peuvent entretenir une lampe 5 à 6 jours environ 3 à 4 heures par jour. Après ce laps de temps d'éclairage, il faut les vider, les nettoyer et les regarnir à nouveau.

Après 3 ou 4 mois de fonctionnement, les vases poreux doivent être renouvelés, car ils sont complètement recouverts de sel de chrome.

Ces manipulations de liquide acidulé, sont le grand désagrément de cet éclairage, le jour où il en sera trouvé un plus commode (ce que beaucoup d'inventeurs cherchent) sans demander plus de soin que la pile Leclanché, l'éclairage électrique par les piles sera d'un usage beaucoup plus pratique.

Eclairage électrique industriel. — L'éclairage industriel a lieu généralement en employant des instruments appelés *régulateurs électriques* ou simplement *lampes électriques*.

Parmi les différents types les plus couramment employés sont :

1° La lampe *Gramme* à dérivation et mouvement d'horlogerie ; la lampe *Brianne* à dérivation.

2° La *lampe Brush*, différentielle, à frein ;

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° La *lampe Piette* et *Krisik*, différentielle, à solénoïde sans frein ;

4° La lampe *Pilsen* (fig. 1), fabriquée par M. *Fabius Heurion* qui est sans contredit la plus simple de toutes, parce qu'elle ne comporte aucun mécanisme.

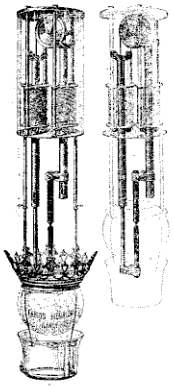


Fig. 1

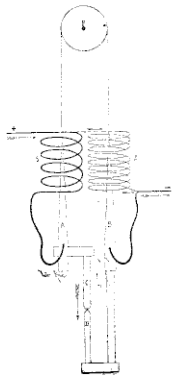


Fig. 2

(*Classée première* au concours ouvert à la section technique d'artillerie, 11 juillet 1890 et *adoptée*).

Cette lampe (fig. 2) se compose de deux tiges coniques en fer, A et B, suspendues aux extrémités d'un cordon souple qui passe sur une poulie P. Ces deux tiges portent les charbons. L'ensemble constitue une véritable balance dans laquelle les masses suspendues aux extrémités du cordon se font équilibre.

Ces tiges peuvent se mouvoir librement suivant l'axe de deux solénoïdes S et S'. Le solénoïde S est à fil gros et court, le solénoïde S' à fil fin et long ; il est placé en dérivation aux bornes de la lampe.

Le courant arrive par l'extrémité du fil marqué +, passe dans le solénoïde S ; de là au moyen d'un fil flexible, vient à la tige A, puis à la tige B et enfin se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rend à l'autre pôle de la machine. Pratiquement, la lampe se réduit aux organes que je viens de décrire.

Diagramme et fonctionnement d'une lampe Pilsen.

Fonctionnement. — Si, au moment où le courant est lancé dans le circuit, les deux charbons sont en contact, le courant passe tout en entier dans le solénoïde S ; la tige de fer A est attirée et comme *aspirée* par ce solénoïde ; elle s'élève, le charbon C se sépare du charbon D et l'arc éclate.

Si, pour une raison quelconque, les deux charbons n'étaient pas en contact, le courant rencontrant entre les charbons une couche d'air froid d'une résistance infinie, passe tout entier dans la dérivation S'. Ce solénoïde aspire la tige B ; en même temps la tige A s'abaisse et les charbons sont ainsi amenés automatiquement au contact. Le courant pouvant alors passer par le soléno S, de faible résistance, la tige A est aspirée ; les charbons s'écartent ; l'arc éclate.

Les solénoïdes sont calculés de telle façon que pour un courant d'intensité normale auquel corrrespond une longueur d'arc également normale, les attractions exercées par les deux solénos S et S', entre lesquels se partage le courant soient égales. La balance reste donc en équilibre quand l'arc a sa longueur normale.

Quand la distance et, par conséquent, la résistance entre les charbons augmente par suite de leur usure, l'intensité du courant qui traverse S diminue, et la tige A tend à tomber ; en même temps, l'intensité du courant, qui passe dans le solénoïde à fil fin augmente et la tige B est soulevée. Les deux efforts concourent dans le même sens et les charbons se rapprochent de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

façon à reconstituer *automatiquement* un arc de longueur normale.

Pour obtenir la fixité de l'arc dans l'espace, il suffit de donner au charbon positif une section environ deux fois plus grande qu'au charbon négatif, le premier s'usant deux fois plus vite que l'autre.

Rien de plus simple, comme on le voit, que le fonctionnement de cette lampe. Je n'ai rien à ajouter, sinon que la forme conique des tiges est calculée de façon à obtenir une action sur tous les points de leur course.

La lampe Pilsen rapproche les charbons avec la plus grande précision et d'une façon continue, grâce à la suppression de tout intermédiaire mécanique entre le système électromagnétique et les charbons, parce que les tiges guidées *exclusivement* par des *galets* sont constamment en équilibre, *leur poids n'intervenant pas* pour déterminer le rapprochement des charbons.

La lampe Pilsen est *différentielle* et, à ce point de vue, elle offre sur beaucoup d'autres de sérieux avantages.

Supposons cette lampe placée en dérivation. Si, pour une raison ou pour une autre (variation de vitesse du moteur par exemple), la tension vient à augmenter, l'intensité du courant augmente. Aussitôt l'attraction de la tige A devient plus grande et les charbons s'écartent. Il en résulte évidemment une augmentation de longueur de l'arc et, par suite, de sa résistance. La résistance du circuit augmentant, l'intensité diminue et cette diminution de l'intensité est en proportion exacte de l'augmentation de tension. La lampe obvie donc *d'elle-même* aux inconvénients provenant des variations accidentelles de tension.

Ce point est important. Dans les lampes non diffé-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rentielles, en effet, si la tension vient à augmenter, l'intensité augmente, mais l'*écart des charbons ne varie pas* : il reste égal à celui pour lequel la lampe est réglée. L'intensité ne pouvant être modérée il peut arriver, et il arrive en réalité, que la machine et les conducteurs s'échauffent au point de brûler. Quand bien même cet accident ne se produirait pas, il en résulterait néanmoins une dépense de force inutile, car la quantité de lumière fournie par l'arc est loin de croître en proportion de l'intensité du courant.

La simplicité de la lampe a permis d'*isoler le bâti*, tandis que dans la plupart des lampes à arc le bâti est *solidaire d'un des pôles* : c'est là un grave inconvénient, parce qu'on peut ressentir un choc en soignant la lampe pendant la marche. Ce choc peut occasionner un accident grave quand l'ouvrier qui soigne la lampe se trouve environné de machines chargées de courroies ou d'engrenages, comme cela se présente dans presque toutes les usines.

Avantages de la lampe Pilsen sur les lampes à mécanisme. — Dans ces dernières lampes, un solénoïde ou un électro-aimant attire une fois pour toutes un des deux charbons quand le courant est lancé dans la lampe ; l'autre charbon est suspendu à un mécanisme d'horlogerie et, toutes les fois que la distance est trop grande, un déclic ou un frein cède et laisse déclancher le mécanisme.

C'est à ce principe que reviennent toutes les lampes ordinairement employées. Dans les unes, si les charbons ne se touchent pas avant l'allumage, au moment ou le soléno d'allumage attire son charbon, *la lampe ne s'allume pas*.

Dans d'autres, c'est le contraire qui a lieu. Dans tous les cas, dans ces lampes, *l'arc ne se forme*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qu'une fois, et, si pour une raison ou pour une autre les charbons viennent à se toucher pendant la marche on se trouve sans lumière jusqu'au moment où la combustion des charbons les a écartés l'un de l'autre.

Nous avons vu que dans la lampe Pilsen, ces inconvénients ne peuvent pas se produire.

Dans les lampes à mécanisme, il faut, pour que les charbons se rapprochent, qu'il y ait un *déréglage préalable ; le déréglage ne s'effectue que par chocs* que l'on cherche simplement à rendre aussi fréquents que possible. De telles lampes qui règlent par *à-coups* fatiguent l'œil.

La lampe Pilsen, au contraire, rapproche les charbons d'une manière *continue* ; aussi ne fatigue-t-elle pas la vue.

Grâce à son exquise sensibilité, elle corrige les plus petits écarts qui peuvent se produire dans l'arc. Cette sensibilité se comprend, si l'on observe, d'une part, que les divers organes mobiles sont en équilibre parfait et, d'autre part, que l'attraction des solénoïdes sur les tiges coniques s'effectuant *en sens inverse de la pesanteur*, ces tiges, lorsque l'appareil fonctionne, sont, pour ainsi dire, *dénuées de poids*.

Cette sensibilité permet de la construire depuis *moins de deux ampères*. Deux lampes fonctionnent en tension avec 100 à 110 vols, ou, en dérivation simple, avec 55 volts. On arrive ainsi à alimenter jusqu'à *six* et même *huit lampes*, avec *un poncelet-vapeur*.

Quand, dans une lampe à mécanisme, l'arc vient à s'éteindre, il faut attendre un certain temps pour que le mécanisme rapproche les charbons et les ramène au contact.

Si, par suite de l'attraction du solénoïde ou de l'électro-aimant, l'arc obtenu après ce contact est trop

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

court, il est *indispensable* d'attendre que les charbons s'usent pour avoir une lumière normale. Si l'arc était au contraire trop grand, il s'éteindrait ; le mécanisme agirait alors pour le rapprocher, ce qui demanderait encore un certain temps. Puis l'arc se formerait, serait trop grand pour la même cause ; il s'éteindrait de nouveau, et ainsi de suite. On dit alors que la lampe *danse*. Cette succession d'extinctions et de rallumages successifs de l'arc est extrêmement fatigante pour l'œil.

Si l'arc formé est plus grand que l'arc normal sans cependant être assez grand pour qu'il s'éteigne et que la lampe danse, la lampe fonctionne ; mais il faut attendre encore un certain temps pour que le mécanisme ramène l'arc à sa longueur normale.

Economie de la lampe Pilsen sur les autres lampes. — Grâce à *sa sensibilité*, la lampe Pilsen règle instantanément les moindres défauts. Si l'on fait le diagramme (fig. 3)d'une lampe Pilsen en plaçant sur le circuit un ampère-mètre, on trouve sensiblement une ligne droite. Si la lampe est réglée par exemple pour 6 ampères, elle fonctionne d'une manière régulière en dépensant toujours 6 ampères. Dans les lampes à mécanisme,

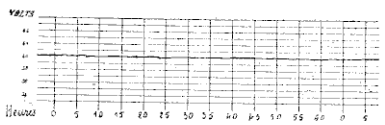


Fig. 3

au contraire, il arrive souvent que le débit d'une lampe de ce type peut varier de 6 à 8 ampères. Il en résulte un surcroît inutile de dépense qui peut se chiffrer par une somme considérable.

Supposons en effet, par exemple, qu'un industriel

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ait besoin d'une lampe de 6 ampères. S'il achète une bonne lampe, il dépensera régulièrement 6 ampères et jamais plus. Si la marche de la lampe est irrégulière, l'intensité du courant variera, par exemple, de 6 à 8 ampères. Or, des lampes de 8 ampères marchant d'une façon continue dépenseront par exemple 8.000 francs de force motrice par an tandis que des lampes de 6 ampères ne dépensent que 6.000 francs. *La différence, soit 2.000 francs, est absorbée en pure perte.* J'ajoute à cela que les charbons à lumière s'useront beaucoup plus vite avec 8 ampères qu'avec 6. De ce chef, les variations d'intensité seront encore la cause d'un surcroît de dépense que l'industriel a tout intérêt à éviter.

Facilité de mise en place des charbons. — Dans les lampes à mécanisme, quand on veut remplacer les charbons ou les centrer, il faut attendre qu'une crémaillère ait défilé, ou bien appuyer sur un bouton pour libérer la crémaillère de l'engrenage.

Dans la lampe Pilsen, les porte-charbons sont *absolument libres*, on peut les monter ou les descendre à volonté. Un des porte-charbons présente un petit dispositif qui permet de *centrer les charbons presqu'instantanément* ; ce centrage est indispensable pour qu'on obtienne, même avec les charbons qui ne sont pas droits, une égale répartition de la lumière en tous les points du globe qui entoure l'arc.

Sécurité absolue. — Dans les filatures, le duvet, qui pénètre jusque dans les montres et les arrête, arrête également dans un bref délai les lampes à mécanisme. Dans la lampe Pilsen, il n'y a rien à craindre de semblable. Voici, à ce sujet, une expérience concluante.

On cale, avec des boulettes de cire, tous les ga-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lets qui servent de guides ; on met en marche et on constate que son fonctionnement n'est nullement entravé, parce que les tiges étant suspendues rigoureusement par leur axe, le roulement des galets n'est pas indispensable.

La lampe Pilsen peut fonctionner jusqu'à :

52 volts en dérivation simple ;

99 volts par groupe de deux lampes en tension, c'est-à-dire avec un minimum de tension et de force motrice qu'à ma connaisssance on n'a jamais obtenu.

Conditions auxquelles doit satisfaire une lampe à arc. — Il est indispensable que la lampe règle de telle façon que l'intensité du courant qui l'alimente *ne varie pas ou varie extrêmement peu.*

Si l'intensité varie, en effet, on a des variations correspondantes de lumière, variations fort désagréables à l'œil. On dissimule souvent cet inconvénient, en partie du moins, en entourant l'arc d'un très petit globe. Si l'on regarde un pareil globe, l'œil est ébloui et ne se rend plus compte des variations de lumière. Il peut arriver qu'avec un petit globe, des lampes de 8 ampères, par exemple, oscillent entre 8 et 12 ampères sans qu'un œil, même bien exercé s'en aperçoive.

L'usage de ces petits globes, qui ne servent qu'à éblouir ou à masquer des imperfections de la lampe, n'est pas recommandable, sauf dans le cas où l'on veut que la lampe *soit vue* de loin. En général, la lampe est faite pour éclairer et non pour éblouir. On obtient ce résultat avec des globes dépolis de grandes dimensions, qui fournissent une lumière douce, plus régulièrement répartie et mieux tamisée.

La conclusion de tout ceci est que l'industriel doit exiger, quand il achète une lampe, un diagramme de sa marche montrant non seulement qu'il n'y a pas de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

variations brusques, mais montrant encore *que la lampe absorbe*, en tous les points de sa course, *une quantité de courant toujours la même*.

Comme une description plus complète de l'éclairage industriel m'entraînerait hors des limites tracées, je me bornerai à donner un tableau indiquant la force pratique nécessaire à la production par une dynamo, du courant que réclame l'éclairage d'une ou plusieurs lampes.

1 lampe	de 5 boug.	dem. env.	une force de 5 kgm/s
2 —	d°	d°	10 —
6 —	d°	d°	28 —
2 —	de 16 boug.	d°	25 —
10 —	20 d°	d°	1 poncel.
1 arc de	60 carcels	d°	40 kgm/s
1 —	400 —	d°	2 ponc.$^1/_2$

Par ce qui précède, il est facile de voir que celui qui possède une petite force motrice quelconque disponible peut très bien l'utiliser pour s'éclairer.

Eclairage électrique intermittent. — Cet éclairage peut s'obtenir au moyen de piles *Leclanché* à grande surface, lesquelles peuvent rester montées pendant six mois sans que l'on ait besoin d'y toucher. Au bout de ce temps, un simple lavage du zinc et du charbon avec une nouvelle charge de sel ammoniaque suffisent, ce qui ne donne lieu qu'à une dépense très minime.

On peut employer 4, 6 ou 8 piles, si la lampe que l'on emploie est de 4, 6 ou 8 volts, ce qui donne une lumière de 1, 1 1/2 et 2 bougies. Les piles n'ont pas besoin d'être près de la lampe, elles peuvent être enfermées dans un placard et amener les deux fils conducteurs à l'endroit où on désire placer la lampe.

La fixation de la lampe peut se faire de bien des façons ; elle peut être fixée sur un support appliqué, sur

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

un support formant chandelier, sur une lampe ordinaire, contre le mur, elle peut être mobile, etc. etc.

Dans tous les cas, les supports sont munis de deux bornes auxquelles se fixent les conducteurs.

Sur la longueur de son parcours le circuit peut être coupé par un interrupteur qui donne la facilité d'allumer ou d'éteindre à volonté.

L'installation se fait absolument comme celle des sonneries et l'éclairage des lampes ainsi disposées peut durer 1/4 d'heure consécutif, temps suffisant pour les besoins courants ; (chambres à coucher, vestibules, etc.)

Une même batterie peut servir à plusieurs lampes placées dans des chambres différentes en ayant soin qu'elles ne fonctionnent pas en même temps. Dans le cas où le circuit est un peu long, une pile de plus est nécessaire pour compenser la distance.

Electricité (*Assainissement des cales de navires application de l'*). — A bord des navires, on emploie généralement pour la désinfection des cales et entreponts où existent des causes d'insalubrité, les agents chimiques désinfectants, tels que le chlore et les hypochlorites, les permanganates et les sels de fer ; ou antiseptiques, tels que l'acide phénique, la créosote, le goudron et le camphre. Tous ces produits, excellents dans certains cas, n'assurent pas la salubrité complète et permanente dans toutes les parties du bâtiment.

Parmi les procédés employés jusqu'ici pour résoudre le problème de la salubrité à bord des navires, celui dû à M. *E. Hermite*, à Paris, au moyen de l'électricité, mérite d'être signalé.

Ce système consiste à distribuer dans toutes les parties d'un navire et d'une façon continue, à l'instar de l'eau ou de la vapeur, un liquide ayant un grand pou-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

voir désinfectant, de façon que l'on puisse le faire couler à tous les moments dans les endroits dangereux, simplement en tournant un robinet.

Le procédé Hermite est basé sur le principe suivant : quand on fait passer un courant électrique dans une dissolution aqueuse d'un chlorure, de préférence le chlorure de magnésium ou un mélange de chlorure de magnésium et de chlorure de sodium comme l'eau de mer, par exemple, ce chlorure est décomposé en même temps que l'eau : il se forme au pôle positif un composé oxygéné du chlore très instable et doué d'un grand pouvoir d'oxydation, et partant de désinfection. Au pôle négatif il se forme un oxyde qui a le pouvoir de précipiter certaines matières organiques.

Par électrolyse on obtient donc, dans ces conditions, un liquide qui a les propriétés suivantes :

1° De détruire complètement les matières organiques résultant de la putréfaction, et aussi des gaz, tels que l'hydrogène sulfuré, le sulfhydrate d'ammoniaque, les carbures d'hydrogène, et aussi les germes ou microbes;

2° De précipiter certaines matières telles que les matières albuminoïdes, etc., et par conséquent de clarifier les eaux.

A bord des navires, la dissolution du chlorure dont on a besoin pour l'application du procédé Hermite est l'eau de mer. Le simple passage de l'eau de mer dans un appareil appelé *électrolyseur* suffit pour communiquer à cette eau des propriétés désinfectantes.

L'appareil électrolyseur Hermite, consiste en une cuve en fonte galvanisée ayant à la partie inférieure un tube perforé d'une quantité de trous et muni d'un robinet en zinc. C'est par ce tube que les eaux à désinfecter mélangées avec de l'eau de mer ou de l'eau de mer seule entrent dans l'électrolyseur. Le haut de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

la boîte, en fonte galvanisée, est muni d'un rebord formant canal ; le liquide déborde dans ce canal et s'en va par un tuyau. On obtient ainsi une circulation continuelle.

Les électrodes négatives sont formées par un certain nombre de disques en zinc montés sur deux arbres qui tournent lentement.

Entre chaque paire de disques en zinc, sont placées les électrodes positives, dont la surface active est constituée par de la toile de platine maintenue par un cadre en ébonite qui donne la raideur nécessaire.

Chaque cadre ou électrode positive communique par une pièce de plomb à une barre de cuivre qui traverse l'électrolyseur ; le contact est fait au moyen d'un écrou et chaque électrode peut être enlevée en marche sans gêner le bon fonctionnement de l'appareil. Cette barre de cuivre, à laquelle sont fixées les électrodes positives est en communication avec le pôle positif de la dynamo.

Le courant est distribué dans toutes les électrodes de platine d'où il passe, en traversant le liquide, aux disques de zincs formant électrodes négatives, et communiquant par la boîte en fonte avec le pôle positif de la dynamo.

Le courant est distribué dans toutes les électrodes de platine d'où il passe, en traversant le liquide, aux disques de zinc formant électrodes négatives et communiquant par la boîte en fonte avec le pôle négatif de la dynamo.

Quand on emploie plusieurs électrolyseurs, on les monte en tension, c'est-à-dire que l'on fait communiquer le pôle positif du premier avec le pôle négatif du second, et ainsi de suite. On fait généralement passer dans ces électrolyseurs un courant électrique de 1.000 à 1.200 ampères.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L'appareil complet formé de la dynamo, de l'électrolyseur et d'une pompe, est monté sur un bâti en fonte. Il suffit de commander la dynamo par une force quelconque pour que l'appareil complet soit en marche.

A l'aide de cet appareil, on peut donc électrolyser de l'eau de mer pour en obtenir un désinfectant énergique qui peut être envoyé ensuite en un endroit quelconque du navire, par une canalisation spéciale.

Electricité dynamique. — On désigne sous ce nom l'électricité à l'état de mouvement continu le long des conducteurs.

Lorsqu'il y a action chimique entre deux corps en contact, il y a production d'électricité positive sur l'un des deux corps, d'électricité négative sur l'autre. Lorsqu'un acide attaque un métal, celui-ci se charge d'électricité négative, l'acide d'électricité positive. Lorsque deux métaux sont en contact avec un acide, que l'un d'eux est attaqué, que l'autre l'est moins que le premier, le métal attaqué se charge d'électricité négative, le métal non attaqué se charge d'électricité positive qu'il prend à l'acide.

Electricité statique. — On désigne sous ce nom l'ensemble des phénomènes électriques à l'état de repos à la surface des corps.

Electro-aimant. (Voy. *Aimants*).

Electrode. — (Voir *Piles*).

Electrolyse. — On nomme *électrolyse*, le phénomène de la décomposition chimique d'un corps sous l'action du courant électrique. On opère généralement

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

sur les corps soumis à l'état de dissolution. Les corps soumis à l'électrolyse se nomment *électrolytes*. Le courant est amené dans le bain électrolytique par deux conducteurs métalliques qui plongent dans le liquide et que l'on nomme *électrodes*. Celui auquel est relié le pôle positif du générateur de courant se nomme l'*anode*, l'autre reçoit le nom de *cathode*. Les *ions* sont les corps résultants de la décomposition et l'on distingue en *anions* et *cathions* les corps qui se rendent respectivement à l'anode et à la cathode. (Voir *Electricité*, *Assainissement des cales de navires*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

F

Farad (Voir : *Electricité, Unités électriques*).

Force *(systèmes de transport de)*. — 1° *Transports isolés.* — L'excitation en série s'applique avantageusement pour les transports isolés, comprenant une génératrice et une réceptrice.

2° *Transmission à courant constant.* — Dans ce cas, l'intensité reste constante et le système peut s'appliquer pour alimenter des moteurs tous placés en série.

Ce système nécessite l'emploi de potentiels élevés, et chaque moteur en série doit être muni d'un régulateur pour maintenir sa vitesse dans des limites raisonnables.

La distribution de force à courant constant, est rarement employée.

3° *Transmission à potentiel constant.* — C'est le système le plus usité; il est du reste presque exclusivement employé pour les distributions d'électricité dans les villes. Les moteurs employés sont compound ou shunt, de manière à maintenir une vitesse constante. La régularisation automatique de la consommation d'énergie, par la f. e. m., produite dans la rotation du moteur, rend la machine shunt admirablement appropriée aux besoins de la petite industrie et aux usages domestiques; on emploie encore les moteurs en série, lorsque l'on a besoin d'un couple-moteur énergique au départ, sans grande régularité de vitesse, ainsi que c'est le cas des moteurs des tramways.

Un transport de force se compose de deux machines, l'une génératrice, transmettant à distance son courant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

par une ligne composée de deux conducteurs, à une autre machine, fonctionnant en réceptrice, et sur l'arbre de laquelle on peut prendre de la force motrice. Le rendement de l'installation totale, depuis la poulie génératrice jusqu'à la poulie de la réceptrice, est égal au produit des rendements des machines et de la ligne (rendement de la ligne, égal rapport de la puissance à l'arrivée à la puissance au départ).

Dans les expériences de Creil par M. *Marcel Desprez*, on a atteint 6.000 volts avec des courants continus, et plus récemment, en Allemagne, pour des expériences de transport de Lauffen à Francfort, on a atteint près de 20.000 volts en marche courante, avec des courants, alternatifs. Mais les transports, opérés à des potentiels aussi élevés, exigent les plus grands soins au point de vue de leur isolement.

D'après les expériences de Francfort, les conducteurs nus sur isolateurs à huile semblent donner toute satisfaction.

Formes d'induits. — Il n'existe que deux genres d'induits vraiment bien répandus, ce sont ceux de *Siemens* et de *Gramme*.

a. — *L'enroulement Gramme ou en anneau* est clairement indiqué sur la figure 1. Les courants produits par les deux moitiés d'enroulements induits situées de part et d'autre entre les balais, se trouvent être associés par la disposition même en quantité, de sorte que les fils ne sont parcourus que par la moitié du courant total fourni par la machine (les flèches indiquent le sens de la f. e. m. engendré dans les enroulements). Le courant change de sens dans les spires quand elles passent dans le plan diamétral vertical ; c'est donc suivant cette direction que sont calés les

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

balais destinés à recueillir le courant. De plus, on voit qu'il n'y a pas de f. e. m. engendrée dans les spires passant par cette position, car la vitesse de déplace-

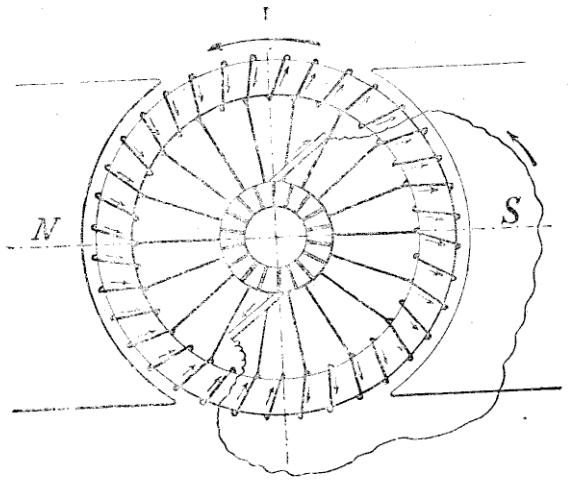


Fig. 1

ment des spires est parallèle aux lignes de force du champ. Pour éviter la production des courants de

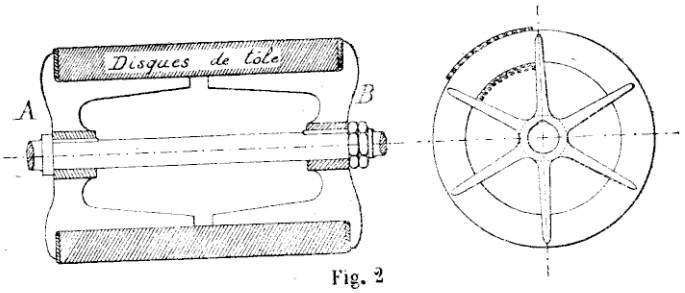


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Foucault (*) dans la masse de fer du noyau de l'induit, ce dernier est généralement formé de disques de tôle mince (de 0,2 à 1 mm. d'épaisseur), isolés les uns des autres, par des feuilles de papier ou tout autre isolant.

Sur les figures 2 et 3, j'ai indiqué les détails de construction des deux induits Gramme. La première dis-

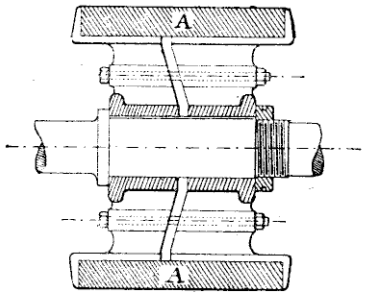
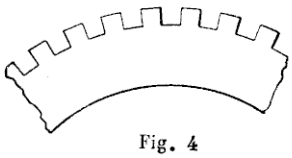


Fig. 3

position (fig. 1) est celle de *Forster* et *Andersen*; les plaques de tôle formant le noyau de l'induit sont serrées entre des croisillons en bronze dont ils sont soigneusement isolés. La deuxième disposition employée par la *Société de construction d'Oerlikon* est analogue à la précédente, mais est spécialement désignée pour les dynamos de fortes dimensions (fig 3).

b. — *L'enroulement Pacinotti* diffère peu de celui de Gramme. Au lieu d'enrouler le fil simplement à la surface d'un anneau en fer, on l'enroule dans des rainures pratiquées sur ce dernier (fig. 4)


Fig. 4

(*) Courants qui sont induits dans les masses métalliques.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces rainures sont obtenues en employant pour former le noyau de l'induit, des disques de tôles dentés. Cet enroulement diminue considérablement la résistance magnétique de l'entrefer ; mais provoque, par contre, l'échauffement des pièces polaires par la production de courants de Foucault. On est par suite obligé de prendre pour former les pièces polaires, des feuilles de tôle, isolées les unes des autres par du papier ou toute autre matière isolante. On peut encore laisser les pièces polaires massives, si l'on a soin d'employer des induits avec de

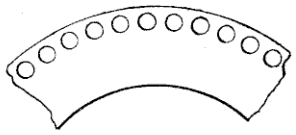


Fig. 5

nombreuses rainures étroites, et très profondes. Une modification de ce système, imaginé par M. *Brown*, consiste à employer pour l'induit des tôles perforées vers leur périphérie (fig. 5). On enfile les conducteurs de l'induit dans les trous ainsi obtenus. Cette disposition n'exige pas le sectionnement des pièces polaires ; elle permet de plus de réduire à peu de choses l'entrefer et de donner une valeur considérable à la vitesse à la circonférence.

c. — *L'enroulement Siemens* ou en tambour est clairement indiqué sur la figure 6 ; les fils sont enroulés de la façon indiquée sur un noyau cylindrique formé de disques de tôle mince, isolés les uns des autres.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les sections (*) desservies par les lames du collecteur diamétralement opposées se recouvrent mutuellement.

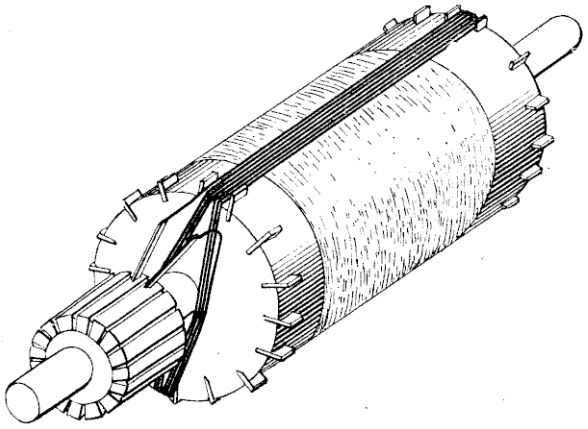


Fig. 6

Je donne sur la figure 7, les détails de construction du noyau d'un induit Siemens ; ce noyau est formé de

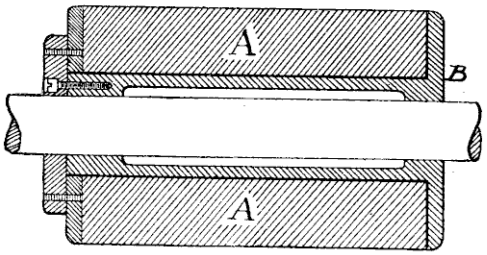


Fig. 7

(*) Une *section* est constituée par chaque ensemble de spires desservi par deux lames du collecteur. L'enroulement que nous venons de considérer forme une seule section à une ou plusieurs spires.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

disques de tôle A enfilés sur un manchon en bronze B, claveté sur l'arbre. On peut également appliquer aux tambours les dispositions déjà indiquées sur les figures 4 et 5.

d. — Induits de machines multipolaires. — Quand les machines atteignent de grandes dimensions il est préférable d'employer des inducteurs multipolaires.

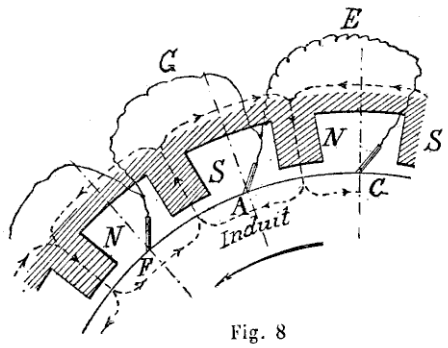


Fig. 8

Les pôles sont répartis tout autour de l'induit ; ils sont en nombre pair et changent alternativement de signes ; les circuits magnétiques se disposent suivant les tracés en pointillé de la figure 8.

Dans ces conditions, on peut employer *l'enroulement Gramme* pour l'induit. Si l'on cale des balais vers le milieu des espaces séparant les pôles les uns des autres (fig. 8), on aura autant de courants distincts qu'il y a de pôles, circulant d'un balai au suivant dans les circuits AEC, AGF. Suivant les usages auxquels on destine la machine, on peut grouper ces circuits en quantité ou en tension.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

G

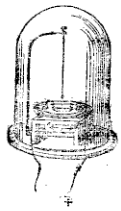
Galvanomètre. — Cet appareil, connu aussi sous le nom de *multiplicateur* et de *rhéomètre*, est dû à *Schweigger*. Ce dernier avait remarqué que plusieurs fils juxtaposés exerçaient une action plus forte sur l'aiguille aimantée, il imagina donc au lieu de les multiplier d'en enrouler un seul en hélice; et plaçant l'aiguille au milieu de ces circonvolutions, il trouva que l'énergie du courant s'accroissait en raison directe des tours de spire. Partant de là, il est facile de mesurer et d'apprécier des courants dont l'intensité est très faible, tels que ceux occasionnés par des variations de température, lorsque celles-ci ont lieu dans des substances métalliques différentes et soudées entre-elles.

Donc, si un même fil fait 2 ou 300 tours autour de l'aiguille, l'effet sera identique à celui qui serait produit par 4 ou 600 fils parallèles, et si l'on soustrait l'aiguille aimantée à l'action du globe en appliquant au-dessus d'elle une autre aiguille dont les pôles seront tournés en sens inverse de la précédente, la sensibilité de cet instrument ne laisse rien à désirer, et il est d'autant plus sensible que les circonvolutions du fil sont plus nombreuses. Pour préserver l'appareil des agitations de l'air, on recouvre d'une coque de verre en dehors de laquelle sont 2 bornes en cuivre, auxquelles aboutissent les deux bouts du fil galvanométrique.

Cet instrument, sert à reconnaître l'existence des courants électriques, leur direction, leur nature et leur intensité. Ainsi perfectionné, il porte encore le nom de *galvanomètre* de *Nobili* du nom du physicien

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

qui l'a inventé; *ab* et *a' b'* représentent les deux aiguilles dont les pôles sont dirigés en sens contraire.



En résumé, le galvanomètre est une boussole dont l'aiguille dévie lorsque le courant passe. Plus la pile est forte, plus la déviation est grande; il est donc facile de mesurer la force du courant et s'assurer par-là, si la pile fonctionne encore.

Galvanoplastie. — La galvanoplastie est l'art de déposer les métaux en une couche mince à la surface de certains corps sous l'influence des courants électriques. De cette façon, il est facile de cuivrer, d'argenter ou dorer non seulement différents métaux, mais encore le bois, le plâtre, la gutta-percha. etc., et donner à ces derniers une apparence métallique. C'est une des applications les plus heureuses des effets chimiques de la pile et que l'industrie utilise pour de nombreux usages.

La reproduction galvanoplastique exige trois opérations : le moulage, la métallisation et la formation du dépôt.

Moulage. — Les systèmes les plus en usage sont le moulage à la cire blanche et le moulage à la gutta-percha.

1° Pour le moulage à la cire blanche qui est utilisée spécialement pour les objets fragiles et délicats, on procède comme suit :

Si c'est un objet en métal, une médaille, par exemple, il faut l'entourer d'un papier cartonné et on le présente un moment au-dessus d'un récipient d'eau bouillante, il se recouvre alors d'une légère buée qui a pour but d'empêcher l'adhérence du moule.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Si c'est un objet en plâtre, on le mouille légèrement avec une éponge et on l'entoure de papier.

Dans le moule ainsi préparé, on coule la cire liquide et on la laisse se solidifier.

2° Pour mouler à la gutta, on presse fortement le modèle sur la feuille de gutta qu'il faut avoir soin de ramollir au préalable en la plongeant quelques instants dans l'eau bouillante.

Ce moule est préférable au premier en ce sens que l'ou peut obtenir des empreintes d'une grande pureté et autant de reproductions qu'on le désire, tandis qu'avec le premier, l'opération ne peut se faire qu'une fois.

Métallisation. — Le procédé le plus simple consiste à saupoudrer le moule de plombagine (mine de plomb) et à le brosser avec une brosse douce, jusqu'à ce que la surface en soit devenue brillante. Dans le cas où cette opération n'a pas l'air de réussir, on lave le moule avec de l'alcool à 35° environ et on la recommence.

On peut, si l'on veut, métalliser l'objet lui-même (tissus, fleurs, etc.) l'exposer quelque temps à la lumière après l'avoir, au préalable, humecté avec une solution d'azotate d'argent.

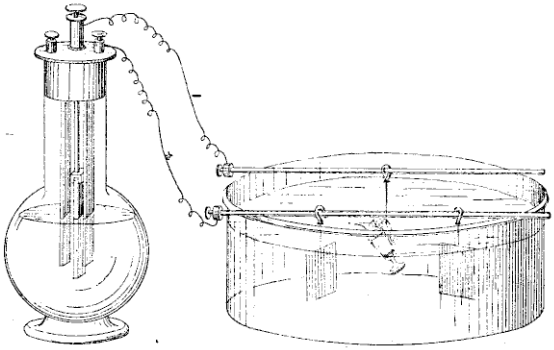
Formation du dépôt. — Après avoir choisi sa pile, il s'agit de préparer le bain de galvanoplastie qui se fait dans les conditions suivantes :

Eau pure.	1 litre.
Sulfate de cuivre . .	250 grammes.
Acide sulfurique . .	30 —

et on verse la préparation dans un vase en verre ou en grès. Deux bâtons de cuivre reposent sur les bords du vase et reçoivent le courant électrique.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le moule préparé, comme il est indiqué plus haut, se suspend par un fil de cuivre au bâton qui commu-



nique avec le pôle négatif de la pile. Le bâton du pôle positif soutient une plaque de cuivre rouge (électrode) qui se dissout au fur et à mesure que le métal se dépose sur le moule. Cette plaque se suspend par un fil de cuivre et doit plonger entièrement dans le bain en face le moule.

Le dépôt de cuivre commence d'abord à se former sur le fil conducteur et gagne rapidement le moule qu'il finit par recouvrir entièrement. Souvent, en commençant, on éprouve des insuccès qu'il est facile d'éviter en procédant comme suit :

1° Le dépôt est-il cristallin :

C'est que le bain est trop concentré ; on y ajoute de l'eau légèrement acidulée.

2° Le dépôt est-il poreux :

C'est que le bain n'est pas assez concentré ; on enlève le moule, on le lave à l'eau acidulée, on ajoute du sulfate de cuivre au bain et on recommence l'opération.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

3° Le dépôt est-il pulvérulent :

C'est que le courant est trop fort ; on enlève un élément de la batterie, ou on relève un peu les zincs, si on emploie des piles bouteilles.

4° Le dépôt ne se forme pas ou se forme irrégulièrement :

C'est que le moule n'a pas été métallisé avec soin ; il faut alors recommencer cette opération.

Quand le dépôt est formé, on démoule et on lave l'épreuve à l'eau pure, on la sèche vivement avec de la sciure de bois et si on ne veut pas la bronzer, on la termine en la polissant avec un chiffon de laine.

Pour cuivrer le bois, il faut le rendre conducteur en le frottant avec de la plombagine.

Pour cuivrer le plâtre, il est nécessaire de l'imprégner d'un corps gras pour éviter qu'il ne se délaye dans l'eau et le frotter ensuite avec de la plombagine pour le rendre bon conducteur.

C'est encore en utilisant la plombagine que la gutta-percha est rendue conductrice.

Dans la décomposition du sulfate de cuivre, le cuivre se dépose sur les corps à cuivrer (pôle négatif), comme nous l'avons vu plus haut, et l'acide sulfurique avec l'oxygène se rendent sur la lame de cuivre et reforme du sulfate de cuivre ; la lame de cuivre disparaît donc peu à peu.

Pour argenter et pour dorer, il faut remplacer la solution de sulfate de cuivre par une solution d'un sel d'argent ou d'or, ordinairement le cyanure, et la lame de cuivre par une lame d'argent ou d'or.

Pour la galvanoplastie, on préfère généralement la pile *Daniel* à cause de la constance de son effet.

Générateurs électriques. — On appelle *géné-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rateur électrique tout système produisant une force électro-motrice capable d'entretenir un courant dans un circuit.

Si le courant est produit par une réaction chimique, le générateur est une *pile hydro-électrique*; s'il est produit par une action calorique, le générateur est une *pile thermo-électrique*; si le courant est produit par un travail mécanique, le générateur est une *machine électrique*.

Gutta-Percha. — La gutta-percha est le produit d'un arbre des îles malaises, c'est une espèce de gomme résineuse qu'on épure par plusieurs lavages. Cette substance est très employée dans l'industrie et surtout en électricité comme isolant.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

I

Incandescence (Voir *Lumière électrique*).

Inducteurs (*Construction et forme spéciale d'*). — Connaissant le flux que doit traverser l'induit, il faut choisir la forme et les dimensions à donner à l'inducteur pour produire le champ dans les meilleures conditions possibles.

Théoriquement et pratiquement un inducteur doit réunir les qualités suivantes :

1° Avoir une résistance magnétique minimum.

2° Avoir pour noyaux d'inducteurs des longueurs suffisantes pour ne pas exagérer le nombre de couches de fil inducteur et éviter ainsi tout échauffement dangereux.

3° Présenter le moins possible de dérivations de flux à travers l'air.

4° Présenter pour l'enroulement du fil inducteur un périmètre minimum pour une section donnée au passage du flux magnétique.

5° Pour une f. e. m. donnée, l'autorégulation de la machine excitée en dérivation est d'autant meilleure que le champ est plus intense.

Le nombre de pôles d'un inducteur n'est pas arbitraire. En effet une dynamo bipolaire de très grande dimension aurait un fonctionnement très défectueux, car la réaction d'induit augmente avec les dimensions de la machine.

Je crois pouvoir indiquer comme limite d'après les *Notes et Formules de l'Ingénieur et du Constructeur-Mécanicien* :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Inducteur bipolaire à circuit simple (fig. 1) jusqu'à une puissance de 30 kilowats ;

Inducteur bipolaire à circuit double (fig. 6) jusqu'à une puissance de 100 kilowats ;

Inducteur multipolaire (fig. 8 page 97) pour les puissances supérieures à 100 kilowats.

A puissance égale les machines multipolaires pèsent beaucoup moins que les machines bipolaires et supportent mieux les surcharges accidentelles ; leur prix de revient est également moins élevé. Le collecteur est un peu plus coûteux, mais cette légère augmentation est inférieure à l'économie que l'on réalise sur la construction des autres parties. La plus grande machine bipolaire existante est une dynamo Edison de 200 kilowatts.

Le fer doux (fer forgé) est la meilleure matière à employer pour former l'inducteur d'une dynamo. L'emploi exclusif de la fonte pour l'ensemble du circuit magnétique doit être rejetée (la fonte grise surtout). La fonte malléable est une matière assez bonne pour former le bâti de la machine, la culasse et les pièces polaires ; l'acier fondu est encore meilleur. Dans tous les cas, les noyaux des bobines inductrices *doit toujours être en fer forgé* ; on rencontre cependant quelques exceptions à cette règle pour de *bonnes* machines.

La section donnant une dépense minimum en enroulements en fil de cuivre est la section circulaire, car c'est la surface de périmètre minimum. En aucun cas le circuit magnétique ne doit présenter de creux ni de vides.

Discutons maintenant les formes les plus employées.

J'ai représenté sur les figures de 1 à 6 les formes que l'on rencontre le plus fréquemment.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

A proprement parler il n'y a pas de forme indiquée il en existe un grand nombre qui sont excellentes quand elles sont convenablement calculées, c'est-à-dire quand on donne aux diverses parties du circuit des dimensions en rapport avec le flux magnétique qui doit y prendre naissance.

La disposition massive de *Edison-Hopkinson* (fig. 1) est très bonne pour les dynamos qui ne dépassent pas une certaine puissance. La résistance de son circuit magnétique est faible et exige peu d'amp.-t. Malgré la masse des pièces polaires, le flux est néanmoins plus dense vers les angles a', a' de sorte qu'il y a une certaine attraction de l'induit de bas en haut, qui a pour avantage de diminuer la pression due à son poids sur les paliers.

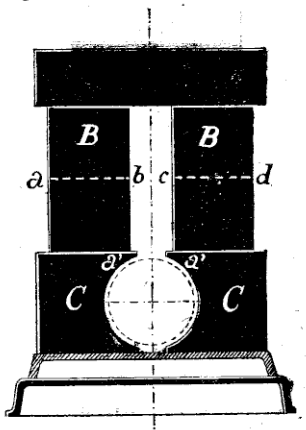


Fig. 1

La culasse supérieure et les pièces polaires C,C sont en fonte tandis que les noyaux B des bobines inductrices sont en fer forgé.

Pour éviter de mettre en court circuit magnétique, les deux pièces polaires par le bâti en fonte sur lequel elles s'appuient, on interpose une semelle de zinc. On peut encore employer pour le bâti, de la fonte manganésifère dont la perméabilité est très faible.

La forme *Siemens* (fig. 2), dite du *type supérieur* à cause de la position occupée par l'induit n'offre qu'un défaut c'est d'avoir les épanouissements polaires de trop faible section il s'en suit que le flux se

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

répartit inégalement et à une grande densité dans les régions inférieures des alésages polaires. L'induit éprouve ainsi une attraction de haut en bas qui vient

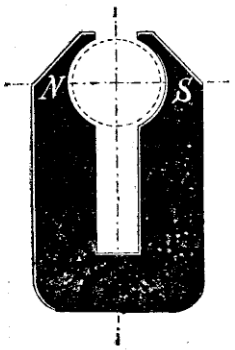


Fig. 2

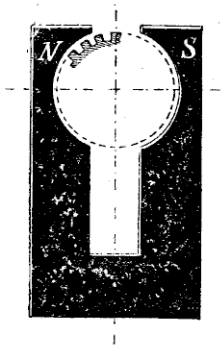


Fig. 3

s'ajouter à l'action du poids sur les paliers de la machine. L'inducteur tout entier de ce type est en fer forgé.

La figure 3 représente l'inducteur de la dynamo *Rechniewski*. L'induit étant du genre Pacinotti, il est nécessaire de sectionner l'inducteur de manière à éviter la production de courants de Foucault dans les pièces polaires. L'inducteur est donc formé de feuilles de tôle découpées de la forme indiquée sur la figure 3, juxtaposés les unes aux autres et isolées entre elles par des feuilles de papier. C'est une disposition rationnelle et bien conçue.

Les inducteurs précédemment considérés sont à circuit magnétique simple. Pour mieux répartir le flux autour de l'induit dans les dynamos bipolaires, il vaut mieux employer des inducteurs à circuit magnétique double.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

La figure 4 représente un de ces types de machine

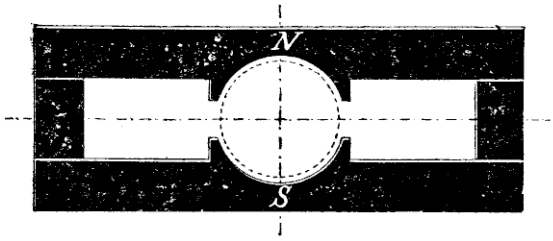


Fig. 4

du système *Crompton*. Il y a deux circuits magnétiques et quatre bobines inductrices.

La forme *Brown* indiquée sur la figure 5 est plus rationnelle ; le circuit magnétique est en effet plus

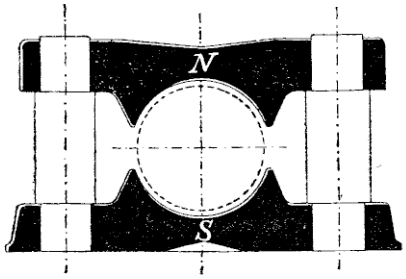


Fig. 5

court et plus massif ; l'enroulement inducteur est plus simple, puisqu'il ne comprend qu'une seule bobine pour chaque circuit magnétique et l'ensemble de la machine occupe une surface plus restreinte ; cette forme de dynamo est surtout connue sous le nom de type *Manchester*.

Dans les dynamos du genre de celles que je viens de citer, on évide quelquefois les pièces polaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

comme il est indiqué sur la figure 6, on voit immédia-

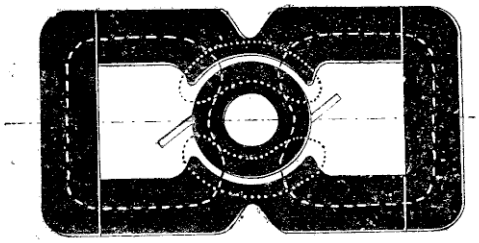


Fig. 6

tement que la quantité de métal supprimé n'est pour ainsi dire traversée par aucun flux, si ce n'est le flux propre dû à l'induit dont j'ai représenté la ligne moyenne par un trait ponctué fin.

Inducteurs (*Enroulement des*). — *Modes d'excitation.* — L'énergie nécessaire à la création du flux inducteur est généralement empruntée au courant fourni par l'induit. Suivant les conditions dans lesquelles travaille la machine, le mode d'excitation de ce flux inducteur est variable.

1° *L'excitation indépendante* (fig. 1) est obtenue par le courant d'une machine auxiliaire circulant dans

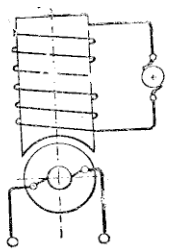


Fig. 1

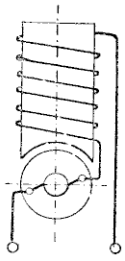


Fig. 2

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

le circuit inducteur de la première ; cette disposition est quelquefois employée dans les usines centrales importantes, principalement quand le potentiel de distribution est élevé. Par suite de la réaction d'induit, le champ n'est pas constant pour une même excitation lorsque le courant dans l'induit varie.

2° *L'excitation en serie* (fig. 2) est obtenue par la circulation du courant total fourni par la machine dans les spires de l'inducteur. Cette disposition est usitée pour les éclairages à arc à courant constant, c'est-à-dire avec tous les arcs en série. La constance absolue du courant ne peut être obtenue que par une surveillance continuelle ou un régulateur automatique. On l'emploie encore pour les génératrices dans les transports de force isolée (une génératrice et une réceptrice seulement). Employée comme génératrice la dynamo en série ne s'amorce que si la résistance extérieure n'est pas trop considérable ou la vitesse pas trop faible et que pour un seul sens de rotation, quelle que soit la direction du magnétisme rémanent.

Avec ce genre de machine, il faut éviter tout court circuit, car il pourrait en résulter la destruction immédiate de l'appareil. D'un autre côté on ne peut décharger la machine brusquement pour éviter la production d'un extra-courant dangereux. Si par suite d'une baisse dans le voltage de la machine, le circuit extérieur est capable de refouler du courant dans la machine, la polarité de cette dernière se trouve renversée et la dynamo ne peut plus s'amorcer pour le même sens de rotation.

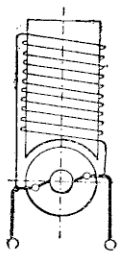


Fig. 3

3° *L'excitation en dérivation ou en shunt* (fig. 3) est plus employée ; elle sert dans tous les cas où l'on

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

a besoin soit d'une distribution à potentiel constant, soit d'un moyen de variation de la f. e. m. et du courant.

Une petite portion du courant total est dérivée pour produire l'excitation du champ. Une *dynamo shunt* bien établie, avec un peu de réaction d'induit (induit à tambour) et une faible résistance intérieure peut donner un potentiel pratiquement constant quel que soit le courant débité dans le circuit extérieur et sans aucune surveillance, à la condition de maintenir la vitesse constante. De même que pour la dynamo en série, la dynamo shunt ne s'amorce que pour un certain sens de rotation, quelle que soit la direction du magnétisme rémanent ; de plus, au départ, elle ne s'amorce pas quand la résistance extérieure tombe au-dessous d'une certaine valeur et, en charge, elle se désamorce dans les mêmes circonstances. Si comme dans le cas précédent, nous supposons qu'à un moment donné le circuit extérieur refoule du courant dans la machine, la polarité de cette dernière ne se trouve pas renversée, et elle peut fournir du courant dès que son voltage remonte à sa valeur normale.

4° *L'excitation Compound* est souvent adoptée pour obtenir une constance plus grande de la f. e. m. On distingue l'*excitation compound à courte dérivation* (fig. 4) et l'*excitation compound à longue dérivation* (fig. 5). D'après les figures on voit que ce sont des combinaisons des deux dernières excitations décrites. Les spires en série sont destinées à compenser les pertes de f. e. m. dans l'induit.

La première disposition est la plus employée. En somme ce mode d'excitation n'est vraiment utile que pour les installations isolées, peu surveillées et principalement pour les induits Gramme dont la réaction

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'induit souvent accrue par les mauvaises proportions de la machine a une influence plus grande que dans les tambours Siemens sur le fonctionnement de la dy-

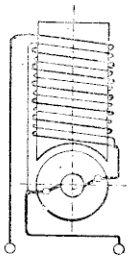


Fig. 4

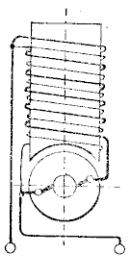


Fig. 5

namo. On construit encore quelquefois des machines *hypercompoundées*, qui maintiennent le potentiel constant, non plus aux bornes de la dynamo, mais à l'extrémité d'une ligne plus ou moins longue ; le compoundage doit donc compenser les pertes de volts dans la résistance des conducteurs de la ligne et dans celle de l'induit.

Inducteurs. — On désigne par ce mot les aimants ou les électro-aimants reliés d'une manière invariable au bâti de la machine et entre les pôles desquels tourne l'armature.

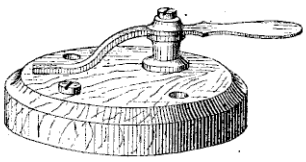
Induction. (*Courants d'*). — L'influence d'un courant d'induction développé à travers un fil par une pile Bunsen, où l'influence d'un aimant, produit dans un autre fil des courants instantanés d'une très grande intensité : c'est ce que l'on a désigné sous le nom de *courants d'induction*. Le fil en communication avec la pile est le courant *inducteur* ; celui où le courant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'induction se développe, le courant *induit*. Les premières expériences ayant donné lieu à cette découverte, sont dues au physicien français *Faraday* et datent de 1831.

Induit. (Voir *Armature.*)

Interrupteur. — Cet appareil sert suivant les cas à couper ou à établir une communication.



Interrupteur Fabius Henrion à déclanchement rapide. — Quand il s'agit de courants intenses, la construction des interrupteurs doit être l'objet d'un choix tout particulier. Quand on rompt en effet un circuit traversé par un courant de grande intensité, il se forme entre les deux portions métalliques que l'on sépare un arc voltaïque qui amène rapidement leur fusion.

Pour éviter ce grave inconvénient, il est indispensable de séparer très brusquement ces deux portions du circuit de telle façon que l'arc qui tend à éclater ait une durée aussi courte que possible. Cette rupture brusque ne peut être obtenue à la main ; un appareil automatique peut seul la produire.

Il est nécessaire, de plus, que la rupture se fasse entre deux pièces métalliques présentant de larges sur-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

faces de contact pour que l'échauffement se trouve réparti en un plus grand nombre de points.

Il est convenable que les deux pièces qui constituent l'interrupteur puissent être mises en contact, grâce à un frottement énergique qui, lors de la manœuvre de l'appareil, polit les surfaces et assure une bonne conductibité.

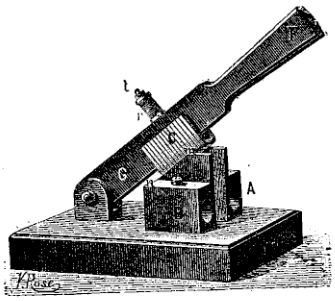


Fig. 1. — Interrupteur simple

Un bon interrupteur doit être monté sur un socle isolant : ardoise, marbre ou porcelaine.

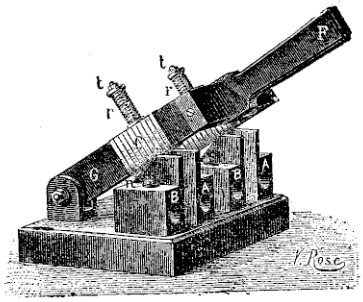


Fig. 2. — Interrupteur bi-polaire

Enfin, le mouvement de la pièce mobile doit être apparent, de telle sorte que l'on puisse toujours, d'un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

simple coup d'œil, reconnaître si l'interrupteur est ouvert ou fermé. La vérification du bon fonctionnement de l'appareil est d'ailleurs rendue plus facile.

Toutes ces conditions sont réalisées dans l'instrument que je vais décrire.

L'interrupteur se compose (fig. 1 ou 2) : d'un socle isolant sur lequel sont fixés des blocs de cuivre A et B entre lesquels peut se mouvoir un levier FG à manche isolant. Ce levier porte une pièce C, formée d'une série de lames élastiques indépendantes. Cette pièce C est supportée elle-même par une tige métallique t qui traverse librement le levier ; un ressort à boudin r la rappelle constamment sur le levier.

Mise en circuit. — Lorsqu'on abaisse le levier, la pièce C s'engage à frottement entre les blocs A et B, mais elle les rencontre obliquement, de telle sorte que l'effort que l'on est obligé de faire pour engager la pièce C et amener ensuite le levier au bout de sa course est extrêmement faible.

Mise hors circuit. — Aussitôt qu'on soulève le levier, par suite du frottement de la pièce C entre les blocs fixes A et B, le ressort r se tend et en même temps la pièce C effectue un mouvement de rotation sur elle-même et tend à devenir parallèle aux arêtes mn des blocs fixes. Quand on continue à faire mouvoir le levier, le parallélisme s'établit et la rupture du courant se fait sur toute la longueur des arêtes mn.

Cette rupture se fait *brusquement*, quelque faible que soit la vitesse avec laquelle on soulève le levier, car la rapidité de cette rupture ne dépend absolument que de la tension du ressort r; elle a lieu d'ailleurs sans que la main qui manœuvre le levier ressente aucun choc.

Il est à remarquer :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° Qu'on peut abandonner le levier en un point quelconque de sa course sans que le ressort *r* se détende : la rupture se fait donc toujours avec la tension totale du ressort ;

2° Que jusqu'au moment de sa sortie, la pièce C touche les blocs fixe sur toute sa longueur, et toujours sur une section correspondant à l'intensité maxima pour laquelle l'interrupteur est construit : c'est-à-dire que l'interrupteur, en n'importe quelle position du levier, ne peut pas être insuffisamment enclanché et amener un échauffement par suite d'insuffisance des surfaces en contact.

Isolant. — Les corps mauvais conducteurs ont reçu le nom de corps isolants. Ils servent à séparer les bons conducteurs du sol, et dans ce cas on les appelle *isoloirs*.

Les mauvais conducteurs sont la résine, le soufre, la soie, la laine, l'air sec, les gaz secs, la paraffine, le papier sec, le marbre, le bois sec, l'ébonite, la gutta-percha, la cire à cacheter, la porcelaine, la gomme-laque, le caoutchouc, etc.

Les expériences sur l'électricité sont beaucoup plus difficiles à exécuter par un temps humide que par un temps sec ; car plus il y a de vapeur d'eau dans l'air, plus facilement ce dernier conduit jusqu'au sol l'électricité des corps isolés. Donc, par les temps humides il faut essuyer fréquemment les isoloirs, et même les chauffer légèrement, afin d'empêcher la condensation des vapeurs.

Isolateurs. — Afin d'assurer le parfait isolement des fils de tous les corps qui pourraient donner passage au courant, et par conséquent, entraîner une perte

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'électricité, on a recours à des appareils désignés sous le nom d'isolateurs.

Les isolateurs affectent différentes formes, suivant l'emploi auquel on les destine.

Le support isolateur le plus commun ressemble à une *cloche*, il est en porcelaine à base de kaolin pur et entièrement émaillé, et est muni de deux oreilles ; il porte un crochet de fer galvanisé, scellé au plâtre à mouler gâché à la colle forte. Chaque support porte une patte à scellement ou une patte à vis pour pouvoir le fixer.

On remarque encore les *poulies* également en porcelaine, les isolateurs en *os*, les *clous* à *crochet* émaillé, les *appliques* en *porcelaine*, etc., qui sont autant de types nécessaires pour les différents besoins d'une installation.

Certains isolateurs sont en verre. Dans certains pays même on les construit en fonte ou en bois et dans ce cas on les double d'une paroi intérieure en verre, en porcelaine et même en ébonite.

Pour faire passer des conducteurs au travers des murs, on place des tubes en verre ou en gutta-percha dans le trou du mur. Il est préférable d'employer les tubes en gutta-percha, parce que les arêtes de ces derniers n'endommagent pas la matière isolante qui recouvre les fils. Quand les murs sont bien secs, on peut supprimer le tuyau et se contenter de l'enveloppe.

Pour les endroits humides, il est préférable d'employer les conducteurs isolés à la gutta-percha, ceux entourés de plomb et isolés ne donnent pas d'aussi bons résultats, peut-être parce que leur pose n'est pas toujours confiée à des ouvriers suffisamment capables.

Isolateur à bain d'huile en verre pour isoler les piles et les accumulateurs (fig. 1).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Comme le représente la coupe (fig. 2) cet isolateur se compose de deux pièces, la partie supérieure en

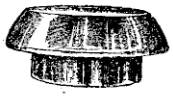


Fig. 1

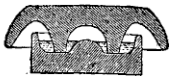


Fig. 2

forme de champignon repose dans une rigole remplie d'huile, l'isolement est donc parfait. Il faut au moins trois de ces pièces par élément.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

L

Lampes à arc (*Mode d'emploi des*). — *Eclairage direct.* — Pour l'éclairage des magasins et surtout lorsqu'on se sert de lampes de faible intensité, on peut employer un globe de petites dimensions (155 millimètres) qui est beaucoup plus décoratif, donne une lumière nourrie et remplissant bien le globe. Pour les usines, les grands globes sont préférables, ils diffusent mieux la lumière et atténuent les ombres.

Dans ce mode d'éclairage, le charbon positif est placé au-dessus, il forme écran et renvoie la lumière sur le sol.

Eclairage par réflexion. — Dans les tissages et filatures et en général dans toutes les industries où l'on cherche à obtenir un éclairage uniforme sans ombres, ne fatigant pas la vue, l'arc renversé, c'est-à-dire avec charbon positif en bas, donne de meilleurs résultats.

La lampe est alors entourée d'un réflecteur qui cache l'arc à la vue ; les rayons lumineux sont réfléchis sur le plafond qui les diffuse à son tour dans tous les sens. La lumière obtenue est alors très agréable et se rapproche de la lumière du jour. Avec ce mode d'éclairage, les ombres sont complètement supprimées, ce qui n'arrive jamais à un aussi haut degré, même avec la lumière du jour.

Il n'est peut-être pas sans intérêt d'indiquer, d'après M. *Henrion*, de Nancy, les conditions économiques dans lesquelles fonctionne la lampe Pilsen (voir page 77).

Les lampes les plus en usage sont de 3, 5, 6, 8 et 12 ampères ; elles peuvent être construites depuis 1,5 ampère.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Elles absorbent, en tension de 38 à 44 volts ; en dérivation simple 51 à 57 volts; en dérivation par groupe de deux, 99 à 105 volts.

Six lampes, donnant chacune environ 150 bougies, absorbent 3/4 de poncelet, brûlant 8 heures avec une consommation de charbons polaires d'environ un centime par lampe et par heure.

Deux lampes donnant chacune environ 600 bougies absorbent 3/4 de poncelet, brûlent 8 heures et consomment moins d'un centime et demi de charbon par lampe et par heure.

Deux lampes donnant chacune environ 1.000 bougies absorbent 1 poncelet 35, brûlent 12 heures avec une consommation de charbons d'environ deux centimes par lampe et par heure.

Les lampes pour projecteurs sont disposés sur pied avec les solénos en-dessous.

Les lampes Pilsen peuvent être construites jusqu'à 200 ampères et au-delà.

Enfin, la lampe Pilsen présente cet avantage qu'elle peut être construite et fonctionner régulièrement avec les courants alternatifs aussi bien qu'avec les courants continus.

Lampe à arc système Patin. — Sur un balancier B (fig. 1) est fixée une masse de fer prismatique C. Au-dessous, un électro D en dérivation aux bornes de la lampe. Sur ce même balancier sont fixés sur le même axe un galet F, une roue à rochet E et un pignon denté G pour chaîne. De l'autre côté du point d'oscillation, une poulie à joues H; une chaîne I passe sur le pignon denté et sur la poulie; aux extrémités de cette chaîne sont fixés les porte-charbons. Un levier K portant un rochet L et pivotant autour de l'axe A,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vient s'engager dans les crans de la roue à rochet E. Un deuxième levier M fixé sur le même axe vient faire friction sur la roue F. Deux ressorts R et S maintiennent le levier et le cliquet, exerçant sur eux une pression suffisante pour éviter le rapprochement des charbons. Le balancier B pivote sur deux paliers T et

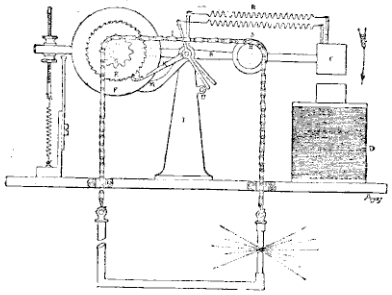


Fig. 1

à l'extrémité se trouve un ressort avec tenseur équilibrant l'attraction de l'électro. Une butée à cette extrémité règle la position initiale. Une goupille est fixée sur l'un des deux supports vient dégager le levier cliquet et le levier frein, lorsque le balancier oscille dans le sens de la flèche.

Fonctionnement (Fig. 2). — La lampe étant au repos, les leviers sont calés, les charbons maintenus écartés, si l'on vient à lancer le courant dans la lampe, il passe par l'électro en dérivation qui attire la masse de fer doux à l'extrémité du balancier. Ce dernier pivotant autour de son axe fait buter les leviers sur la goupille ; les deux charbons se rapprochent sous l'action de l'excès de poids du porte-charbon supérieur. A ce moment la force électro-motrice aux bornes de la lampe diminue très sensiblement de même que l'in-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tensité dans l'électro en dérivation ; il en résulte que sous l'action des ressorts le balancier revient en arrière produisant l'allumage. La lampe allumée, les charbons s'usent, l'arc augmente ainsi que la force électromotrice. L'intensité du courant dans la bobine de dérivation augmente, la palette en fer doux est attirée, dégageant le cliquet et rapprochant les charbons ; c'est le réglage.

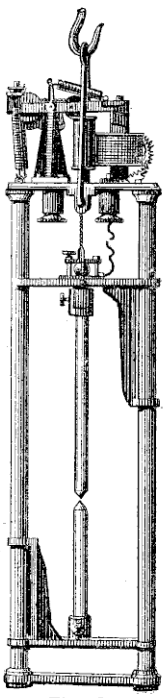


Fig. 2

Les avantages de cette lampe sont :

Qu'elle marche sur courants alternatifs ou continus.

Qu'elle se monte indistinctement en tension, en dérivation sur ces courants.

Qu'elle donne un point lumineux fixe.

Enfin, son mécanisme à action double est robuste, simple et de dimensions très réduites, ce qui permet une grande facilité d'appareillage et de pose dans tous les locaux même d'étage peu élevé.

Lampes à incandescence. (*Dépense des*). — D'après M. *Hospitalier*, la dépense spécifique des lampes à incandescence se compte en moyenne à raison de 3,5 watts par bougie. 1 cheval électrique (736 watts) dans les lampes, peut fournir environ 210 bougies ; avec une bonne machine et une canalisation bien calculée, ont peut obtenir 160 à 180 bougies par cheval

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mécanique sur l'arbre, soit 11 lampes de 16 bougies ou 22 lampes de 8 bougies.

Les *lampes Cruto* (1888) donnent pour 100 volts, à raison de 3,5 watts par bougie :

Lampes à	10	bougies :	0,35	ampères
—	16	— :	0,56	—
—	32	— :	1,12	—
—	50	— :	1,75	—

Les *lampes Edison* donnent pour 100 volts, à raison de 3,5 watts par bougie :

Lampes à	10	bougies :	0,50	ampères
—	à 16	— :	0,75	—

Les *lampes Swan* donnent pour 100 wolts, à raison de 4 watts par bougie :

Lampes à	10	bougies :	0,40	ampères
—	16	— :	0,64	—
—	32	— :	1,28	—
—	50	— :	2,00	—

Les *lampes Gérard* (Courbevoie, 1887) donnent :

pour	6	bougies :	6	volts,	3	ampères	et 18	watts
—	8	—	10	—	3	—	30	—
—	10	—	17	—	2,5	—	43	—
—	15	—	20	—	2.35	—	47	—
—	20	—	25	—	2,40	—	60	—

Les lampes *F. Gabriel et H. Angenault* (types 1889) donnent pour 100 wolts aux bornes :

Lampes à	10	bougies	0,35	ampères
—	16	—	0,48	—
—	20	—	0,70	—
—	32	—	0,95	—
—	50	—	1,50	—

Lampe à arc — Cette lampe est constituée par une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

étincelle continue qui jaillit entre les extrémités de deux crayons de charbon, placées dans un courant électrique assez puissant. La lumière est éblouissante et les extrémités des charbons sont portées à une très haute température.

Des deux charbons, l'un s'use plus vite que l'autre, c'est pourquoi il est nécessaire d'avoir recours à un régulateur ou à un autre dispositif, pour maintenir entre-eux une distance constante.

Les crayons de charbon des lampes à arc ont un diamètre variant entre 10 et 15 millimètres; leur résistance est de 0,5 à 0,6 ohm par mètre. Les charbons cuivrés ont une résistance de 0,003 à 0,03 ohm par mètre. Les charbons de cornue sont plus résistants que les charbons artificiels.

Un amateur peut, s'il possède un courant de 20 à 30 volts obtenir une petite lumière à arc avec des charbons de 1 millimètre de diamètre, mais pour les lampes industrielles il faut au moins une énergie de 55 volts et pour les phares plusieurs centaines de volts.

Une lampe à arc exige de 43 à 45 volts entre les charbons ; au point de vue de l'intensité absorbée, on en fait de toutes puissances depuis 3 ou 4 ampères jusqu'à 100 et même 200 ampères.

Le pôle positif de la lampe doit toujours correspondre au charbon supérieur; de cette façon, le charbon positif, en se creusant en forme de cratère, remplit le rôle de réflecteur et renvoie la lumière vers le sol. Avec les courants alternatifs cet avantage disparaît, car les charbons s'usent tous les deux en pointes. Avec les courants continus, le charbon positif s'use deux fois plus vite que le charbon négatif.

En pratique, les lampes à arc exigent de 50 à 60 volts ; car pour leur bon fonctionnement en dérivation,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

il est nécessaire de les mettre en série avec une résistance, qui permet de mieux les régler et d'éviter la circulation d'un courant trop intense, en cas de collage des charbons ; certains constructeurs élèvent encore plus la valeur du potentiel et atteignent 65 et 70 volts.

Quand les lampes sont placées en série, ces résistances n'existent pas et il suffit alors de compter de 45 à 50 volts par lampe ; on peut prendre 50 volts, résistance des câbes comprise.

Le voltage dépend d'ailleurs de l'intensité du courant ; c'est ainsi que pour 8 ampères, on compte 45 volts et pour 80 ampères, 55 volts.

Le mécanisme régulateur d'une lampe à arc, qui produit le rapprochement des charbons au fur et à mesure de leur usure, doit être sensible, simple et robuste. La fermeture de la lampe doit être bien faite pour éviter l'introduction des poussières.

Quand on est peu familiarisé avec un système de lampe, il est bon de ne pas chercher à la régler soi-même, car souvent on arrive au résultat contraire, c'est-à-dire que la lampe se trouve encore plus déréglée qu'avant.

La fixité de la lumière, dépend autant de la qualité des charbons employés que du mécanisme régulateur.

Les charbons doivent brûler régulièrement sans se désagréger, sans quoi, la chute de parcelles de matière modifie la résistance de l'arc et produit des soubresauts dans la lumière. A ce point de vue, des charbons à mèche (le centre étant constitué par du charbon plus combustible et plus léger) sont préférables et conviennent tout à fait à l'éclairage intérieur, mais ils sont d'un prix plus élevé.

On emploie encore quelquefois pour le pôle positif

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de la lampe, des charbons cuivrés qui ont environ 30 % en plus de durée.

Dans l'industrie, les lampes à arc réalisent des intensités lumineuses variant de 30 à 500 becs carcels ; ce n'est qu'exceptionnellement qu'on dépasse ce chiffre. Les intensités de 100 à 150 carcels sont les plus employés dans les ateliers.

Les intensités des courants nécessaires sont à peu près les suivantes :

de 30 à 40 carcels. . . .	4 ampères
75 à 100 —	8 —
120 à 150 —	12 —

Voici quelques chiffres pour déterminer le nombre de lampes de 100 à 150 carcels à employer suivant les industries (*J.-P. Anney*) :

Ajustage, tours, machines-outils.	1 foyer pour 500 m².
Tissage, filature, imprimerie. .	— 200 —
Quai de manutention, atelier de moulage.	2,000 —

Chantiers de travaux publics, 1 lampe de 500 carcels pour un rayon de 100 mètres (30.000 mètres carrés).

Rues, places, gares de marchandises :

Lampes de 8 ampères	à 70 ou 100 mètres	de distance.
— 16 —	150 ou 200	—

Comme hauteur de suspension, on prend de 8 à 10 mètres pour les premières et 20 mètres pour les secondes.

Les surfaces que peut éclairer une lampe de 80 carcels sont les suivantes :

Places publiques,	de 1 200 à 1 500 m
Halles et gares,	de 500 à 600 m²

Pour une lampe de 50 carcels, dans un atelier ou une fabrique, on peut compter 150 m².

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les arcs sont généralement entourés de globules opalins ou dépolis, pour atténuer l'effet de l'éclat lumineux de l'arc sur la vue et pour mieux diffuser la lumière ; ces globes absorbent au moins de 30 à 50 % de la lumière.

Intensite en ampères.	Diamètre en millimètres.
2 à 3	2 à 4
5 à 8	5 à 8
8 à 12	8 à 12
12 à 20	12 à 15

Comme usure, il faut compter environ en total 80 millimètres de crayons de charbon par heure, quand on emploie le même diamètre pour les deux pôles de la lampe (voir *Lampes à arc, mode d'emploi*).

Les *bougies éleetriques* sont formées de deux crayons de charbon placés parallèlement et séparés par un isolant. Pour qu'il y ait usure égale des deux charbons, il faut employer des courants alternatifs, c'est-à dire qu'alternativement chaque charbon devient positif et négatif. Les bougies électriques les plus employées sont les bougies *Jablochkoff*.

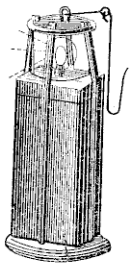
Lampes de mines et de sûreté. — La lampe *Pollak-Rousseau* réunit bien des avantages, qui je puis dire, en font ume lampe de mineur tout à la fois constante et pratique.

Pour la charger, il suffit de glisser une fourchette à deux branches dans les deux trous percés sur le côté du couvercle, et de réunir les deux bouts de cette fourchette à une source d'électricité fournie par une dynamo ou par une pile.

Pour l'allumer, on remplace la fourchette par une aiguille qui se glisse dans celui des trous ci-dessus placé

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à ganche, et pour l'éteindre, de retirer tout-à-fait cette aiguille.



Les contacts étant tous dans l'intérieur du couvercle, l'étincelle ne peut se produire à l'extérieur de l'appareil ; — Les contacts par la fourchette de charge étant spéciaux et ne communiquant pas avec l'un des contacts de la lampe elle-même, celle-ci ne peut être brûlée par la charge qui se fait sans démontage aucun de l'appareil, démontage facile, mais qui demande quelques minutes, ainsi que pour le remontage.

L'ampoule est protégée par un verre cylindrique s'appuyant dans une rainure du couvercle qui est en ébonite. Ce verre protecteur est surmonté d'un couvercle en métal reliant les 4 tiges supportant tout l'appareil. Ces tiges soudées et rivées à un socle également en métal, sont terminées chacune par un écrou faisant le serrage nécessaire pour que la connexion se fasse entre le couvercle en ébonite et les accumulateurs de l'appareil. Cette construction a pour effet que, si par accident ou autrement, le verre protecteur est cassé, le desserrage en résulte et la lampe s'éteint.

De même, si l'on desserre tout ou partie des 4 boulons, l'extinction est immédiate. Cette lampe constitue en outre une lampe de sûreté indispensable pour toute industrie susceptible de subir des explosions telles que poudreries, usines à gaz, fabriques de vernis, pompiers, chaix, caves, etc.

Elle s'allume et s'éteint immédiatement à volonté. Si l'on ne s'en sert pas, elle conserve presque intégralement son électricité pendant plusieurs semaines.

Les lampes de mines et de sûreté, sont de 4 ou 6

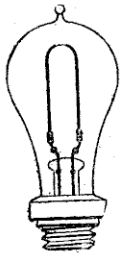
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

volts, celle de 4 volts pèse 16 à 1700 grammes et donne 12 à 14 heures d'éclairage d'une lampe de 8/10 de bougie; celle de 6 volts pèse environ 2 kil., 300 grammes, et donne 10 à 12 heures d'éclairage d'une intensité d'une bougie et demie.

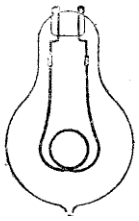
Lampes et appareils en usage à bord des navires. — *Lampe Edison* à filament de bambou du Japon, carbonisé :

	Lampes de 16 bougies	Lampes de 10 bougies
Résistance à chaud, en ohms .	135	170
Nombre de volts correspondant	100	91
Intensité en ampères . . .	0,70	0,54
Nombre de lampes par cheval.	8	13,5

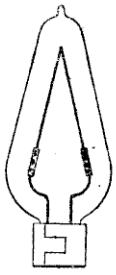
Lampe Swan à filament de charbon carbonisé. — Type de 100 volts environ : Dépense électrique :



Lampe Edison



Lampe Swan



Lampe Cruto

0 amp. 40 pour les lampes à 10 bougies; 0 amp. 65 pour les lampes à 16 bougies.

Lampe Cruto à filament de platine :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

	Lampes de 16 bougies	Lampes de 16 bougies
Force électromotrice en volts .	100	100
Intensité en ampères	0,65	0,35
Force motrice absorbée par lampe en watts	56	36

Lampes Woodhouse et Rawson. — Ces lampes sont employées sur certains navires. Elles sont à 20 bougies pour l'éclairage dès cales à marchandises et à 40 bougies pour feux de route. Ces lampes prennent 2,5 watts par bougie et ont une durée de 1.000 heures.

Leur force électromotrice en volts est de 38 à 115 pour les lampes à 20 bougies et de 18 à 110 pour les lampes à 40 bougies.

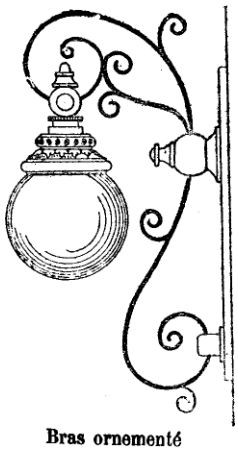
Leur intensité en ampères est de 1,3 à 0,5 pour les lampes à 20 bougies, et de 2,6 à 1,35 pour les lampes à 40 bougies.

Fanaux électriques. — La maison Sautter-Lemonnier construit, pour les feux de route, des fanaux électriques portant deux lampes à incandescence de 30 bougies, avec deux optiques portant l'intensité du feu à 60 bougies. Chaque lampe est alimentée à l'aide d'un circuit distinct. Les deux optiques sont placées l'une au-dessus de l'autre, et au foyer de chacune est une lampe à incandescence. Un avertisseur automatique permet de contrôler à tout instant l'état du fanal.

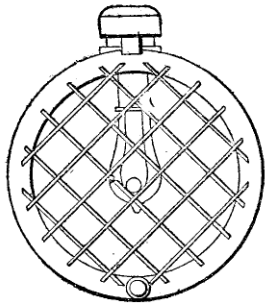
L'importance capitale qu'il y a à ce que les feux de position soient toujours allumés et signalent le bâtiment à la distance réglementaire, fait de cette préoccupation un souci constant, tant que le commandant ou l'officier de quart ne peut se rendre compte, lui-même, de la passerelle où il se trouve, de l'état des fanaux.

Dans les mauvais temps, alors que justement il est

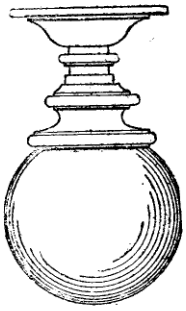
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



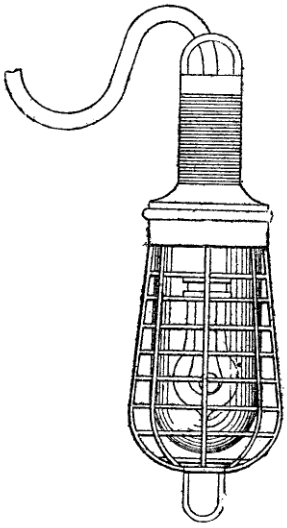
Bras ornementé



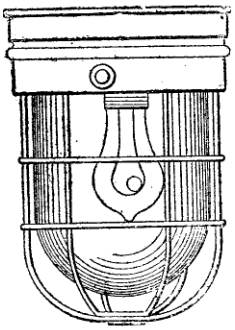
Lanterne de muraille



Pendentif



Lanterne à main



Lanterne wagon

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nécessaire d'avoir des feux de position très visible, la pluie et le vent rendent particulièrement difficiles l'allumage et la marche des fanaux ordinaires. S'ils viennent à s'éteindre, les difficultés pour les rallumer sont parfois considérables et l'on perd un temps précieux.

L'introduction des lampes à incandescence dans les fanaux de route amène d'importantes améliorations :

1° Une augmentation de la puissance lumineuse ;

2° Une sécurité beaucoup plus grande pour l'allumage et l'entretien de la lampe, les chances d'extinction réduites dans une forte proportion.

La disposition adoptée par la maison Sautter-Lemonnier pour les fanaux électriques de route, permet d'installer l'éclairage ordinaire. Si, par impossible, toutes les sources d'électricité venaient à être taries à bord, l'appareil est construit de façon à permettre d'enlever le chandelier qui supporte les deux lampes, et d'introduire à sa place la lampe à pétrole ordinaire, dont la flamme se trouve alors au foyer de l'optique supérieure, le fanal fonctionnant comme un fanal ordinaire.

Locomotives électriques. — La traction électrique est l'un des problèmes qui préoccupe beaucoup d'ingénieurs et des plus distingués, mais elle ne peut être discutée et résolue que par des ingénieurs praticiens, c'est-à-dire par des hommes dont les connaissances peuvent à la fois commander à l'étude et à l'atelier et qui sont en contact direct avec l'ouvrier, de façon que les petites choses qui ne paraissent souvent rien, ne puissent leur échapper pendant l'exécution et les expériences.

En Amérique, depuis un certain temps, la traction électrique est appliquée avec succès par les petites vi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tesses et la General Electric Company de New-York vient de terminer et de mettre en service des locomotives qui pèsent 30 tonnes et qui marchent à une vitesse de 50 kilomètres à l'heure.

En Angleterre, en France et dans d'autres pays, les lignes de tramways desservies par des moteurs électriques ne se comptent plus.

Pour la traction à grande vitesse l'on est moins avancé et l'on peut dire que l'on est pas encore sorti du domaine des expériences.

Trois Compagnies de chemins de fer spécialement en France font des essais dans ce sens, ce qui, par conséquent, nous donne trois systèmes différents en présence, mais c'est celui de M. Heilmann qui jusqu'ici a

Dans le modèle essayé par la Compagnie du Nord, le courant est fourni à la locomotive par des accumulateurs qu'elle transporte avec elle et qui se chargent donné les meilleurs résultats.

Locomotive électrique Heilmann. — Cette machine qui en marche régulière s'avance cheminée en arrière et à laquelle M. *Heilmann* a donné le nom de *Fusee électrique* est représentée par la figure 1 et

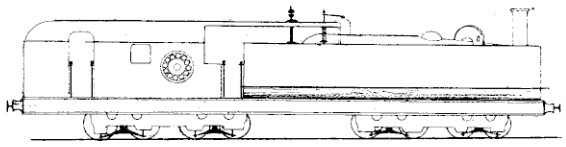


Fig. 1

la figure 2, nous fait voir le mécanisme à découvert.

A. Plate-forme qui porte les machines génératrices d'énergie électrique ainsi que la chaudière, et qui repose sur des bogies.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

B. Chaudière cylindro-conique, système *Lentz*, à foyer ondulé.

C. Machine à vapeur horizontale compound entièrement équilibrée, système *Brown*, dont la puissance peut atteindre 600 poncelets (800 chevaux) et qui actionne la dynamo-génératrice.

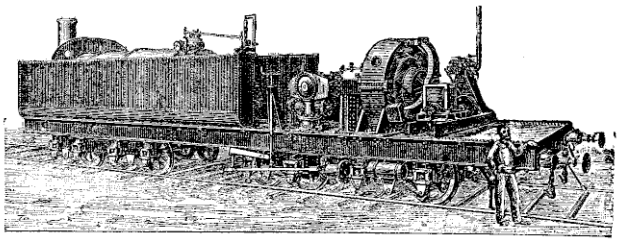


Fig. 2

D. Dynamo-génératrice calée directement sur l'arbre de la machine et pouvant produire 500 tours à la minute.

E. Dynamo-excitatrice, actionnée par une machine à vapeur spéciale F.

HH. Bogies avec roues de petit diamètre, dont tous les essieux sont moteurs. Une des roues de chaque essieu est démontable, afin de pouvoir entrer et sortir facilement les moteurs.

Cette locomotive construite dans les ateliers du Havre, (sous la surveillance de MM. *Drouin* et *des Montis*, deux ingénieurs distingués qui ont secondé M. Heilmann dans ses travaux), a fait ses essais officiels le 3 février 1894. Ces essais ont été effectués sur la ligne de Paris, entre le Havre et Beuzeville-Bréauté, l'une des lignes les plus accidentées du réseau français, car sur un parcours de 12 kilomètres environ, elle com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

prend une rampe de 8 millimètres par mètre, ce qui rend la traction difficultueuse. Malgré cela, cette locomotive s'est bien comportée, à des vitesses croissantes qui ont dépassé 100 kilomètres à l'heure, avec 2 fourgons et 11 vagons de voyageurs (environ 250 tonnes y compris son propre poids), sur une voie qui serpente en courbes de très faibles rayons.

A l'avant de la locomotive qui est en forme de taille-levent, se trouve une chambre spacieuse réservée au pilote, qui a sous la main les appareils de manœuvre et de contrôle (voltmètre, ampère-mètre, commutateur pour le changement de marche, rhéostat d'excitation, leviers de commande des machines à vapeur, robinet de frein, etc.).

Tout à l'arrière, sont des soutes disposées à droite et à gauche de la chaudière et destinées à emmagasiner les provisions d'eau et de combustible.

Cette machine qui est la première locomotive électrique construite en France et dont la puissance soit comparable à celle d'une locomotive à vapeur, fait le plus grand honneur à M. Heilmann et aux ingénieurs de la Compagnie de l'Ouest, qui lui ont donné les moyens d'expérimenter son invention et qui par là ont fait faire à la science électrique un grand pas en avant, car avec cette machine, plus de mouvement de lacet et autres, (voir page 484) (on se rappelle sans doute, que c'est à la suite d'une déformation des rails due à ce mouvement, qu'a été attribué il y a quelques années, l'affreuse catastrophe de Vélars (Côte-d'Or)), des petites roues sans contrepoids, etc.

Le courant fourni par la dynamo s'en va par des fils, sans exiger ni bielle, ni manivelle, aucun organe rigide enfin, dans les huit bobines qui font corps avec les essieux des huit paires de roues de la locomotive.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Issu d'une rotation extrêmement rapide, ce courant restitue aux bobines en question cette même rotation, par le seul intermédiaire de quelques balais, qui leur communiquent le fluide recueilli sur la dynamo par des balais semblables.

Lumière électrique. — La chaleur produite par les courants sur un corps, élève la température de ce corps et le rend lumineux.

La production de la lumière électrique se fait :

1° Par le passage d'un courant électrique dans de l'air qu'il porte à une haute température, pour échauffer des matières réfractaires par contact direct et les rendre incandescentes : c'est la lumière par *arc voltaïque*.

2° Par le passage d'un courant à travers un corps solide porté directement à une température élevée : c'est la lumière par *incandescence*.

Les lampes à incandescence (fig. 1 et 2) se composent essentiellement d'un filament de charbon très

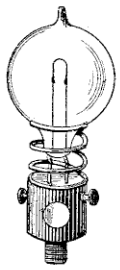


Fig. 1

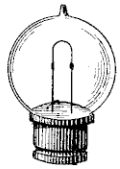


Fig. 2

mince et cependant solide situé à l'intérieur d'une ampoule de verre dans laquelle on a pratiqué le vide le plus parfait possible.

Lorsqu'on fait passer un courant d'une intensité suffisante sur ce filament, il arrive à la température du

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

rouge blanc et forme un foyer de lumière parfaitement fixe et agréable à la vue. Comme ce filament est placé dans le vide, il ne peut brûler et ne s'use qu'à la longue par la désagrégation de ses particules. La fabrication de ces lampes a été tellement perfectionnée qu'on en a fait qui résistent à 1.200 heures d'éclairage.

Les lampes les plus en usage sont celles d'*Edison* qui possèdent un filament calciné de bambou du Japon.

Le filament est fixé par chacun de ses bouts à deux fils de platine qui sortent de l'ampoule et se terminent pour les petites lampes par deux anneaux et pour les lampes industrielles par deux petits barreaux de cuivre séparés entre eux par du ciment que retient une douille en métal. C'est à ces anneaux et à ces barreaux qu'on amène le courant.

Les lampes à anneaux qui servent à l'usage domestique sont de 2 à 20 volts, les lampes industrielles de 15 à 200 volts, les plus employées sont celles de 50 à 120 volts.

On peut prolonger la durée des filaments, en intervertissant les pôles de temps en temps, car il y en a un qui s'use plus vite que l'autre. A titre de mémoire, je citerai les lampes *Maxim*, *Lane-Fox*, *Gérard*, *Gabriel* et *Angenault*, etc. (voir *Lampes et appareils en usage à bord des navires*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

M

Machine dynamo-électrique. *(Conditions que doivent remplir les différents organes d'une)*, en suivant les instructions de la Maison Fabius Henrion de Nancy.

I. *Electros.* — Les électros et épanouissements polaires doivent être en fer doux ; la saturation doit être aussi grande que possible. Le prix de la machine est alors plus élevé ; mais, par contre, le rendement est aussi plus grand et la stabilité de la machine est beaucoup plus grande que quand les électros sont en fonte ou insuffisamment saturés.

II. *Bâti et anneau.* — Il faut s'assurer que le bâti est suffisamment rigide pour ne pas fléchir au moment de la mise en place, ce qui amènerait la détérioration du palier.

Il faut que le centre de gravité soit aussi bas que possible.

Il faut que les coussinets soient à double coquille, par exemple en fonte ou en bronze garnis d'antifriction, afin qu'en cas d'accident, on n'ait à faire qu'une simple recharge de métal antifriction : l'achat de nouvelles coquilles est onéreux ; il est parfois une cause d'arrêt, parce que ces nouvelles coquilles ne sont pas disponibles, ou quand elles le sont, ne correspondent pas à l'alésage.

Il faut, pour éviter l'usure des coquilles, exiger une machine où les inducteurs agissent *symétriquement* sur l'anneau :

Dans les machines à *électro-aimant simple*, agissant d'une façon dissymétrique, l'attraction exercée par l'électro-aimant sur l'anneau, ou bien soulève ce

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dernier, ce qui provoque des vibrations, ou bien attire l'arbre vers le bas, ce qui provoque une charge anormale sur les paliers.

Or, comme les machines électriques sont des organes à grande vitesse où l'effort tangentiel de la courroie est faible, l'attraction des électros arrive généralement exercer un effort tangentiel de beaucoup supérieur à l'effort tangentiel de la courroie ; il en résulte une insuffisance de sécurité mécanique et une absorption de force motrice en pure perte.

Il faut des paliers qui ne perdent pas d'huile ; l'huile constitue une dépense coûteuse ; elle salit ; elle est une cause de détérioration. De plus, lorsqu'elle entraîne des poussières métalliques, elle peut amener des contacts dans les électros et dans l'anneau.

Il faut que la partie mobile soit parfaitement équilibrée.

Il faut exiger que l'arbre soit en acier de premier choix, afin qu'il y ait dans les coussinets le plus petit diamètre possible pour diminuer les pertes de force.

Il faut rebuter toute poulie et tout arbre présentant le moindre faux-rond.

Il faut s'assurer de la façon dont la poulie et l'anneau sont fixés sur l'arbre : le clavetage avec cannelure à la fois dans l'arbre et dans la partie clavetée est évidemment préférable à des clavetages méplats, et plus encore à des vis de pression.

Lorsqu'il s'agit d'anneaux frettés, il faut examiner le système de frettage de très près, puisqu'il peut être endommagé par la force centrifuge et par la dilatation résultant de l'échauffement de l'anneau ; il faut examiner aussi les conditions d'établissement des coussinets, puisque leur usure peut mettre une machine hors de service.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

III. *Collecteurs.* — La construction du collecteur doit être, de la part de l'acheteur, l'objet de l'attention la plus minutieuse.

On voit des collecteurs dans lesquels les lamelles sont tenues par des frettes en bois, frettes qui dispensent de mettre un isolant, mais ces collecteurs se déforment et ne sont pas solides.

On voit également des lamelles retenues par simple compression dans un assemblage conique : des collecteurs ainsi conditionnés se disjoignent et se tordent à un simple tournage à l'outil, ou bien les lamelles sautent par la force centrifuge et peuvent occasionner des accidents.

Le remplacement d'un collecteur où les fils sont soudés aux lamelles est chose délicate. Si l'industriel effectue ce remplacement lui-même, il peut brûler un anneau. S'il envoie l'anneau au constructeur, il y a une réparation onéreuse, des frais de transport, une perte de temps plus onéreuse encore.

Aussi est-il essentiel d'exiger, dans une machine électrique, un mode d'assemblage tel que le collecteur puisse être remplacé rapidement et facilement sur place, par un simple mécanicien.

Il faut encore examiner si le collecteur et les balais sont de dimensions suffisantes.

Des balais insuffisamment larges amènent l'échauffement.

Un collecteur de trop grand diamètre est mauvais à cause de l'échauffement résultant du frottement mécanique.

Un collecteur de trop petit diamètre est mauvais, qu'il contienne peu de lamelles ou qu'il en porte un grand nombre

a. S'il contient trop peu de lamelles, on obtient un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

courant trop ondulé. Or les courants ondulés alimentent les arcs à la manière des courants alternatifs ; le rendement lumineux est moindre, et les solénos des arcs, en raison de la self-induction, agissent moins bien et donnent un réglage défectueux.

b. Si les lamelles sont en nombre suffisant, les balais doivent, pour avoir une section suffisante de contact, toucher à la fois plusieurs lamelles, ce qui fait échauffer plusieurs sections de l'anneau, et cela au détriment du rendement de la machine et de sa construction.

Il faut éviter les collecteurs où l'isolant ne s'use pas comme le cuivre, et à plus forte raison les collecteurs où l'isolement est assuré simplement par l'écartement des lamelles, c'est-à-dire par l'air, parce que les balais peuvent être rebroussés par la marche en sens inverse.

Les collecteurs dont les lamelles ne sont séparées que par une mince couche d'air ont des inconvénients sur lesquelles il convient de s'arrêter :

Toutes ces lamelles sont nécessairement réunies à un barillet dans lequel il y a un isolant comme dans les collecteurs ordinaires ; les poussières métalliques peuvent s'agglomérer entre les lamelles et provoquer des courts circuits.

Si les lamelles sont venues d'une seule pièce avec leur support dans le barillet, et c'est ainsi qu'ont été faits les premiers collecteurs de ce genre, la force centrifuge fait casser les lamelles qui sont projetées et occasionnent des accidents.

On a été amené, pour éviter ces inconvénients, à employer pour les lamelles un métal très tenace ; c'est l'acier qui, naturellement, a été choisi. Or, le contact de l'acier au cuivre, assuré uniquement par des vis de pression, est parfois insuffisant et surtout inégalement assuré. Il en résulte une résistance inégale et de là

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une usure inégale des lamelles. De plus, ces lamelles, étant placées à porte-à-faux, sont nécessairement légères et par conséquent de section insuffisante (*l'acier étant dix fois moins conducteur que le cuivre*). L'insuffisance de section, la résistance au contact des lamelles sur le collecteur, les aspérités provenant des vides entre les lamelles font que le collecteur s'échauffe malgré la ventilation qu'on semble avoir eu en vue.

De plus, il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, de tourner un tel collecteur, en raison des intervalles laissés entre les lamelles, de la flexibilité de ces dernières et du manque de solidité de leur assemblage sur le barillet.

Les collecteurs qui s'usent en restant bien unis permettent d'employer, pour le transport de force, les balais en charbon.

Il faut examiner avec beaucoup de soin l'ajustage mécanique du secteur qui porte les balais ; on sait en effet que le calage des balais peut avoir besoin d'être modifié, il faut donc que ce secteur tourne à frottement également *gras* sur tous ses points et qu'il tourne bien concentriquement à l'axe.

Il faut s'assurer du système de fixation des balais : il ne faut pas qu'ils puissent se desserrer et il ne faut pas que le passage du courant des balais à l'axe puisse provoquer d'échauffement.

Il faut que l'on puisse, à un moment donné, écarter les balais du collecteur pour éviter qu'ils soient endommagés si la machine venait à tourner en sens inverse. Ce mouvement en sens inverse se produit au moment de l'arrêt dans les machines à lumière et surtout dans les machines à transport de force, au moment où la courroie se détend.

Machine dynamo-électrique (*Considérations pour*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'achat d'une). — Lorsqu'on achète une machine dynamo-électrique, on engage deux dépenses ; celle qui résulte de l'achat même de la machine, et celle qu'entraîne son exploitation.

Je vais montrer que la première dépense n'est rien comparée à la seconde.

Une machine électrique coûte comme exploitation :

1° de la force motrice.

2° de l'entretien (huile, surveillance, main-d'œuvre).

1. *Force motrice. — Importance d'un bon rendement.* — Supposons un moteur fournissant 22 poncelets 1/2 destinés à être convertis en énergie électrique, pour assurer jour et nuit l'éclairage d'une usine et l'alimentation de différents moteurs électriques.

Supposons que l'on emploie à cet usage successivement deux dynamos transformant effectivement en énergie électrique, la première 85 %, la seconde 90 % de la force fournie. Je vais montrer que cette faible différence de rendement peut amener, au point de vue économique, une différence de dépense qui se chiffre par une somme considérable (*).

La première de ces machines rendant 85 % aurait fourni :

(*) L'importance d'un bon rendement se fait sentir d'une façon plus remarquable encore quand il s'agit d'un transport de force. Un exemple va le faire comprendre.

Supposons que les deux machines employées aient un rendement de 90 o/o et que la force motrice soit de 75 poncelets : la première donnera 67 poncelets 1/2 et la seconde 90 o/o de la première, c'est-à-dire 60 poncelets 75.

Si l'on avait eu des machines électriques ne rendant que 85 o/o la force disponible à la réceptrice ne serait que de 54 poncelets 1875.

La différence comme on le voit est considérable.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

$\frac{22,5 \times 85}{100}$, soit 19 poncelets 125

La deuxième rendant 90 % transformerait :

$\frac{22,5 \times 90}{100}$, soit 20 poncelets 250

Différence : 1 poncelet 125.

Si l'installation fonctionne jour et nuit pendant 300 jours, la deuxième aura fourni pendant 7.200 heures, un excédent de :

$7.200 \times 1,5$, soit 8.100 poncelets-heure.

Supposons que cette dynamo soit actionnée par une machine à vapeur de bonne qualité moyenne, c'est-à-dire consommant 2 kil. de charbon, l'économie de charbon sera de :

$8.100 \times 2 = 16.200$ kilogr.,

et, si nous prenons le cours actuel du charbon dans Paris (33 francs la tonne), l'économie annuelle sera de :

$16.200 \times 0,0033$, soit 534f,60.

Si l'on compte l'amortissement à 5 % et l'intérêt de l'argent à 5 %, on constate qu'en ajoutant au prix de 2.580 francs, qu'aurait coûté, par exemple, la machine rendant 85 %, une somme de 5.346 francs pour acheter une machine rendant simplement 5 % de plus que la première, on aurait encore fait une bonne opération, c'est-à-dire qu'*on pourrait avantageusement la payer 7.846 fr.*

Il est évident que l'écart entre une machine ordinaire et une très bonne machine n'est pas aussi considérable ; j'ai voulu montrer simplement combien est grande l'erreur que commet l'industriel qui, au mo-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

ment de signer un marché, a en vue une économie de 200 à 300 francs, économie qu'une mauvaise machine lui absorbera tous les six mois.

Or, comme une bonne machine a non seulement un rendement élevé mais encore fonctionne mieux, nous allons trouver du côté de l'entretien une économie considérable.

II. *Entretien.* — L'entretien de la machine comprend :

a) l'huile pour graisser les paliers ;

b) le remplacement du collecteur et des balais ;

c) la main-d'œuvre ;

d) les réparations éventuelles et chances d'arrêt.

a) *Huile. — Importance d'un bon palier graisseur.* — On emploie généralement de l'huile très chère et c'est celle qui coûte le moins à l'usage. Il n'est pas exagéré de dire qu'avec un graissage à la main, un graisseur compte-gouttes contenant 150 grammes doit être rempli trois fois en vingt-quatre heures. La consommation journalière peut donc atteindre, avec ce système, 450 grammes et va bien plus loin avec des machines dont on sent tiédir les paliers mal établis ou fabriqués avec de mauvaises matières, ou de dimensions insuffisantes :

Si nous comptons l'huile à 150 francs les 100 kilos, la dépense journalirre atteint :

$$0^{k},450 \times 1,50, \text{ soit } 0^{f},675$$

et pour 300 jours :

$$0^{f},675 \times 300, \text{ soit } 202^{f},50$$

représentant les intérêts et l'amortissement d'un capital de 2,025 francs.

Il faut ajouter à la dépense d'huile la main-d'œuvre

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de l'ouvrier graisseur et les chances d'accident résultant d'un oubli.

Une machine à paliers graisseurs bien établis peut économiser *presque complètement* la dépense d'huile.

On peut employer avec ces paliers une huile de qualité ordinaire, et quand cette huile a servi très longtemps, il suffit, s'il en est besoin, de la filtrer pour la faire servir à nouveau en totalité : et il est à remarquer qu'elle peut être à ce moment meilleure que quand elle est neuve parce qu'elle a perdu par l'usage toute trace d'acidité.

Il convient toutefois de se garder des paliers graisseurs n'offrant pas une sécurité complète, car il en est de ces paliers comme de certains appareils d'alimentation automatiques appliqués aux chaudières : ils fonctionnent bien pendant un certain temps ; le mécanicien n'ayant pas à y toucher, finit par oublier complètement de les examiner, et l'industriel possédant ces appareils de protection qui n'offrent pas une sécurité suffisante est bien plus exposé à des accidents fort graves que l'industriel qui n'en a aucun, et chez lequel le mécanicien veille constamment à l'alimentation de la chaudière.

Le palier graisseur diminue de plus la perte de force dans les paliers, perte estimée dans certains cas à 30 %.

b) Remplacement du collecteur et des balais. — Le remplacement des balais et du collecteur s'effectue d'autant plus souvent que les balais donnent des étincelles et généralement on constate le plus mauvais fonctionnement des balais dans les machines dont le rendement est le moins bon.

Les étincelles sont d'autant plus fortes que les machines sont moins *élastiques*, et j'entends par machi-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

nes élastiques des machines qui peuvent à un instant donné, fournir une énergie électrique plus grande que dans leur marche normale.

Il est essentiel pour leur durée et leur bonne marche que les machines soient élastiques. Un exemple tiré de la machine à vapeur va nous montrer l'importance de cette condition. Dans une machine à vapeur bien établie, la marche économique correspond à une admission d'environ 1/10e de la course du piston, et la machine peut donner une force presque triple en admettant 8/10e de la course, dans de mauvaises conditions économiques, c'est vrai, mais dans de bonnes conditions mécaniques. De même dans une machine électrique, il faut que cette machine, tout en fonctionnant bien pour le travail qu'elle effectue à sa charge normale, là où elle donne le meilleur rendement, puisse fournir éventuellement un surcroît d'énergie dont on aurait besoin.

Ainsi, par exemple, une machine réceptrice pour transport de force, fournissant normalement deux chevaux, et construite pour deux chevaux, peut avoir à fournir, au moment du démarrage, quatre chevaux et même plus.

Il est donc essentiel de connaître, au moment de l'achat, la courbe de puissance de la dynamo proposée, courbe qui indique les limites entre lesquelles elle peut fonctionner.

c) *Main-d'œuvre.* — La main-d'œuvre est d'autant plus grande que la machine n'est pas à paliers graisseurs automatiques et que les balais fonctionnent mal.

J'ai pu voir une usine où six machines de trente chevaux nécessitaient un électricien spécial payé 400 francs par mois, qui soignait en même temps

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

deux machines réceptrices, ces dernières utilisant l'énergie produite par les quatre premières.

Deux grosses machines remplaçant les quatre machines en question, munies de paliers graisseurs fonctionnant plusieurs mois, et de collecteurs fonctionnant bien, ne faisant pas d'étincelles, quelle que soit la charge et *sans qu'il y ait à décaler les balais*, auraient permis de supprimer l'électricien, en confiant au chauffeur-mécanicien le soin de la surveillance, ce qui ne lui eût occasionné aucun travail supplémentaire.

Dans ce cas, les deux dynamos fonctionneraient à leur charge normale économique. Si l'une des deux dynamos vient à s'arrêter pour une cause quelconque, l'autre machine doit pouvoir suffire pour assurer le service.

Je reviens à la partie soulignée : *sans qu'il y ait à décaler les balais.* En effet, certaines dynamos fonctionnent bien en calant les balais suivant la charge ; si la charge varie, et qu'on ne décale pas les balais, le collecteur donne de telles étincelles qu'il peut être mis rapidement hors d'usage.

S'il s'agit d'une dynamo appliquée à utiliser une chute d'eau à distance, il faut, avec une dynamo nécessitant un décalage, un homme spécial ; si la dynamo ne nécessite pas de décalage, on supprime avantageusement cet homme, en mettant sur la turbine un régulateur automatique.

d. *Réparations et arrêts.* — Il est à remarquer que les réparations deviennent toujours nécessaires, au moment où le fonctionnement de la machine est le plus indispensable et par conséquent où ces réparations sont le plus préjudiciables.

Il est difficile d'évaluer le dommage ainsi causé ; mais on peut dire que dans une usine éclairée par 300

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

lampes de 16 bougies, représentant la force motrice dont je parlais (usine fonctionnant jour et nuit et qui occuperait dans certaines industries 200 à 300 ouvriers), le dommage causé par l'arrêt de l'usine et par le retard qui en résulterait dans la livraison des commandes pour lesquelles un délai ferme serait fixé, pourrait coûter en une seule nuit plus que la valeur de 2.500 francs attribuée à une machine médiocre.

Pour cette raison, il ne faut admettre qu'une machine *à envidement simple*, à *collecteur démontable*, autant que possible, de telle sorte que la réparation totale de cette machine puisse s'effectuer dans l'usine même.

Nécessité d'une tension constante. — Il est important de connaître la caractéristique d'une machine, non seulement pour se rendre compte de son élasticité mais encore pour savoir comment se comporte la tension quand la charge ou la vitesse varie.

Dans l'industrie, en effet, les dynamos sont appelées à fournir, à tout instant, une puissance variable. S'il s'agit d'un éclairage, ii est indispensable, pour consommer le moins de charbons à lumière et de lampes à incandescence de choisir une machine qui fournira pour toutes les charges, depuis la marche à vide jusqu'à la surcharge, la tension la plus constante. Une machine dans laquelle la tension varie use des lampes et des charbons en raison de l'irrégularité du courant fourni et surtout en raison de ce fait que l'on marche toujours avec ces machines à une tension trop élevée, afin que les écarts de tension ne fassent pas tomber la lumière en dessous du minimum nécessaire.

Il est certaines machines qui fournissent, à toutes les charges, une tension constante, la vitesse restant constante, mais qui lors d'une variation de vitesse, de soubresauts de courroie, donnent une tension variable,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

en *rapport direct* avec les vitesses, tandis que d'autres fournissent des écarts de tension allant jusqu'au *carré* des vitesses ; et, à ce point de vue encore, on peut dire *à priori* que ce sont les machines bon marché qui sont *encore les plus mauvaises*.

Conclusion. — En deux mots je me résume donc et je dis, qu'il est préférable à tous les points de vue de faire usage de bonnes machines construites par des constructeurs consciencieux, le résultat est absolument le même que l'emploi d'excellents ouvriers, sérieux et capables dans leur travail, il y a tout avantage.

Machines. (*Installation. Local*). — Si l'on a un moteur spécial, il faut autant que possible mettre les dynamos dans le même local et en donner la surveillance au mécanicien. Si les dynamos sont actionnées par une transmission principale, il faut leur donner un local spécial et les faire surveiller par une personne qui n'ait pas à s'occuper du moteur.

Dans tous les cas, le local où se trouve les machines qui produisent l'électricité, doit être entretenu le plus proprement possible, être sec, exempt de poussière et bien clair pour que le nettoyage s'y fasse convenablement. Si l'on a des dynamos et des pièces de rechange à conserver, il faut avoir soin qu'elles soient placées dans un local également sec.

Moteur. Il faut autant que possible avoir un moteur qui ait une vitesse bien uniforme. Pour des bureaux et des appartements, il faut une lumière plus régulière que pour des ateliers, il faut par conséquent un moteur plus régulier dans sa marche.

Il est bien préférable de se servir d'un moteur spécial pour actionner les dynamos, mais ce qu'il faut bien se garder c'est d'employer un moteur comman-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

dant de fortes machines-outils qu'il faut débrayer de temps à autre.

Si on emploie un moteur à marche irrégulière, il faut avoir soin de munir la dynamo d'un volant, si par elle-même, elle n'est pas assez lourde et dans ce cas, il doit être placé le plus près possible de la poulie de transmission.

Transmission. — Il est assez bon d'avoir le moins possible d'arbres de couches, bien que le rapport des vitesses soit assez élevé, de même qu'il est utile et même nécessaire que chaque dynamo soit munie d'un débrayage.

Fondation. — La dynamo doit être fixée solidement (fig. 1). Elle ne doit pas trembler sous l'in-

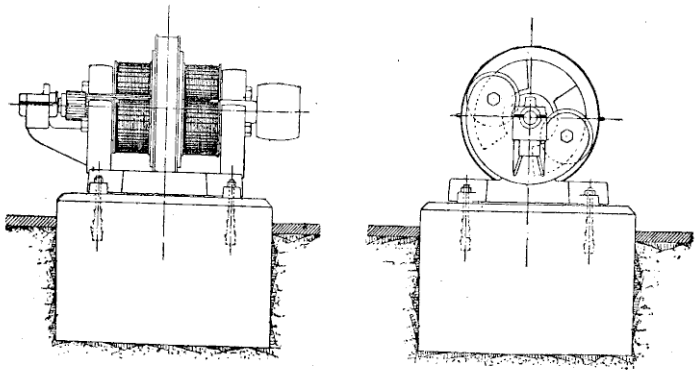


Fig. 1

fluence de la rotation de l'armature, et entre elle et la maçonnerie on peut mettre une couche d'asphalte et une plaque de bois sec ou même de carton à toiture. Les boulons eux-mêmes doivent être isolés.

La fondation doit dépasser un peu le sol d'environ 10 centimètres de façon à permettre le nettoyage des

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

parties inférieures, elle doit également être indépendante des murs pour éviter que les trépidations s'y communiquent. Les supports des transmissions doivent également être séparés des murs du bâtiment.

Courroie. — Pour les machines électriques de même que pour les transmissions qui en dépendent, on doit se servir de courroies de première qualité, cousues ou collées et aussi unies que possible. En premier lieu, il ne faut pas trop tendre les courroies ; seulement après quelques temps de marche il ne faut pas hésiter à les tendre et même à les coudre à nouveau, sans pourtant exagérer jusqu'à faire fatiguer les coussinets.

Une condition essentielle, pour le bon fonctionnement des installations d'éclairage électrique est de se servir de bons appareils de mesure qui permettent à chaque instant de déterminer l'intensité et la tension du courant que l'on utilise.

L'appareil de mesure est tout aussi indispensable que le manomètre sur un générateur de vapeur.

Machines dynamo-électriques. (*Montage.*) — Lorsque l'on monte une machine électrique, il faut avoir soin de bien nettoyer les surfaces de fer doux à rapprocher. Les coussinets doivent être entretenus minutieusement et quand on y place l'arbre, de l'armature, je ne saurais trop recommander de le faire avec beaucoup de précaution pour éviter d'endommager les bobines et le commutateur. Pendant cette opération, l'armature repose principalement sur les extrémités de l'arbre et on la soutient à l'aide d'une planche sur laquelle on a eu soin au préalable de placer un coussin en drap, et éviter de faire porter le pourtour du commutateur.

Un jeu nécessaire doit être laissé entre les pièces po-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

laires et l'armature, et cette dernière doit tourner avec beaucoup de facilité sur les coussinets de même que son arbre ne doit avoir que très peu de jeu par rapport aux coussinets dans le sens de l'axe.

Lorsque les pièces principales d'une machine sont montées, on doit se conformer aux règles suivantes :

Il faut que l'arbre de l'armature soit bien horizontal et parallèle à l'arbre moteur. Le bâti de la machine doit reposer parfaitement sur la fondation de telle sorte qu'en opérant le serrage des écrous on ne puisse pas fausser la machine. Ce serrage fait, on examine si l'arbre de l'armature tourne facilement dans les coussinets et on ne met la courroie qu'après s'en être assuré.

Une fois la machine mise en place, comme nous venons de le voir, on procède au montage des parties accessoires et la pièce à supporter les balais doit être facilement déplacée à la main (voir *Balais*). Pour relier ensemble des pièces destinées à conduire le courant, il faut les nettoyer au préalable avec des chiffons enduits d'émeri.

Il faut voir aussi que les conducteurs qui sont sur la dynamo, ou qui en partent, ne touchent jamais le support de fonte.

Le montage terminé, on procède à un graissage minutieux des coussinets, on essaie la machine à circuit ouvert (à vide) et l'on se rend compte si quelques parties chauffent. Lorsque l'on s'est alors assuré que tout est en bon état, si on le juge nécesaire on établit le courant en l'augmentant progressivement jusqu'à sa valeur régulière.

Les essais doivent être faits autant que possible pendant le jour; il peuvent quelquefois demander plusieurs jours, mais dans tous les cas, on ne doit commencer le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

travail journalier que quand ils ont donné des résultats tout-à-fait satisfaisants.

Machines électriques (*Principes*). — Les machines électriques reposent toutes sur l'emploi des courants d'induction, découverts par *Faraday*, dont le principe s'énonce comme il suit :

« Lorsqu'on fait mouvoir dans un champ magnéti-
« que un conducteur faisant partie d'un circuit fermé,
« de façon à modifier le nombre de lignes de force
« magnétique qui le coupent, ce conducteur devient le
« siège d'un courant électrique induit. »

La machine électrique est destinée à convertir l'énergie mécanique en énergie électrique, par la rotation dans un champ magnétique de conducteurs faisant partie d'un circuit fermé.

La première application de ces principes a été faite par M. *Gramme*, au moyen d'un anneau en fer doux sur lequel est enroulé un fil de cuivre sans fin, qui, placé entre deux pôles magnétiques NS, s'aimante par influence et prend des pôles magnétiques S'N' qui sont respectivement de noms contraires à ceux des pôles inducteurs devant lesquels ils se trouvent. Si l'on fait tourner l'anneau dans un sens déterminé, les pôles S'N' se produisent toujours en regard des pôles NS, et restent fixes dans l'espace. Les phénomènes sont donc les mêmes que si cet anneau restant immobile, le fil de cuivre tournait seul sur le noyau métallique.

Si l'on considère alors un certain nombre de spires de fil dans le champ magnétique NS', ces spires sont parcourues par un courant de même sens pendant toute leur demi-révolution supérieure et par un courant de sens contraire pendant leur demi-révolution inférieure. L'intensité de ce courant varie suivant la

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

distance des spires aux pôles ; elle atteint son maximum sur la ligne NS, tandis qu'elle est nulle dans le plan perpendiculaire à cette ligne. Ce plan a reçu le nom de *zone neutre.*

Le mouvement de rotation de l'anneau produit deux courants électriques qu'on recueille associés en quantité, en réunissant par un conducteur extérieur les deux points de l'hélice induite situés dans la zone neutre. On recueille ce courant, directement, au moyen d'un *collecteur*. Le fil induit qui couvre l'anneau se trouve partagé en sections ou bobines distinctes, placées à côté les unes des autres et réunies en tension, le bout finissant de l'une soudé au bout commençant de la suivante. Ces sections forment une bobine indéfinie. L'arbre de rotation, sur lequel est fixé l'anneau, porte une série de lames de cuivre disposées de manière à former un cylindre autour de l'arbre. Ce cylindre constitue le *collecteur* de la machine.

Les lames en nombre égal à celui des bobines qui entourent l'anneau sont isolées les unes des autres par des rubans de soie.

A chaque bande de cuivre on attache le bout finissant d'une bobine et le bout commençant de la suivante. Une plaque sert donc de liaison entre deux bobines consécutives, et en la touchant, on reçoit le même courant que si le contact était fait avec les fils mêmes des bobines qui y aboutissent.

Si on établit à poste fixe deux contacts sur les génératrices suivant lesquelles le plan de la ligne neutre vient couper le cylindre formé par les plaques, on recueillera en ces points le courant produit par l'anneau entier.

Il suffit donc alors de toucher les deux lames du collecteur qui se trouvent dans la zone neutre. On dis-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

pose pour cela, aux extrémités des diamètres situés dans cette zone, deux ressorts frotteurs métalliques qui appuient sur les cylindres et procurent le contact avec les lames de cuivre. Ils recueillent le courant et le transmettent au conducteur extérieur qui leur est fixé. Ces ressorts se composent d'un faisceau de fils fins métalliques et portent le nom de *balais*. Les balais d'une dynamo sont analogues aux pôles d'une pile. Le courant va dans l'intérieur de la machine, du balai négatif au balai positif, et dans le circuit extérieur, du balai positif au balai négatif.

Dans la constitution du champ magnétique dans lequel se meut l'anneau Gramme, la force magnétique peut provenir soit d'un aimant, soit d'un électro-aimant. D'où les deux classes suivantes de machines électriques : les machines *magnéto-électriques,* où le champ magnétique est produit par un *aimant ;* les machines *dynamo-électriques* avec des *électro-aimants*.

Au lieu de prendre seulement deux pôles magnétiques, on peut en disposer un plus grand nombre en les plaçant deux par deux aux extrémites d'un même diamètre. Ce sont les *machines multipolaires*. Les bobines induites traversent les différents champs magnétiques ainsi produits et subissent dans chacun d'eux une action analogue à celle décrite ci-dessus.

Elles peuvent donc être animées d'une vitesse moindre ou donner un courant plus énergique si on leur conserve le même nombre de tours. Il faut, dans ce cas, mettre autant de balais qu'il y a de champs magnétiques différents.

(*Traité d'Electricité industrielle*, Cadiat et Dubost).

Machines électriques. — Les machines électriques peuvent se classer selon la nature des courants

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

produits, la nature de l'inducteur, la forme de l'induit.

Dans le premier cas, on distingue :

1° *Les machines à courants alternatifs*, dans lesquelles les courants produits sont recueillis tels que les bobines induites les développent ;

2° *Les machines à courants redressés*, dans lesquelles un *commutateur* redresse les courants développés dans l'induit, chaque fois qu'ils changent de signe ;

3° *Les machines à courant continu*, dans lesquelles les induits fractionnés sont reliés à un *collecteur* qui produit des commutations partielles fréquentes.

Dans le deuxième cas, on distingue :

1° *Les machines magnéto-électriques*, dans lesquelles l'inducteur est un *aimant ;*

2° *Les machines dynamo-électriques,* dans lesquelles l'inducteur est un *électro-aimant.*

Selon la forme de l'induit, on distingue les machines à *anneau*, à *tambour*, à *pôle*, à *disque.*

Parmi les machines à courants alternatifs, on remarque :

La machine Méritens, magnéto-électrique à 5 disques et 16 bobines sur chaque disque.

Les machines *O. Patin, Zipernowski, Kapp, Westinghouse.*

Parmi les machines à courants redressés, on remarque :

Les machines *Brush* employées pour le traitement des minerais d'aluminium par le fourneau électrique Cowles.

Les machines *Thomson-Houston, Gérard,*

Parmi les machines à courant continu, on remarque :

Les machines *à anneau, Gramme, dynamos Man-*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

chester, *Eellwell-Parker*, *dynamos Crompton*, *F. Henrion*, *dynamos Victoria*, *Kapp*, *dynamos multiplex* de MM. Sautter-Lemonnier.

Les machines *à bobine* ou *à tambour : Edison*, *Hopkinson*, *Thury*, *Rechniewski*, *Lahmeyer*, *dynamos Ganz*, *Siemens*.

Les machines *à disque* : *Desroziers*, de la maison Bréguet ; *Fritsche*.

Magnétisme. — On désigne sous ce nom, les phénomènes d'attraction et de répulsion que produisent dans leur état normal certains corps que l'on appelle *aimants* sur différentes substances appelées pour cette raison *substances magnétiques*. Le nombre de ces phénomènes, très restreint dans l'origine, s'est multiplié de nos jours, grâce aux recherches et aux découvertes de la science (voir *Aimants*).

Mesure de la puissance électrique. — On mesure la puissance produite ou consommée par un appareil électrique, au moyen d'un instrument appelé *wattmètre*.

La puissance absorbée P, en watts, par un appareil électrique, est donnée par la formule (*) :

$$P = EI \text{ watts} = \frac{E\,I}{9.81} \text{ kilogrammètres par seconde}$$

Si P est exprimé en poncelets-vapeur on a :

$$P = \frac{E\,I}{981} \text{ poncelets-vapeur.}$$

Si P est exprimé en chevaux-vapeur, on a :

$$P = \frac{E\,I}{736} \text{ chevaux-vapeur.}$$

(*) E différence de potentiel en volts constatée aux bornes ; intensité en ampères du courant traversant l'appareil.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Éléments magnétiques de divers fers et aciers (*J. Hopkinson, 1886*)

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	TREMPE	COMPOSITION CHIMIQUE						Résistance spécifique en microhms-cm	Induction spécifique maxima B	Induction spécifique résiduelle B'	Energie dissipée en ergs par cm³
		Carbone Total	Manganèse	Soufre	Silicium	Phosphore	Divers				
Fer forgé	Recuit	»	»	»	»	»	»	13,78	18 251	7 248	13 356
Fonte malléable	—	»	»	»	»	»	»	32,54	12 408	7 479	34 742
Fonte grise	»	»	»	»	»	»	»	105 60	10 783	3 928	13 037
Acier Bessemer doux	»	0,045	0,200	0,030	0	0,040	»	10,50	18 196	7 860	17 137
Acier Whitworth doux	Recuit	0,090	0,133	0,016	0	0,042	»	10,80	19 840	7 080	10 289
—	—	0,320	0,438	0,017	0,042	0,035	»	14,46	18 736	9 840	40 120
—	Trempé à l'huile	0,320	0,438	0,017	0,042	0,035	»	13,90	18 796	11 040	65 786
—	Recuit	0,890	0,165	0,005	0,081	0,019	»	15,59	16 120	10 740	42 366
—	Trempé à l'huile	0,890	0,165	0,005	0,081	0,019	»	16,95	16 120	8 736	99 401
Acier manganésifère de Hadfield	»	1,005	12,360	0,038	0,204	0,070	»	65,54	310	»	»
Acier manganésifère	Comme forgé	0,674	4,730	0,023	0,608	0,078	»	53,68	4 623	2 202	34 567
—	Recuit	0,674	4,730	0,023	0,608	0,078	»	39,28	10 578	5 848	113 963
—	Trempé dans l'huile	0,674	4,730	0,023	0,608	0,078	»	50,56	4 769	2 158	41 941
—	Comme forgé	1,298	8,740	0,024	0,094	0,072	»	69,93	747	»	»
—	Recuit	1,298	8,740	0,024	0,094	0,072	»	63,16	1 985	540	15 474
—	Trempé dans l'huile	1,298	8,740	0,024	0,094	0,072	»	70,66	733	»	»
Acier silicié	Comme forgé	0,685	0,694	0,024	3,438	0,133	»	61,63	15 148	11 073	45 740
—	Recuit	0,685	0,694	0,024	3,438	0,133	»	61,85	14 701	8 149	36 485
—	Trempé dans l'huile	0,685	0,694	0,024	3,438	0,133	»	61,95	14 696	8 084	59 619
							Chrome				
Acier chromé	Comme forgé	0,532	0,393	0,020	0,220	0,041	0,621	20,16	15 778	9 318	61 439
—	Recuit	0,532	0,393	0,020	0,220	0,041	0,621	19,42	14 848	7 570	42 425
—	Trempé dans l'huile	0,532	0,393	0,020	0,220	0,041	0,621	27,08	13 960	8 595	169 455
—	Comme forgé	0,687	0,28	0,020	0,134	0,043	1,195	17,91	14 680	7 568	85 944
—	Recuit	0,687	0,28	0,020	0,134	0,043	1,195	18,49	13 233	6 489	64 842
—	Trempé dans l'huile	0,687	0,28	0,020	0,134	0,043	1,195	30,35	12 868	7 891	167 050
							Tungstène				
Acier au tungstène	Comme forgé	1,357	0,36	0	0,043	0,047	4,649	22,49	15 718	10 144	78 568
—	Recuit	1,357	0,36	0	0,043	0,047	4,649	22,50	16 498	11 008	80 315
—	Trempé (eau froide)	1,357	0,36	0	0,043	0,047	4,649	22,74	»	»	»
—	Trempé (eau tiède)	1,357	0,36	0	0,043	0,047	4,649	22,49	15 610	9 482	149 500
— (français)	Trempé dans l'huile	0,511	0,625	0	0,021	0,028	3,444	36,04	14 480	8 643	216 864
—	Trempé dur	0,855	0,312	»	0,151	0,089	2,353	44,27	12 133	6 818	197 660
							Graphite				
Fonte grise	»	3,455	0,173	0,042	2,044	0,151	2,064	114,00	9 148	3 161	39 789
Fonte truitée	»	2,581	0,610	0,105	1,476	0,435	1,477	62,86	10 546	5 108	41 072
Fonte blanche	»	2,036	0,986	0,467	0,764	0,458	»	56,61	9 342	5 554	36 383
Spiegeleisen	»	4,510	7,970	traces	0,502	0,128	0	105,20	385	77	»

Tous ces matériaux ont été essayés pour une force magnétisante H de 240 unités C.G.S.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Mesure des courants. — On mesure les courants à l'aide des trois instruments suivants :

1° Les *galvanomètres*, pour les actions électromagnétiques ;

Le *galvanomètre* est un appareil dans lequel l'aiguille aimantée est déviée par un courant (voir *Galvanomètre*).

2° L'*électrodynamomètre* pour les actions électrodynamiques. Cet appareil sert à mesurer les courants alternatifs. Il est fondé sur les attractions et répulsions des courants entre eux.

3° Le *voltamètre*, pour les actions électrochimiques. Le voltamètre donne directement la valeur en volts de la différence de potentiel des deux points entre lesquels il est placé, et mesure l'intensité du courant qui le traverse. Par analogie, l'*ampèremètre* est un appareil qui donne *directement* la valeur en ampères du courant qui le traverse.

Mesure des forces électromotrices et des potentiels. – On mesure ces forces et la différence de potentiel entre deux points d'un système électrisé ou d'un circuit électrique, au moyen d'instruments appelés *électromètres*.

Moteurs. (*Propriétés des divers enroulements pour les*).

1° *Enroulement en série.* — Cet enroulement n'est applicable que lorsque l'on a affaire à une transmission de force ne comprenant que deux machines, une génératrice et une réceptrice. En maintenant la vitesse de la génératrice constante, on peut obtenir une vitesse invariable de la réceptrice quel que soit le travail développé. L'enroulement en série est indispensable pour

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les moteurs devant produire un couple moteur considérable démarrage.

Si le moteur emprunte son courant à une distribution à intensité constante, le couple moteur sera invariable, quelle que soit la vitesse. Si la distribution est à potentiel constant, le courant circulant dans le moteur et par suite aussi le couple-moteur varieront avec la vitesse. En diminuant outre mesure la charge d'un moteur en série, il faut veiller à ce que la vitesse ne devienne pas trop grande ; c'est un des inconvénients de ce genre de dynamo. On ne l'emploie du reste que lorsqu'on n'a pas besoin d'une grande régularité et qu'il est nécessaire d'exercer un grand effort au démarrage, comme par exemple dans l'entraînement des tramways électriques, le levage de fardeaux, etc.

Si on ne change rien aux connexions d'une dynamo génératrice en série, un courant de sens quelconque envoyé dans la machine, la fait tourner comme moteur en sens inverse de celui dans lequel elle tournait comme génératrice (*à rebrousse-poil*).

Pour obtenir la rotation en sens convenable, il faut intervertir les connexions du fil de l'inducteur.

2° *Enroulement en Shunt.* — Cet enroulement est tout indiqué pour les moteurs devant tourner à une vitesse pratiquement constante sur une distribution à potentiel constant. Le couple-moteur au départ est nul, ce qui est un inconvénient dans certains cas. Voici l'explication de ce fait.

L'enroulement inducteur étant placé en dérivation sur la résistance presque nulle de l'induit, il s'en suit que le courant intense qui circule au premier abord dans ce dernier, produit un abaissement de la différence de potentiel aux bornes du moteur ; le courant circulant dans le shunt, ne possède pas alors l'intensité né-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

cessaire à la production du couple désiré ; le moteur ne tourne pas et son induit peut être brûlé. On doit se rappeler de plus que, par suite de la self-induction considérable de l'inducteur, le courant d'excitation n'atteint à peu près sa valeur maximum qu'au bout d'un certain nombre de secondes. Pour obtenir sûrement la mise en marche, on doit introduire un rhéostat en série avec l'induit entre les points de jonction du fil inducteur et diminuer progressivement la résistance. Pour les très petits moteurs, on se contente de soulever les balais pendant quelques secondes, pour permettre au courant d'excitation de s'établir.

Si l'on conserve les mêmes connexions que pour le fonctionnement en génératrice, la machine tourne à rebrousse poil.

De même, dans le cas de la dynamo en série, on intervertit les connexions du fil de l'inducteur.

3° *Enroulement Compound.* — Participe des qualités des deux enroulements précédents, dans le cas où les deux enroulements d'une même machine sont *concordants;* mais cependant la constance de la vitesse n'est pas aussi absolue que pour l'*enroulement différentiel* avec enroulement shunt prépondérant, qui permet de maintenir une vitesse absolument invariable.

Si les deux enroulements inducteurs donnent des ampères-tours concordants, la mise en marche se fait automatiquement pourvu que l'effort résistant ne soit pas trop considérable.

Dans le cas d'un moteur à enroulements différentiels dans lesquels le circuit en dérivation est prépondérant, il arrive pour des raisons analogues à celles indiquées pour le moteur shunt que l'enroulement en série est seul excité, de sorte que la machine tourne à l'envers, puis quelquefois s'arrête pour tourner dans

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'autre sens, et peut accomplir ainsi une série d'oscillations qu'il faut éviter. On y remédie en employant la même disposition que pour le moteur en dérivation. De plus, le couple-moteur au départ est pour ainsi dire nul, si l'on surcharge trop le moteur, le courant dans les spires en série annule les ampères-tours des spires en dérivation ; l'induit s'arrête et la machine peut être brûlée.

Moteurs. (*Construction des.* — La construction des moteurs est en tout points identique à celle des dynamos génératrices. La seule différence est que les balais sont décalés en retard par rapport au mouvement.

Dans certains cas, il est important d'avoir un moteur léger ; pour arriver à ce résultat, on peut employer des inducteurs multipolaires entièrement construits en fer très doux et donner aux ampères-tours induits beaucoup de prépondérance sur les ampères-tours inducteurs, quitte à augmenter le décalage des balais.

Moteur. (*Choix d'une dynamo et d'un*) suivant le circuit sur lequel il est employé.

Distributions à courant constant

Tous les appareils sont en série et traversés par le même courant

CIRCUIT POUR	COURANT	DYNAMO enroulée en	MOTEUR enroulé en
Eclairage à arc. . Distribution de force	7,10 ou 18 ampères	Série avec régulateur du courant	Série avec régulateur de vitesse

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Distributions à potentiel constant

Tous les appareils sont en dérivation sur les deux conducteurs de distribution

CIRCUIT POUR	POTENTIEL	DYNAMO enroulée en	MOTEUR enroulé en
L'éclairage par incandescence .	110 volts pour syst. à 2 fils. 220 volts pour syst. à 3 fils.	dérivation ou compound	Dérivation
Tramways électriques. — Distribution de force.	500 volts.	dérivation ou compound	Série pour tramways dérivation pour moteur fixe

Moteurs électriques (*Fonctionnement*). — Les moteurs électriques ne sont autre chose que des dynamos ordinaires dont on utilise pratiquement la réversibilité ; c'est-à-dire qu'en fournissant aux bornes des dynamos de l'énergie électrique, on obtient un travail moteur. Les principes et les détails de construction restent par suite sensiblement les mêmes. Contrairement à ce qu'il arrive avec les dynamos, la position des balais donnant le minimum d'étincelles dans un moteur, est en retard par rapport au sens du mouvement et la réaction d'induit a pour effet d'augmenter l'intensité du champ, au lieu de la diminuer comme dans les dynamos. (Pour les détails théoriques voir *Notes et formules* etc., de Cl. De Laharpe).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

N

Négatif (Voir *Piles*).

O

Ohm. — (Voir *Electricité* (*unités électriques*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

P

Piles (*Emplacement*). — Cet emplacement doit être choisi autant que possible à proximité d'un robinet d'eau et d'une conduite à l'égout pour l'écoulement des liquides à expulser, lesquels, à défaut d'une conduite, peuvent être reçus dans un seau en bois vernis au bitume de Judée.

Telle est la raison pour laquelle dans les appartements une pile se trouve bien placée dans la cuisine, aux abords d'une pierre d'évier. Lorsque l'installation est assez grande et que la disposition du local le permet on peut la mettre dans le sous-sol.

Support des éléments. — Ce support doit être horizontal et fixé sur une rigole d'écoulement possédant une pente suffisante et recouverte d'une feuille de plomb sur toute la surface pour préserver le bois contre l'action corrosive des liquides expulsés.

Pose des fils. — Ce travail est très simple mais exige beaucoup d'attention et de soin.

Dans tous les cas, les fils doivent être parfaitement isolés par une couche de gutta recouverte de coton.

Ils doivent être tendus convenablement et fixés contre le mur avec des crochets émaillés.

Il faut éviter de faire traverser aux fils des endroits humides, sinon ils doivent être sous plomb pour les protéger et il ne faut pas oublier que pour éclairer une lampe il faut que les deux pôles de la pile arrivent à la lampe.

Le pôle négatif y arrive directement ; le pôle positif passe généralement par les appareils de commande, boutons, interrupteurs, commutateurs, allumeurs-ex-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tincteurs, etc., qui ont pour but d'ouvrir et fermer le circuit.

Mais en somme, tous les interrupteurs, s'il est possible, doivent être montés sur un même conducteur, qu'il soit positif ou négatif.

Ligatures. — Lorsque l'on procède à une installation, il est souvent nécessaire d'abouter deux fils ensemble. Pour faire ce travail, on les dénude à l'endroit où l'on veut les réunir et après avoir ravivé avec un couteau ou des ciseaux la surface du fil on les raccorde par une torsade ordinaire, mais solide, et on recouvre ensuite de deux ou trois tours de ruban chatertoné la petite ligature.

Pour poser un bouton interrupteur, on commence par dévisser sa partie supérieure. Ensuite, dans un des trous pratiqué d'avance, à l'extrémité de la rainure faite derrière, on passe les fils venant, l'un du pôle positif de la pile et l'autre de la lampe que ce bouton doit actionner, et l'on serre chacune des extrémités des fils sur leurs paillettes respectives. Ceci fait, on fixe le bouton à l'endroit déterminé, avec deux vis ou simplement deux clous ordinaires, et on remet la partie enlevée.

Toutes les fois qu'il est nécessaire d'allumer une lampe d'un point pour l'éteindre d'un autre point et réciproquement, tout en conservant la faculté de pouvoir l'allumer et l'éteindre de l'un quelconque de ces deux points, il faut employer des boutons à trois courants, appelés boutons commutateurs à deux directions.

Piles. — Les piles sont des appareils qui produisent l'électricité sous l'influence de réactions chimiques ou

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

calorifiques. Elles se composent d'un ou plusieurs éléments ou couples.

L'élément de pile la plus simple se compose d'un vase en verre contenant de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique et dans lequel plongent une lame de cuivre et une lame de zinc.

La lame de cuivre est désignée sous le nom de *pôle positif* ou *électrode positive* (+) et la lame de zinc sous le nom de *pôle négatif* ou *électrode négative* (—).

Si l'on réunit les deux pôles d'une pile par deux fils conducteurs, les deux électricités accumulées aux pôles se précipitent à travers le fil à la rencontre l'un de l'autre pour se recombiner et former du fluide neutre ; mais aussitôt l'action chimique charge à nouveau l'appareil, et à chaque instant, de nouvelles quantités d'électricité se combinent à travers les fils conducteurs.

Les *conducteurs* sont des fils métalliques permettant de transporter le courant où cela est nécessaire.

On désigne sous le nom de *circuit électrique* l'ensemble formé par la pile, les conducteurs et les appareils qui utilisent le courant.

Toutes les parties d'un circuit présentent au passage du courant une certaine résistance qui est variable avec la température, la nature et les dimensions du conducteur.

On dit que le circuit est *ouvert* quand il n'existe aucune solution de continuité dans son parcours. Dans ce cas, aucun courant ne le traverse.

On dit que le circuit est *fermé en court circuit* quand les pôles de la pile sont reliés par un conducteur d'une résistance presque nulle.

On dit qu'une pile est *polarisée* quand son courant principal est devenu insensible.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Les piles se composent d'un ou plusieurs éléments qui se groupent en tension ou en quantité.

On les groupe en *tension* (fig. 1) ou en *série* en réu-

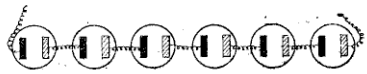


Fig. 1

nissant le positif du premier au négatif du second élément, le positif du second au négatif du troisième élément, et ainsi de suite. Le négatif du premier élément et le positif du dernier seront les pôles négatif et positif de la batterie.

On les groupe en quantité ou en surface en réunis-

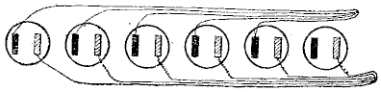


Fig. 2

sant les uns aux autres tous les positifs d'une part et tous les négatifs d'autre part (fig. 2).

La force électromotrice d'une pile montée en quantité est la même que celle d'un élément, tandis que la force électromotrice d'une pile montée en série est proportionnelle au nombre des éléments.

Pour la lumière, les sonneries, les téléphones, on monte les piles en tension. Pour la galvanoplastie, on les monte en quantité.

Pile de Volta ou *pile voltaïque.* — Cette pile inventée par *Volta* en 1800, se compose (fig. 1) d'une suite de disques empilés les uns sur les autres dans l'ordre suivant : un disque de cuivre et un disque de

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

zinc soudé avec le cuivre, puis immédiatement au-dessus de ces deux disques une rondelle de drap imbibée d'eau salée ou acidulée ; au-dessus de cette rondelle un nouveau disque de cuivre et de zinc soudés ensemble, puis une nouvelle rondelle et ainsi de suite, toujours dans le même ordre. La dernière fois, on ne met pas de rondelle de drap. La forme de cette pile la fait encore désigner sous le nom de *pile à colonnes*. Trois colonnes de verre la soutiennent comme cela est représenté sur la figure. Chaque disque en cuivre ou en zinc se désigne sous le nom d'*élément* de la pile, et les éléments de cuivre et de zinc soudés forment les *couples* de la pile.

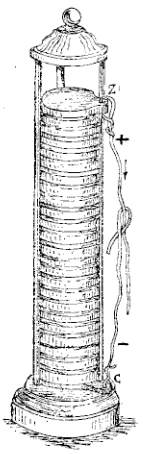


Fig. 1

Le zinc doit avoir une épaisseur plus grande que le cuivre, parce qu'il est attaqué avec beaucoup plus de facilité par les acides que l'on mêle à l'eau.

La pile de Volta est donc terminée d'un côté par un élément cuivre et de l'autre par un élément zinc. Dans cet état :

1° Si la pile communique au sol par son pôle cuivre, elle est chargée positivement, et la tension de l'électricité croît de la base au sommet ;

Si la pile communique au sol par son pôle zinc, elle est chargée négativement, et la tension croît également de la base au sommet ;

3° Si la pile est isolée, elle contiendra simultanément les deux électricités contraires ; la moitié qui correspond à l'extrémité zinc sera électrisée positivement, l'autre moitié négativement. Au milieu, la tension élec-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

trique est nulle, mais à partir de ce point elle croît également des deux côtés jusqu'aux extrémités.

Le grand inconvénient de cette pile, c'est que le poids des disques métalliques fait écouler l'eau acidulée, de sorte que l'action ne peut en être ni forte ni durable.

Pile de Cruikshank. — Cette pile que l'on désigne encore sous le nom de *pile à auges* (fig. 2) est formée d'une caisse ayant la forme d'un rectangle et

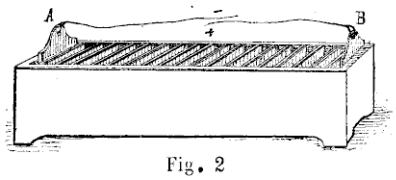


Fig. 2

les éléments qui sont également rectangulaires, sont formés de lames de cuivre et de zinc soudées deux à deux pour former des couples.

On glisse chaque lame dans une rainure faite dans les côtés d'une caisse en bois, ces rainures et le fond sont garnis d'une couche de mastic non conducteur. Les intervalles que laissent entre elles ces plaques sont les auges de la pile. On verse dans ces auges l'eau acidulée par 1/15^{e} d'acide sulfurique ; les deux pôles communiquent entre eux au moyen de deux réophores fixés à deux plaques de cuivre A et B qui plongent dans les auges extrêmes.

L'inconvénient de cette pile est que pour arrêter l'action de l'acide sur le zinc, ce que constitue sa force électromotrice, il faut vider les auges de l'eau acidulée qu'elles contiennent.

Pile de Wollaston. — Cette pile que l'on désigne encore sous le nom de *pile à bocaux* (fig. 3) est une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

modification de la pile de Volta, seulement son avantage et que l'on ne peut ne la mettre en activité que le temps pendant lequel on veut faire usage du courant. AE est une traverse en bois, à laquelle sont attachés tout le système de couples ou d'éléments dont se compose l'appareil.

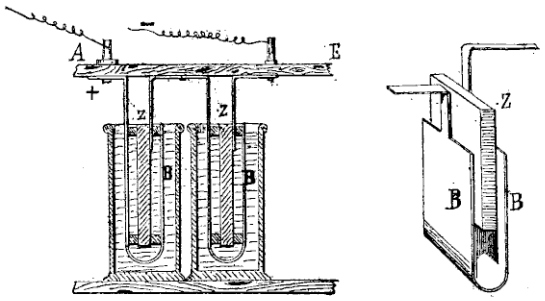


Fig. 3

Le zinc Z de chaque élément se taille en plaque rectangulaire d'une épaisseur de 4 à 5 millimètres sur une hauteur de 20 centimètres et une largeur de 15 On l'enveloppe d'une lame de cuivre BB qui ne doit pas le toucher et qui en est maintenue éloignée par de petits morceaux de liège ou de bois et qui est soudée au zinc suivant. Tous les autres couples sont disposés de la même manière et se succèdent dans le même ordre. Au-dessous de ces couples sont des vases contenant l'eau chargée de 1/16^{e} d'acide sulfurique et 1/20^{e} d'acide azotique.

Pour mettre la pile en action, il est facile de voir qu'il n'y a qu'à baisser la traverse en bois de manière à faire plonger les éléments dans les vases ; pour arrêter l'action, il suffit de la relever.

Pile de Grove. — Cette pile se compose (fig. 4) :

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

1° D'un vase en verre A, contenant de l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique ;

2° D'un cylindre en zinc Z, fendu dans toute sa longueur ;

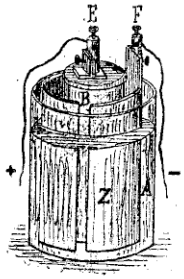


Fig. 4

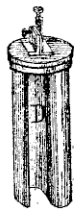


Fig. 5

3° D'un vase poreux B en terre de pipe peu cuite et rempli d'acide azotique ordiaire ;

4° D'une lame de platine D en forme d'S (fig. 5) et fixée à un couvercle qui se pose sur le vase poreux.

La borne E porte un fil de cuivre qui communique avec la lame de platine, c'est l'électrode positive, tandis que la borne F qui est fixée au zinc est l'électrode négative.

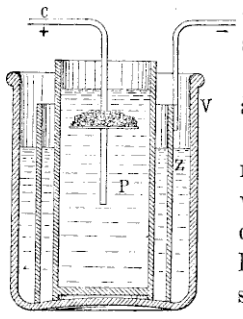


Fig. 6

Cette pile n'est guère employée à cause du prix du platine.

Pile Daniell. — La pile Daniell se compose (fig. 6) d'un vase de verre V que l'on emplit d'eau pure jusqu'aux 2/3 de sa hauteur environ. Dans ce vase se trouve un manchon en zinc Z. Au centre se place un vase de terre poreuse P rempli aux 3/4 d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre. Une

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

tige de cuivre C supportant un petit plateau de cuivre descend dans le vase en terre poreuse.

Sur le plateau, on met quelques cristaux de sulfate de cuivre. Les éléments se plaçent de façon que la lame de cuivre C soit reliée au manchon de zinc de l'élément suivant. Le manchon de zinc du premier élément prend le nom de pôle négatif et la lame de cuivre du dernier élément prend le nom de pôle positif.

La pile Daniell est celle dans laquelle la théorie de la dépolarisation est le mieux réalisée. Cette pile est constante, et malgré qu'elle exige un entretien minutieux, elle est beaucoup utilisée pour actionner les sonneries de disque sur les sections de chemin de fer à voie unique, sur lesquelles le circuit est presque toujours fermé.

Cette pile demande un entretien constant, il faut que le niveau de l'eau dans les vases en verre et celui de la dissolution dans les vases poreux soient bien maintenus aux hauteurs données plus haut, il faut également s'assurer que la saturation est toujours la même.

Lorsque le liquide du vase poreux devient blanc, il faut le remplacer par une dissolution de sulfate de cuivre préparée à l'avance. Cette dissolution doit être saturée ou pour mieux dire elle doit toujours contenir des cristaux non dissous.

La couleur bleue du liquide doit toujours être maintenue pour obtenir le maximum d'effet, ce que l'on obtient en plaçant des cristaux de sulfate de cuivre sur le pletit plateau.

Les sels qui se forment et s'attachent aux parois des vases poreux doivent être enlevés au fur et à mesure, de façon qu'ils ne retombent pas du côté du zinc, ce qui nuit à l'effet et produit une action contraire. Le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fond de la boîte à pile doit être aussi sec que possible.

Une pile bien entretenue peut se conserver pendant six mois et même davantage.

Pile Bunsen.—Cette pile se compose (fig. 7) : 1° d'un vase en verre ou en grès, 2° d'un vase poreux, 3° d'une lame de charbon et d'un zinc amalgamé circulaire.

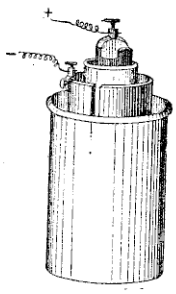


Fig. 7

Dans le vase poreux se place le charbon au sommet duquel se trouve une borne (pôle positif). Dans le grand vase, se place le zinc circulaire qui alors entoure le vase poreux et forme le (pôle négatif). Dans le vase poreux on met de l'acide azotique et dans le vase de verre de l'eau avec un dixième d'acide sulfurique ordinaire. Les deux liquides, dans le vase poreux et dans le vase de verre doivent toujours être à peu près à environ 2 centimètres du bord. La pile Bunsen est très constante et très énergique, sa force électro-motrice est d'environ un volt, 8.

Elle peut servir à charger les accumulateurs, à la galvanoplastie, à la lumière, etc., mais les émanations qu'elle dégage en font rejeter l'emploi dans tous les locaux habités.

Pile Bréguet. — Chaque élément de cette pile (fig. 8) se compose d'un vase en verre, dans lequel plonge une feuille de zinc enroulée en cylindre. Dans ce dernier, se trouve un vase poreux, dans lequel trempe tout simplement un fil de cuivre C portant vers la partie supérieure du cylindre un petit cercle de cuivre destiné à recevoir des cristaux de sulfate de cuivre.

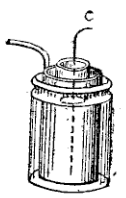


Fig. 8

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

On fait usage de deux liquides : de l'eau dans le vase de verre, sans addition d'acide, et dans le vase poreux, une solution de sulfate de cuivre.

On forme une pile de ce genre avec plusieurs éléments comme on le fait avec les éléments de Daniel ou de Bunsen.

Pile Callaud. — Cette pile (fig. 9) n'est autre que la pile Daniel dans laquelle on a supprimé le vase poreux. Elle se compose d'un cylindre en zinc Z qui possède 3 crochets destinés à le suspendre dans un vase en verre V. L'un des crochets sert d'électrode négative. L'électrode positive est formée au moyen d'une tige de cuivre C entourée d'un tube D, en gutta-percha ou en verre. De plus, cette tige de cuivre est terminée à sa partie inférieure par une plaque de même métal reposant sur le fond du vase V. Il faut garnir le fond de ce dernier avec des cristaux de sulfate de cuivre, verser dessus une dissolution de ce sel et remplir avec de l'eau pure jusqu'à environ 2 centimètres du bord supérieur du zinc.

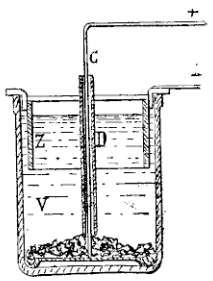


Fig. 9

Pour mettre la pile en action aussitôt son montage, on peut ajouter à la surface de l'eau pure quelques gouttes d'acide sulfurique. Cette pile est très avantageuse si on a besoin d'un courant constant.

L'eau qui baigne le zinc doit être versée avec beaucoup de précaution afin qu'elle ne se mélange pas avec la dissolution de sulfate de cuivre, le fonctionnement de la pile reposant sur la différence de densité des deux liquides.

Quand tous les cristaux de sulfate de cuivre sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

fondus, il suffit d'en ajouter une nouvelle quantité, en les laissant tomber doucement dans le vase en verre afin d'éviter autant que possible le mélange de l'eau et de la dissolution placée au-dessous.

Pile Callaud modifiée. (Système *Cabaret*). — Chaque élément de cette pile se compose : 1° d'un vase en verre A, enduit de paraffine à sa partie supérieure ; 2° d'un cylindre en zinc Z, fendu dans toute sa longueur et possédant des crochets pour le suspendre à la partie supérieure du vase ; 3° d'un tube en plomb T placé au centre du vase et dont l'extrémité inférieure est entaillée comme l'indique la (fig. 10) de façon à former pied, sa partie supérieure doit être paraffinée sans aller jusqu'à la base.

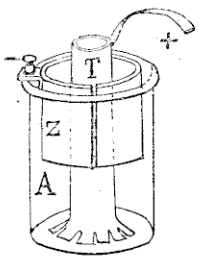


Fig. 10

Le montage se fait en reliant la lame de plomb d'un élément au zinc de l'élément suivant et ainsi de suite.

Pour charger l'élément, on emplit le tube en plomb de cristaux de sulfate de cuivre, et on met également quelques cristaux dans le fond du vase en verre, puis on termine en versant de l'eau dans ce tube en plomb, jusqu'à environ les 3/4 de la hauteur du zinc.

Au bout de 20 à 24 heures, la pile est complètement en action en ayant soin toutefois de relier les éléments en court circuit.

Pour entretenir cette pile, il suffit d'ajouter de temps à autre quelques cristaux de sulfate de cuivre dans le tube en plomb et un peu d'eau dans le vase A lorsque le niveau vient à baisser par suite de l'évaporation.

Au bout de quelques mois d'usage, on laisse la matière de la pile s'épuiser, ou pour mieux dire, on n'ajoute plus de cristaux.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Quand la couleur bleue du liquide inférieur a disparu, la pile ne donne plus de courant, il faut jeter le liquide, démonter et nettoyer le tout Il faut avoir le soin de ne jamais remuer cette pile lorsqu'elle est montée, son fonctionnement reposant sur la différence de densité des liquides.

Pile Meidenger, ou pile à ballon. — Cette pile, (fig. 11) qui n'est qu'une modification de la pile Daniel se compose d'un vase en verre A dans lequel plonge un cylindre en zinc Z, maintenu comme l'indique la figure, ou suspendu par des crochets en cuivre ou en bois. Au fond du vase A, s'en trouve un autre plus petit B, qui contient une feuille de cuivre roulée en spirale, laquelle communique avec l'extérieur par un fil de cuivre recouvert de gutta-percha. Le vase A se remplit d'une dissolution de sulfate de magnésie et dans un ballon en verre C renversé, on place du sulfate de cuivre en cristaux. Le sulfate se dissout peu à peu, baigne le ruban en cuivre, mais ne remonte pas jusqu'au zinc, la densité des deux solutions étant différente. Le sulfate de magnésie que l'on ajoute à l eau a pour but d'augmenter la conductibilité du liquide, ce que ne ferait pas l'acide sulfurique. Les stalactites de cuivre réduit qui se forment après le zinc n'ont aucun inconvénient, car elles viennent tomber autour du vase B et ne peuvent par conséquent pas fermer la pile sur elle-même.

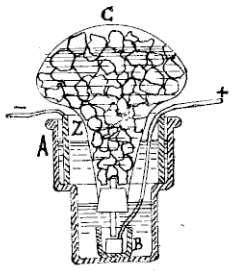


Fig. 11

Pour entretenir cette pile, il n'y a qu'à renouveler les cristaux de sulfate de cuivre contenus dans le ballon en verre. Quand l'on a à faire ce renouvellement,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

il faut démonter entièrement la pile, la nettoyer et remplacer les zincs s'ils sont usés.

Pile bouteille.—Cette pile (fig. 12) se compose d'un récipient en verre, ou plutôt un ballon à col, fermé par un couvercle qui porte une armature composée de deux lames de charbon et d'un zinc mobile, qu'on peut plonger plus ou moins dans le liquide.

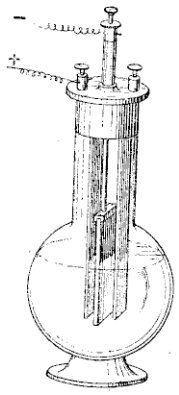


Fig. 12

Le ballon se remplit d'une solution formée de : 1/10 d'acide sulfurique 9/10 d'eau et 50 grammes de bichromate de potasse par litre d'eau employé.

Cette pile se met en marche en baissant le zinc. Au commencement, quand le liquide est nouveau, on l'enfonce d'environ 1/3 de sa longueur, cela est suffisant, puis ensuite, on le baisse peu à peu à mesure que le courant diminue d'intensité. Il faut avoir soin d'agiter de temps à autre le liquide pour éviter la formation de cristaux sur le charbon.

Cette pile possède beaucoup d'énergie, mais sa durée est assez courte; aussi son emploi se borne-t-il aux bobines de Ruhmkorff, aux petits moteurs, aux électro-médicaux, à la galvanoplastie, s'il ne s'agit que d'une petite reproduction, etc.

Pile au bichromate à grande surface. — Cette pile se compose d'un vase de verre dans lequel se trouve un vase poreux.

Dans le vase de verre, on place une lame de charbon au sommet de laquelle se trouve une borne (pôle positif) et l'espace resté libre se remplit avec du charbon de cornue concassé, ou même, ce qui est bien meilleur,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

on entoure le vase poreux de 5 à 6 lames de charbon qui forment une couronne, et qui sont réunies les unes aux autres au moyen d'une bande de cuivre rouge et de petits boulons.

Dans le vase poreux, se place une lame de zinc amalgamé, au sommet de laquelle se trouve également une borne (pôle négatif). La solution de 1/10 d'acide sulfurique et 9/10 d'eau se verse dans le vase de verre et dans le vase poreux.

Pour une pile de 1 litre, on fait dissoudre 50 grammes de bichromate de potasse dans un peu d'eau chaude, la solution ainsi obtenue se verse ensuite dans le vase de verre.

Cette pile qui est très constante, ne s'use que pendant son action directe ; sa force électro-motrice est de 2 volts.

Elle peut servir à charger les accumulateurs, à la galvanoplastie, à la lumière, etc.

Contrairement à ce que l'on peut croire, ce n'est pas en augmentant les dimensions d'une pile, qu'on peut augmenter sa force électro-motrice, on obtiendra un plus grand nombre d'ampères, mais son énergie ne changera pas. Ainsi, avec une batterie de 5 piles d'un litre chacune, accouplées en tension, on peut obtenir un éclairage d'une lampe de 10 volts, si les piles ont 2 litres, on pourra obtenir un éclairage avec deux lampes de 10 volts, mais pas avec des lampes d'un voltage au-dessus de 10 volts.

On remplace avec avantage le bichromate de potasse par du bichromate de soude. Celui-ci est du reste d'un prix bien moins élevé que le bichromate de potasse. La dissolution placée dans le grand vase sera saturée. Il est même bon de mettre quelques cristaux qui se dissoudront au fur et à mesure de l'usure de la pile.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pile au sel ammoniac appelée pile *Leclanché.* — Cette pile se compose (fig. 13), 1° d'un vase de verre, 2° d'un vase poreux, contenant un mélange par volume égal, de péroxyde de manganèse et de charbon de cornue concassé, fermé par de la cire. Au milieu de ce vase, se trouve une plaque de charbon de cornue ou de charbon aggloméré terminée par un serre-fils qui sert de pôle positif ; 3° un crayon de zinc amalgamé qui sert de pôle négatif.

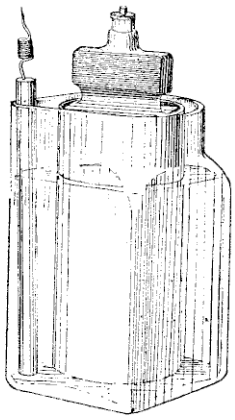


Fig. 13

Pour monter cette pile, on met le vase poreux au centre du vase de verre, on place le crayon de zinc également dans le vase de verre à côté du vase poreux, on ajoute alors dans le vase en verre, le volume d'eau qui convient, environ les 3/4 de la hauteur du vase et on y fait dissoudre suivant la grandeur de la pile, de 50 à 200 grammes de sel ammoniac.

Il ne faut pas dépasser cette quantité de sel, ni d'eau, pour éviter les sels grimpants, qui viendraient oxyder les bornes et par suite arrêter le courant.

Il faut avoir soin également, dans n'importe quel genre de pile, d'entretenir les bornes très propres, l'oxyde étant très mauvais conducteur de l'électricité. Les bornes non suffisamment oxydées, pour arrêter complètement le courant, absorbent néanmoins une notable partie de sa force.

Une autre pile Leclanché est celle *à plaques de peroxyde de manganèse aggloméré* (fig. 14). La réaction chimique de cette dernière est absolument la même

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que celle de la pile à vase poreux. Cette pile a été créée dans le but d'augmenter le rendement électrique, de diminuer la résistance intérieure des éléments et de faciliter leur renouvellement. Le pôle positif de cette pile se compose d'une lame de charbon pareille à celle des vases poreux à laquelle on accole, au moyen de bracelets de caoutchouc, une ou plusieurs plaques agglomérées, composées d'un mélange fortement comprimé de charbon et de péroxyde de manganèse.

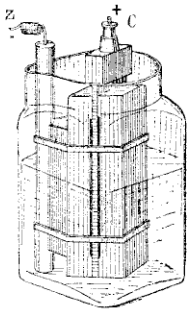


Fig. 14

Le pôle négatif et le reste de l'élément ne diffèrent pas sensiblement des organes correspondants de la pile à vases poreux. Cependant, on monte souvent les éléments à plaques avec des zincs à grande surface, entourant complètement le pôle positif, on obtient ainsi des piles de faible résistance, capables de fournir des courants intermittents de grande intensité.

Les usages de ces piles se bornent à la télégraphie, au téléphone, aux sonneries électriques et aux usages de la marine.

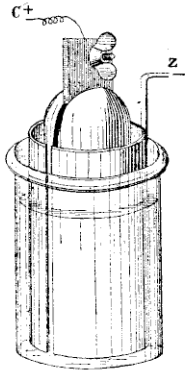


Fig. 15

Pile au sel ammoniac à grandes surfaces (fig. 15).— Cette pile est appelée à rendre de grands services pour l'éclairage intermittent, sa différence avec la première consiste principalement par le zinc, qui au lieu d'être un simple crayon, est une plaque circulaire entourant le vase poreux, duquel elle est légèrement séparée par deux rondelles en caoutchouc. Le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

vase en porcelaine poreuse peut être remplacé par un sac en grosse toile et même ce qui vaut mieux, par des vases poreux en charbon *Goodwin*.

Son emploi est le même que pour les précédentes, mais sa plus grande constance la fait surtout utiliser pour l'éclairage intermittent.

Sa force électro-motrice est de 1 volt 5.

Pile Radiguet. — Je tiens à donner la description de la pile *Radiguet*, le constructeur bien connu, qui s'est fait une réputation bien méritée en mettant à la portée des travailleurs de toutes les classes une série d'appareils qui leur permettent de se livrer facilement aux études scientifiques, et moi le premier, je ne crains pas de le dire, j'ai eu bien souvent recours à son expérience.

Cette pile (fig. 16) vient d'être récemment soumise à

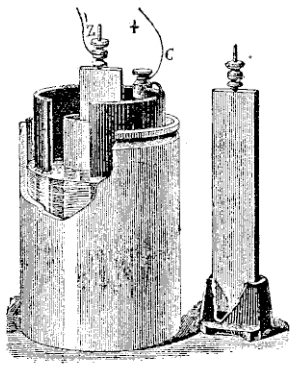


Fig. 16

de nouveaux perfectionnements qui en font un appareil rès pratique.

Elle se compose : d'un vase extérieur en grès émaillé de bonne qualité, contenant une dissolution concentrée,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

acide, de bichromate de soude, d'un cylindre de charbon dont la tête est paraffinée, au milieu duquel est placé un vase poreux dont la tête et le fond sont aussi paraffinés. Ce vase poreux contient l'eau acidulée avec de l'acide sulfurique au 1/10° en volume. Le zinc, qu'il contient également, y reste constamment immergé ; sa partie inférieure baigne constamment dans du mercure contenu dans une cuvette dont les surfaces extérieures sont inclinées. Cette cuvette a une importance capitale et c'est grâce à elle que le zinc peut rester immergé sans usure, à circuit ouvert.

Si l'on se contente de verser du mercure dans le fond des vases poreux, outre qu'il en faut une grande quantité par suite de la forme convexe du fond, on remarque que rapidement après quelques heures de fonctionnement, le mercure se couvre de sulfate de zinc et que cette espèce de crasse finit par adhérer au zinc et au mercure et couvre complètement ce dernier. A la place où le zinc et le mercure sont en contact, il se produit une espèce de soudure qui supprime complètement tout contact entre le zinc et le mercure et par cela même empêche le mercure de monter dans les pores du zinc. La cuvette de M. Radiguet remédie à cet inconvénient ; le sulfate de zinc formé glissant sur les surfaces extérieures, le mercure reste propre et en contact constant avec le zinc.

L'eau acidulée des vases poreux est changée tous les quinze jours, soit après 7 à 8 heures d'éclairage. Le même bichromate peut servir pour quatre charges du vase poreux, soit 30 heures environ, les lampes ne dépensant qu'un ampère.

Le système d'éclairage fait avec six éléments de cette pile et que je recommande, permet de faire fonctionner des lampes à incandescence de 3 bougies.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pile primaire Rousseau (pour éclairage domestique). — Cette pile (fig. 17) est au sulfate de cuivre, sans écoulement continu, le seul écoulement d'une quinzaine de litres par jour est nécessité par la charge d'un sabot mobile qui fait changer le commutateur de charge des accumulateurs, lesquels se chargent consécutivement et de deux en deux alternativement.

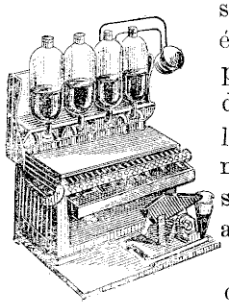


Fig. 17

Ainsi une pile de 8 éléments à laquelle sont adjoints 8 accumulateurs donne 30 heures d'éclairage d'une lampe de 6 à 8 bougies, soit 5 lampes pendant 6 heures ou 10 lampes pendant 3 heures.

Les nouveaux accumulateurs du système Rousseau (page 15) adjoints à ces piles sont d'une contenance de 70 ampères, de sorte que si l'on ne dépense pas tout l'éclairage fourni par les piles le même jour, on peut dépenser le surplus emmagasiné les jours suivants.

Cette pile consomme de 3 kilogrammes à 3 k. 500 de sulfate de cuivre par jour et les zincs durent de 12 à 15 jours; le cuivre chimiquement pur produit par la pile paie à peu près la dépense du zinc. L'entretien de cette pile ne demande que 25 à 30 minutes chaque jour, tant pour remplir les bouteilles de sulfate que pour purger les éléments au moyen d'un système des plus simples et des plus faciles.

La dépense d'éclairage est de 8 à 10 centimes par heure et par lampe.

Avec le sulfate de cuivre, les inconvénients du bichromate n'existent pas et l'excédent de liquide provenant du sulfate de cuivre et du sulfate de zinc, lesquelles ne se mélangent pas dans les piles, et en sont

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

expulsés séparément, constituent au contraire des antiseptiques utiles.

Pile Crosse.— Dans cette pile, au lieu des plaques accessoires usuelles, dont les praticiens connaissent les nombreux inconvénients, cette électrode est formée d'une sorte de sac tubulaire à minces parois, tout en plomb, rempli de granules ou débris de charbon de cornue tassés. Des trous percés dans les parois assurent la circulation du liquide dépolarisant à travers la masse de charbon. Une lame de plomb soudée par fusion aux parois du sac, constitue à la fois un rhéophore indestructible et une poignée commode : à son extrémité est fixée une borne serre-fil.

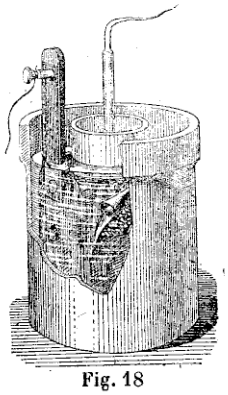


Fig. 18

La figure 18 montre la disposition générale d'un couple avec vase en grès, contenant dans le compartiment extérieur, le positif baigné par le mélange chromique; au centre, le vase poreux garni d'eau acidulée dans laquelle plonge le zinc.

Sa force électro-motrice effective est de 2 volts. Sa résistance intérieure est très faible relativement au format des couples, ce qui tient à la surface considérable développée par l'électrode conductrice. C'est aussi cette grande surface qui contribue à rendre la pile d'une constance remarquable et telle que le plus petit couple peut soutenir un débit de 1 ampère d'une manière continue, jusqu'à épuisement complet.

Pour charger ces piles, il suffit de mettre dans le vase en grès une quantité de cristaux de bichromate

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de soude, le volume d'eau, puis celui d'acide sulfurique, la pile est aussitôt en fonction.

Le débit se règle d'après l'acidulation de l'eau contenue dans le vase poreux.

Composition des liquides par litre d'eau :

Vase extérieur	bichromate de soude. . . .	200 gr.
	acide sulfurique ordinaire .	600 —
Vase poreux. — Acide sulfurique ordinaire. .		70 —

Pour une charge du vase extérieur, la charge du vase poreux doit être changée deux fois.

Parmi les piles encore en usage, je citerai, comme mémoire, les piles au *sulfate de mercure,* à *oxydes, chlorochromique,* de *Lalande* et *Chaperon,* de *Plante,* de *Duchemin,* de *Carré,* de *Delaurier,* de *Maiche,* à *chlorures, thermo-électriques,* etc.

Piles sèches. — On donne ce nom aux piles qui fonctionnent sans le secours d'aucun liquide.

La principale pile sèche est celle de *Zamboni.* Pour construire cette pile, on prend une feuille de papier étamée sur une face, et sur l'autre, avec de la colle de pâte, on fixe du bioxyde de manganèse. Superposant 7 ou 8 ou plus de ces feuilles, on les découpe au moyen d'un emporte-pièce en petits disques de 25 à 30 millimètres de diamètre que l'on superpose dans le même ordre de façon que l'étain de chaque disque soit en contact avec le manganèse du suivant. Ayant ainsi empilé 1.000 à 2.000 couples et plus si on veut, on termine la pile, à chaque bout par un disque de cuivre et l'on serre très fortement tout le système avec des fils de soie, pour établir les contacts. C'est au disque de cuivre en contact avec le manganèse que correspond le pôle positif ; au disque de l'autre extrémité, c'est-à-dire au pôle étain, est le pôle négatif. Cette pile n'a pas assez de force pour donner une étincelle ou une com-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

motion, mais elle est remarquable par la durée de son action qui peut durer plusieurs années.

Je citerai comme mémoire la pile sèche, imaginée par M. *Thiébaut*, contrôleur du télégraphe à la Compagnie des chemins de fer de l'Est et la pile *Leclanché-Barbier*. Cette dernière comme rendement électrique et comme durée est comparable aux éléments à liquide du même système montés avec les pôles positifs de même grandeur. Elle se trouve dans le commerce prête à fonctionner sans liquide. Élle est applicable à des services pour lesquels l'usage des piles ordinaires serait impossible ou au moins difficile, malpropre et coûteux; son entretien est nul jusqu'à épuisement, quoique la durée soit égale, et de plus elle peut fonctionner dans toutes les positions. Son emploi est donc tout indiqué pour l'intercommunication des trains, la télégraphie et la téléphonie militaire, la marine et chaque fois, en un mot, que l'épanchement du liquide est à craindre.

Pôle. — (Voir *Aimants et Piles*).

Positif (Voir *Piles*).

Propriétés des divers métaux composant les conducteurs. — *Cuivre*. — Densité 8,9 à 9 grammes-masse par centimètre cube. Charge de rupture 27 kilogrammes par millimètre carré. Poids en kilogramme $= 6{,}9\ d^2$ (d diamètre en millimètres).

Diamètre du fil pesant p kilogrammes par kilomètre $d = \sqrt{0{,}1434\ p}$.

La résistance du cuivre varie considérablement suivant sa provenance et sa pureté. La conductibilité du cuivre pur étant 100, on trouve, d'après *Matthiessen*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

les abaissements de conductibilité indiqués par le tableau suivant :

Pour pouvoir exprimer la résistance d'un cuivre quelconque par comparaison avec le cuivre pur de Matthiessen, je rappelle que ce dernier a une résistance spécifique de 1,597 microhms-centimètres, légaux à 0°, soit pratiquement 1,6. Comparé à cet étalon, on trouve couramment dans le commerce du cuivre ayant 105 % de conductibilité.

SUBSTANCES ALLIÉES au cuivre pur en 0/0		TEMPÉRATURES	CONDUCTIBILITÉ Cuivre pur=100
Carbone	0,5	18°,3	77,87
Soufre	0,18	19 ,4	92,08
Phosphore	0,13	20 ,	70,34
	0,95	22 ,1	24,16
	2,5	17 ,5	7,52
Arsenic	traces	19 ,7	60,08
	2,8	19 ,3	13,66
	5,4	16 ,8	6,42
Zinc	traces	19 ,0	88,41
	1,6	16 ,8	79,37
	3,2	10 ,3	59,23
Fer	0,48	11 ,2	35,92
	1,68	13 ,1	28,01
Etain	1,33	16 ,8	50,44
	2,52	17 ,1	33,93
	4,9	14 ,4	20,24
Argent	1,22	20 ,7	90,34
	2,45	19 ,7	82,52
Or	2,5	18 ,1	67,94
Aluminium	10,0	14 ,0	12,68

Certaines substances rendent le cuivre plus résistant au point de vue mécanique, comme le phosphore et le

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

silicium. Cette propriété est utilisée dans les canalisations aériennes, pour combiner la résistance mécanique avec la conductibilité suivant l'emploi auquel on destine la ligne.

Fer. — Densité : 7,8 ; charge de rupture : 40 kilogrammes par millimètre carré recuit, 60 kilogrammes par millimètre carré non recuit ; augmentation de résistance électrique avec la température : 0,0063 par degré centigrade.

Résistance spécifique : 9,75 microhms-centimètres pour le fer pur ; 9,9 pour le fer du commerce. La résistance à t' degrés centigrade se déduit de celle à t par la formule :

$$R_{t'} = R_t\ (1{,}0048)^{t'-t}.$$

La résistance d'un fil de diamètre d en millimètres, est $r = \frac{121{,}5}{d^2}$ ohms.

Poids moyen d'un fil de 4 millimètres : 100 kilogrammes par kilomètre ; résistance à 0° centigrade : 9 ohms par kilomètre.

Acier. — *Acier Bessemer* galvanisé : conductibilité, 13 % ; charge de rupture, 40 kilogrammes par millimètre carré. *Acier Martin-Siemens* : conductibilité, 12 % ; charge de rupture, 42 kilogrammes par millimètre carré.

Ferro-nickel. — Type 4 X : résistance spécifique à 0° centigrade (recuit), 78,3 microhms-centimètres ; charge de rupture, 70 à 90 kilogrammes par millimètre carré ; densité, 8,34 ; coefficient de température pour la résistance entre 0 et 80° centigrades, 0,00093.

Acier manganésifère. — Renfermant 0,85 % de carbone et 13,75 % de manganèse ; résistance spécifique, 75 microhms-centimètres ; coefficient de température, 0,00136 ; densité, 7,8.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Nickeline. — Résistance spécifique, 45 microhms-centimètres ; coefficient de température, 0,0019 à 0,0028.

Bronze chromé. — *Pour lignes télégraphiques :* conductibilité, 98,5 % ; charge de rupture, 45 kilogrammes par millimètre carré.

Pour lignes téléphoniques : conductibilité, 34 % ; charge de rupture, 75 kilogrammes par millimètre carré.

Pour les longues portées, on adopte : conductibilité, 20 % ; charge de rupture, 100 kilogrammes par millimètre carré.

Bronze phosphoreux. — Alliage employé pour lignes téléphoniques et télégraphiques : diamètre variant de 0,8 à 1,1 millimètre ; poids kilométrique, 4,5 à 8 kilogrammes. Les portées peuvent atteindre 400 à 500 mètres. Résistance spécifique : 1,73 microhms-centimètres à 0° centigrade, résistant à 45 kilogrammes par millimètre carré.

Bronze siliceux. — *Pour lignes télégraphiques :* conductibilité, 80 à 99 % ; charge de rupture, 45 à 58 kilogrammes par millimètre carré.

Pour les lignes téléphoniques. — Conductibilité, de 21 à 43 % ; charge de rupture, de 80 à 115 kilogrammes par millimètre carré.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Propriétés des mélanges d'eau et d'acide sulfurique.

à 17° C. (G. Roux, 1889).

Volumes d'eau mélangés à 1 volume d'acide	Degré Baumé	Densité	Poids en gramme d'acide par litre	Quantité 0/0 en poids d'acide normal	Résistance spécifiq. en ohms cm.	f. e. m. d'un accumulateur Planté en volts
4	26,2	1,222	390	31,97	0,825	2,105
4,5	24,0	1,200	355	29,4	0,853	2,085
5	22,3	1,183	320	27,1	0,882	2,065
5,5	20,7	1,167	296	25,4	0,911	2,050
6	19,7	1,157	270	23,4	0,940	2,035
6,5	18,7	1,149	253	22,0	0,970	2,022
7	17,8	1,141	236	20,7	1,010	2,010
7,5	17,0	1,134	223	19,7	1,040	2,000
8	16,2	1,128	210	18,8	1,072	1,992
8,5	15,3	1,120	200	18,0	1,095	»
9	14,7	2,113	190	17,2	1,125	»

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

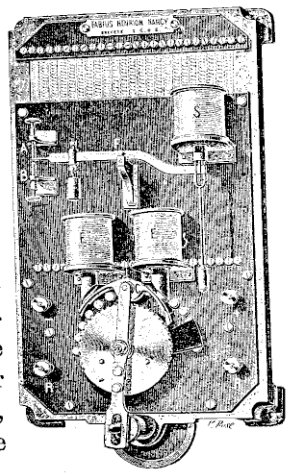
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

R

Régulateur. — (Voir *Eclairage électrique industriel*).

Régulateur automatique Fabius Henrion. — Les machines dites Compound se règlent automatiquement quand le nombre des lampes varie, la vitesse du moteur restant constante.

Pour corriger les variations de lumière que peut amener la variation du moteur, une bonne installation doit comprendre un régulateur que l'on manœuvre généralement à la main. Ce régulateur permet d'intercaler une longueur variable de fil résistant dans le circuit d'excitation de la machine.



Mais il est des cas où l'irrégularité du moteur nécessiterait la présence constante d'un homme pour manœuvrer ce régulateur, et, malgré cela, l'éclairage serait intolérable parce qu'il subirait des variations continues.

Le régulateur automatique Henrion a permis d'installer la lumière électrique dans les usines où la force motrice subit les plus grandes irrégularités, telles que les râperies de bois, les tissages mus par les moteurs hydrauliques, les papeteries, etc.

Description. — Un double cliquet est animé par

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une transmission mécanique, d'un mouvement de va et vient sur deux roues dentées en sens inverse, solidaires l'une de l'autre.

Un fléau horizontal F porte à l'une de ses extrémités une tige en fer doux qui peut être aspirée par un solénoïde S. Cette attraction est contrebalancée par un curseur mobile, de telle sorte que, dans une marche normale, le fléau oscille entre deux pointes A et B. Le fléau est relié à l'un des pôles de la machine. Si la tension varie, il vient buter contre A ou B, et fait passer un courant dans l'un ou l'autre des électros E, E'. Cet ensemble constitue un véritable relai.

Le double cliquet C attiré par l'un ou l'autre de ces électros, bascule à droite ou à gauche.

Il peut alors agir sur l'une ou l'autre des deux roues dentées.

Suivant que l'une ou l'autre de ces roues est en mouvement, une manette fixée en leur centre se déplace sur les touches d'une résistance variable, placée sur le circuit d'excitation de la machine.

Cette résistance se trouve ainsi réglée automatiquement, de façon à maintenir la tension constante malgré les variations de vitesse.

Le relai peut être construit, comme les voltmètres à enroulement différentiel, afin de régler une tension constante en un point donné d'une canalisation, sans avoir besoin pour cela des fils de retour.

Avertisseur de maximum et minimum de tension. — Le relai de régulateur automatique est utilisé pour actionner deux sonneries de timbres différents, dont l'une signale un minimum et l'autre un maximum de tension.

Les sonneries peuvent être remplacées par deux lampes à incandescence, l'une bleue, l'autre rouge. Suivant

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

que l'une ou l'autre s'allume, on reconnaît que le minimum ou le maximum de tension est atteint.

On peut d'ailleurs conserver à la fois les deux systèmes d'indicateurs, optique (lampes bleue et rouge), et électrique (sonneries).

Rhéophores. – Les fils métalliques qui sont ordinairement en cuivre, fixés l'un au pôle positif, l'autre au pôle négatif d'une pile, sont appelés *rhéophores* mot qui veut dire *porte-courants.*

Rhéostat. — Le rhéostat est un appareil qui sert à modifier l'intensité des courants et à la rendre constante. (Voir *Régulateur automatique Fabius Henrion*).

Robinet électrique système Née. — Ce mode d'allumage, qu'il m'a été donné d'apprécier, est d'un fonctionnement certain ; aucune réparation n'est à craindre, tout fil de platine est supprimé. L'allumage est assuré par une étincelle d'extra-courant obtenue

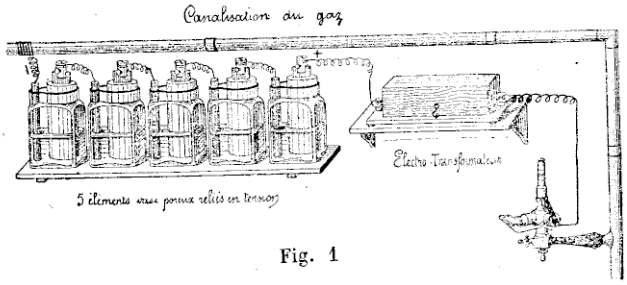


Fig. 1

par la rupture du circuit dans une bobine dite *électro-transformateur.* L'installation (fig. 1) est très simple : le fil zinc de la pile est relié à la canalisation du gaz

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

une fois pour toutes. Le fil charbon est attaché à l'une des bornes du transformateur, à l'autre borne est attaché le fil qui va aux robinets, où il est relié à la lame d'acier que l'on voit à droite de la figure 2. Cette lame isolée de la masse du robinet est rencontrée à chaque mouvement d'ouverture par le crochet fixé dans la clé.

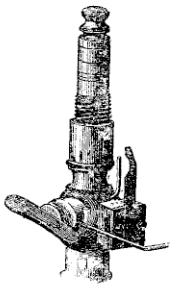


Fig. 2

Un tube capillaire, soudé sur la boule du robinet, devant le ressort, donne issue à une petite fuite de gaz au moment où le crochet, abandonnant le ressort, donne lieu à l'étincelle de rupture, la fuite s'allume, monte et enflamme le bec. Cette fuite est éteinte, lorsque le robinet est ouvert. Pour régler la flamme, il suffit de continuer la course dans le sens de l'ouverture du robinet.

Chaque robinet porte sur la clé, une pièce en cuivre dite commutateur pour empêcher tout faux contact.

Avec ce système d'allumage, tout échappement de gaz non brûlé est évité. Economie de temps et plus d'incendie à craindre avec allumettes, papier, etc. La pose en est facile et peu coûteuse et peut s'adapter sans difficulté à tous les appareils à gaz, c'est pourquoi j'ai tenu à le signaler.

Une batterie de 5 éléments Leclanché et l'électro-transformateur, comme le représente la figure 1, suffisent pour allumer un nombre indéterminé de becs.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Qualités mécaniques et électriques de divers types de conducteurs pour lignes aériennes

(R.-V. Picou).

Conducteur employé	Charge de rupture en kg. par mm²	Résistance électrique pour 1 km. de longueur et 1 mm. de diamètre	Conductibilité relative
		ohms	
Cuivre type.....	28	20,57	100
Cuivre siliceux télégraphique N° 1.....	45	21,28	97
Cuivre siliceux télégraphique N° 2.....	56,5	25,70	80
Cuivre siliceux téléphonique N° 1.....	75	48,98	43
Cuivre siliceux téléphonique N° 2.....	82	65	32
Cuivre siliceux téléphonique N° 3.....	112,5	97,95	20
Bronze chromé télégraphique	45	20,88	98,5
— — téléphonique.	75	61	34
Bronze phosphoreux téléphonique.....	72	78	26
Fil bi-métallique (cuivre et fer).....	47	40	51,5
Fer de Suède galvanisé....	36	135,2	16
Acier Bessemer »	40	156	13
Acier Martin Siemens....	42	166,8	12

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

S

Self-Induction et Induction mutuelle. — 1° *Induction mutuelle.* Lorsque deux circuits A et B sont en présence et que l'un d'eux A est parcouru par un courant variable, le flux engendré par ce dernier traversera en tout ou partie le circuit B (suivant leurs positions relatives) et y engendrera un courant induit. On dit que le circuit A agit par *induction mutuelle* sur le circuit B. Le coefficient d'induction mutuelle L_m du système des deux circuits sera le rapport du flux de force embrassé par B à l'intensité du courant qui circule dans A.

2° *Self-induction.* Le phénomène de self-induction est tout à fait analogue au précédent.

La pénétration du flux induit à travers le circuit même qui lui donne naissance, crée une force électromotrice de sens contraire à celle qui produit la circulation du courant dans le circuit. Cette f. e. m. se nomme *force contre-électro-motrice de self-induction.* Le coefficient de self-induction L_s sera le rapport du flux de force total produit par le circuit à l'intensité du courant qui y circule; cette définition n'est vraie que si le circuit est plongé dans un milieu à perméabilité constante.

Shunt. (Voir *Inducteurs* (*Enroulement des*).

Soins à donner au matériel électrique. — *Moteurs.* — Visiter constamment toutes les parties frottantes. Supprimer les jeux. Démonter souvent l'obturateur et la lanterne du régulateur pour les nettoyer à l'essence.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Dynamos. — Soins à donner aux balais : Les balais doivent avoir exactement la même longueur, de la pointe à la boîte du porte-balai. Ils doivent être bien serrés sur le porte-balai. On ne doit pas laisser prendre au biseau, produit par l'usure, une trop grande largeur. L'angle du balai et du collecteur doit par suite être très appréciable. Quand le méplat est trop large, il est nécessaire de former à la lime un nouveau biseau convenable. Si pour une cause quelconque, le biseau des balais se noircit ou se soude, il est convenable de le réparer de suite.

Soins à donner au collecteur. — Le collecteur doit toujours être tenu en bon état de propreté, soit avec un linge sec, soit avec un linge légèrement imbibé d'alcool, soit enfin, s'il faut une action plus énergique, en le frottant en marche avec du papier de verre. Les isolants entre les lames du collecteur étant en matière organique, il ne faut, sous aucun prétexte, graisser ou huiler le collecteur, de telle façon que l'huile imprègne cette matière organique.

Soins à donner aux planchettes d'accouplement. — Il est utile de vérifier le serrage parfait des diverses bornes de la machine, de façon à assurer les contacts métalliques nécessaires. Le contact de la fiche de mise en marche doit notamment être tenu en bon état. Quand on enlève la fiche en marche, il se produit souvent un petit arc dans le trou. Pour le faire disparaître il suffit de le souffler légèrement.

Graissage des Paliers. — Le graissage doit être toujours parfaitement assuré ; la canalisation qui assure l'écoulement dans les paliers, la circulation et la sortie de l'huile ou de la graisse doivent être tenues bien libres et en bon état, sous peine d'échauffement imprévu.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Soins à donner au montage après un certain temps de marche. — Vérifier que les chaises et les paliers ne se sont pas légèrement déplacés par rapport aux flasques ; que l'induit n'a pas été déformé par un choc violent. Constater que l'arbre tourne bien librement. Comme l'induit est très léger, on doit pouvoir le lancer à la main à une vitesse un peu grande. Il doit alors tourner pendant un temps notable de quelques dizaines de secondes.

Réglage de l'induit d'une dynamo Desroziers.

L'induit Desroziers ayant la forme d'un disque, dont le seul mouvement est une rotation dans son plan, le constructeur a été conduit à disposer les électros inducteurs sur deux couronnes fixes, de telle sorte que les épanouissements polaires embrassent presque entièrement la surface du disque et en soient aussi rapprochés que possible.

Des dispositions spéciales permettent, dans la suite, de retrouver les conditions géométriques du montage, si l'usure inégale des coussinets, un déserrage imprévu ou un grattage, conséquence d'un grippement, tendaient à modifier les conditions essentielles de bon entretien de la dynamo.

Ces conditions sont :

1° Partage égal des deux côtés de l'induit du jeu laissé entre le disque induit et les surfaces des épanouissements polaires ;

2° Coïncidence exacte de l'axe de l'induit avec l'axe des couronnes d'épanouissements du système inducteur.

Vérification de la bonne position de l'induit.

Pour vérifier que le jeu de l'induit dans l'entrefer est bien également partagé, il suffit de préparer une cale en bois, de telle sorte qu'elle pénètre exactement,

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au repos, entre un épanouissement quelconque et la surface d'induit qui lui fait face. On fait alors tourner à la main l'induit et on constate que la cale représente bien exactement l'écart pour toutes les positions de l'induit ; on fait la même vérification pour le côté opposé, et la même épaisseur de cale doit pouvoir servir à cette opération.

Pour vérifier la position de l'axe de l'induit par rapport à l'axe du système inducteur, il suffit de recommencer l'expérience ci-dessus, mais dans le but de vérifier l'écart entre le bord d'un épanouissement polaire et la couronne en carton, support du fil induit, puis entre cette couronne et le bord de l'épanouissement diamétralement opposé. Pour vérifier si l'écart entre l'induit et les pièces polaires est normal, il suffit de vérifier cet écart par un moyen géométrique quelconque pour diverses positions et en divers points. Cet écart doit être sensiblement le même en tous points. Suivant les variations de cet écart, il y aurait lieu de dégauchir les paliers par rapport aux flasques, ou de pousser l'induit vers un palier ou vers l'autre.

Réglage de l'induit. — Dans le cas où la première vérification indique un déplacement de l'induit, parallèlement à l'arbre, il y a lieu de ramener l'induit dans la position géométrique qu'il doit occuper. A cet effet, on remarquera que :

La portée de l'arbre ; côté accouplement, a du jeu dans son coussinet et peut, au besoin, permettre un déplacement de l'induit dans un sens ou dans l'autre ;

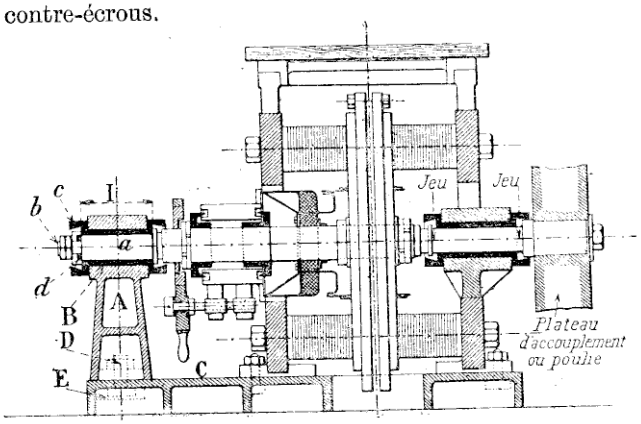
La portée de l'arbre, côté collecteur, ne possède qu'un collet *a*.

L'extrémité de l'arbre porte une partie filetée *b* sur laquelle sont vissés un écrou et un contre-écrou. L'arbre est rendu solidaire de la chaise A par l'inter-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

médiaire du coussinet B, contre lequel portent, d'une part, l'épaulement *a*, d'autre part, après serrage, le manchon *c* avec interposition de rondelles *d*.

La chaise A enfin n'est serrée contre la plaque de fondation C que par deux boulons D et leurs écrous et contre-écrous.



Déplace-t-on la chaise A, l'arbre se déplace dans le même sens et ce déplacement est facile puisque les boulons peuvent coulisser dans des rainures E pratiquées dans ce but sur la plaque de fondation.

1° Revenons maintenant à la constatation d'un déplacement à l'induit. Le déplacement proviendra en général de l'usure du coussinet B, soit du côté de la portée soit du côté *a* du manchon *c*.

Dans les deux cas, la longueur I étant diminuée, il y a lieu de réduire l'épaisseur des rondelles *d* de la même quantité et de resserrer le manchon *c*. On déplace alors la chaise A de manière à partager de nouveau le jeu de l'induit dans l'entrefer.

2° Supposons que, par suite de l'usure des coussinets, l'arbre soit descendu parallèlement à lui-même au point

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de faire frotter les couronnes en carton contre les bords supérieurs des épanouissements ; on remontera l'arbre en introduisant une cale d'égale épaisseur sous le coussinet carré du côté accouplement.

3° Supposons enfin, que par suite d'un grippement, on ait été amené à gratter fortement un des deux coussinets pour éviter de donner à l'arbre une position oblique par rapport à l'axe du système inducteur ; on devra relever comme précédemment, celui des deux coussinets qu'on à dû gratter.

Vérification électrique des machines. — Il est toujours avantageux d'isoler complètement les dynamos lorsqu'on le peut ; aussi est-il convenable de placer d'abord la plaque de fondation sur un plancher en bois, et avoir soin d'éviter que l'eau ou les huiles ne viennent baigner et impreigner ce plancher. De plus, il faut isoler aussi les boulons de serrage de la plaque de fondation par une bague ou enveloppe cylindrique en caoutchouc ou toile isolante, et par une plaque isolante percée, suffisamment large et épaisse, placée sur la plaque de fondation pour servir d'appui à l'écrou de serrage.

L'induit ne doit communiquer ni avec la masse de la machine ni avec la couronne extérieure placée à la circonférence. Pour le vérifier, il suffit de constater, après enlèvement des balais, que une ou plusieurs dents du collecteur ne communiquent ni avec l'arbre ou le bâti de la machine, ni avec les couronnes circonférentielles, en employant le courant d'une pile avec une sonnerie ou avec une autre machine en marche, en reliant momentanément les pôles + et — de cette machine, d'une part à une lame du collecteur, et d'autre part, au bâti de la dynamo à essayer.

Les couronnes extérieures et circonférentielles ne

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

doivent pas non plus communiquer avec l'arbre ou le bâti de la machine. Le vérifier comme ci-dessus.

Il y a lieu, en général, de vérifier de loin en loin l'état de serrage des divers boulons et vis qui assurent la solidité de l'induit et de la machine.

Tableau de distribution. — Au tableau, il est utile de vérifier de temps en temps le serrage des différents écrous. Un mauvais serrage est une cause d'échauffement considérable, une perte inutile d'énergie et souvent il entraîne la fusion du plomb correspondant au circuit dans lequel existe ce mauvais serrage.

Il est utile de ne pas laisser le voltmètre indéfiniment en fonctionnement. Les ampères-mètres ne doivent être introduits dans le circuit que pendant le temps des lectures.

Les différentes touches des commutateurs doivent être souvent nettoyées au papier de verre, afin d'y supprimer les aspérités produites par les étincelles de rupture qni ne tarderaient pas à rendre les contacts très mauvais.

Canalisation.—La distribution du courant à bord des navires et l'emplacement choisi pour les câbles sont déterminés en vue de protéger le plus possible la canalisation contre les effets désastreux de l'humidité et contre les dérivations provenant de chocs dans les fausses manœuvres.

Le câble est noyé dans des gaînes en bois rainé dont les couvercles sont faciles à ouvrir. Au passage des cloisons, le câble est protégé par des tuyaux en cuivre.

Un clou mal planté peut mettre en contact toute la canalisation avec la coque, et provoquer une série d'accidents, si l'on n'avait pas en main le moyen de trouver rapidement ce contact. C'est l'objet des *coupe-circuits*, en nombre assez considérable à bord.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Ces appareils doivent être visités au moins une fois par mois. Pour bien fonctionner, il est indispensable qu'ils soient à l'abri de l'humidité. En conséquence, tout coupe-circuit reconnu humide devra être changé de place.

Il est indispensable également de vérifier, une fois par mois au moins, l'état d'isolation de la canalisation. A cet effet, le mode de procéder est le même que celui de la recherche d'un contact. Lorsqu'on suppose qu'il a pu s'en produire un, la marche est la suivante :

Détacher au tableau les naissances des câbles positif et négatif du circuit à visiter.

Ouvrir les commutateurs de toutes les lampes du circuit.

Essayer à la sonnerie ou au téléphone de préférence le câble positif. Si la sonnerie tinte, il y a un contact à la coque sur tout le parcours. Si la sonnerie ne tinte pas, le câble est parfaitement isolé.

Même opération ensuite pour le câble négatif.

Si la sonnerie a tinté sur le câble positif, chercher à partir du tableau, où se trouve le premier coupe-circuit. Détacher le plomb de ce coupe-circuit et recommencer l'essai. Si la sonnerie tinte encore, le contact est localisé entre le tableau et le premier coupe-circuit.

Dans le premier cas, recommencer l'essai à la sonnerie en prenant pour naissance du câble positif le bout qui venait se rattacher au coupe-circuit. Si la sonnerie ne tinte pas, c'est que le contact se trouve dans le coupe-circuit lui-même. Il faudra changer ce coupe-circuit et ne pas mettre le nouveau à la même place, car celle-ci est probablement désavantageuse.

Si la sonnerie tinte, chercher le coupe-circuit suivant, en détacher le plomb, recommencer l'opération précédente, et ainsi de suite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

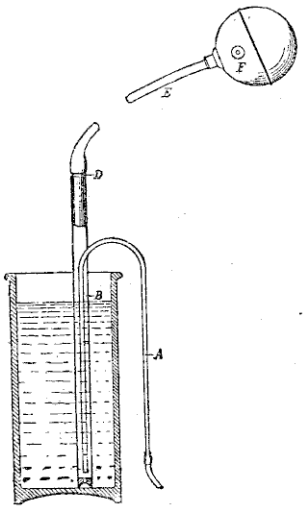
Ce travail est long, mais le résultat est infaillible.

On doit toujours, par ce procédé, localiser un contact, sur un bout de câble compris entre deux coupe-circuits.

Si ce bout de câble *est court*, on le suivra pas à pas et, en général, on découvrira la cause du contact. Si un examen minutieux ne permet pas d'arriver au but, on enlèvera cette portion de câble, et on le remplacera par du câble neuf.

Si le bout de câble *est long*, le couper en son milieu, localiser le contact dans une des moitiés et agir pour cette moitié comme sur le bout de câble court.

Siphon Radiguet. — Le tube en U renversé A est soudé dans un tube vertical B, de plus ce tube vertical est étranglé à sa partie intérieure et ne communique que par un très petit orifice avec le vase qu'il s'agit de vider. Cela posé, supposons le siphon plongé dans le liquide : le niveau sera rapidement le même dans le vase, dans la branche du siphon et dans le gros tube vertical B.



Si on exerce une pression lente et continue sur la sphère en caoutchouc, le liquide est refoulé de haut en bas dans le gros tube, mais l'orifice de sortie étant très petit, le liquide renfermé dans le gros tube remonte dans le siphon et l'amorce naturellement.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

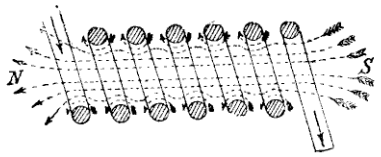
Grâce à la petite soupape F, si l'on cesse de presser la sphère, l'air rentre en F et le piston reste amorcé.

Si l'on presse fortement la sphère, dont le volume est plus grand que celui du gros tube immergé, le liquide contenu dans ce tube sera chassé et l'air s'introduira dans la branche du siphon qui se trouve ainsi désamorcé.

Ce siphon que j'ai utilisé moi-même et que je recommande aux électriciens, trouveront dans son emploi propreté et sécurité.

Cet appareil facilite singulièrement les manipulations de laboratoire et dans l'éclairage domestique la vidange des piles peut être confiée à une personne quelconque sans qu'on ait à craindre des taches sur le parquet ou des brûlures par l'acide, trop fréquentes avec les procédés employés jusqu'ici, et qui avaient dégoûté bien des personnes de l'emploi des piles.

Solénoïde (*ou cylindre électro-dynamique*). — Un solénoïde est constitué par une série de courants circulaires et parallèles; pratiquement une bobine à une couche de fil métallique dans lequel circule un courant, réalise un solénoïde.



L'action des courants les uns sur les autres modifie le champ de chacun d'eux et donne au champ résultant de la bobine la forme indiquée (fig. 1). Le solénoïde est ainsi assimilable à un aimant et participe en effet de la plupart de ses propriétés.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Le courant ayant la direction indiquée sur la figure, on voit que le tire-bouchon de *Maxwell* se déplacerait de droite à gauche, les lignes de force sortiraient par l'extrémité N pour rentrer par l'extrémité S, nous avons donc en N un pôle positif ou nord.

On peut encore reconnaître les pôles en supposant le *bonhomme d'Ampère* couché sur une spire latéralement au solénoïde et regardant le centre de la spire ; si le courant entre par ses pieds et sort par sa tête, le pôle positif ou nord est à gauche.

D'après ce qui précède *Ampère* à qui l'on doit les observations les plus belles et les plus fécondes sur le magnétisme, attribue tous les phénomènes des aimants à l'action des courants sur les courants.

Sonneries (*Pose*) (fig. 1-2-3). — La première chose à faire est de préparer la pile, si le circuit ne dépasse pas 15 mètres, une seule suffit, au-dessus de cette longueur il faut mettre une pile en plus par chaque 25 mètres de fil. Pour un circuit de 90 mètres par exemple, il faudra quatre piles qui seront montées en tension. Le zinc de la première sera le négatif et le charbon de la dernière le positif de la batterie.

Le fil conducteur doit être dégarni complètement aux endroits où il doit y avoir contact, et les vis qui établissent le contact doivent être serrées très fortement.

Le fil qui se rend directement à la sonnerie doit être fixé au zinc (négatif), par un serre-fil. L'autre se fixe au charbon (positif) et se rend d'abord au bouton et de là à la deuxième borne de la sonnerie.

Le bouton se compose (fig. 4) de deux pièces vissées l'une sur l'autre.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Pour le mettre en place, on dévisse d'abord le dessus, alors apparaissent trois trous (fig. 5) l'un destiné

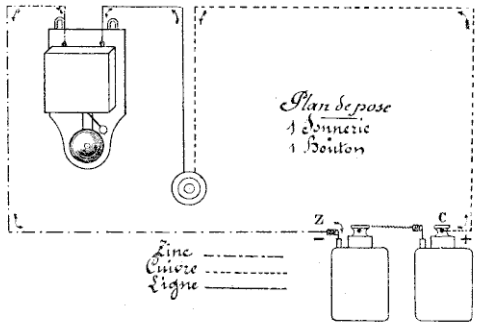


Fig.1

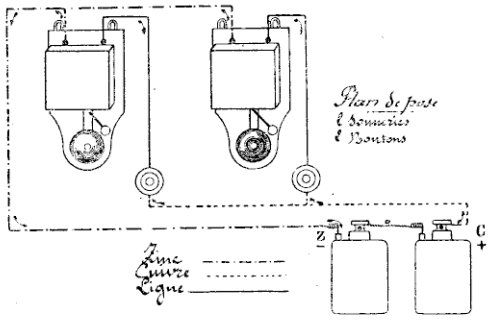


Fig. 2

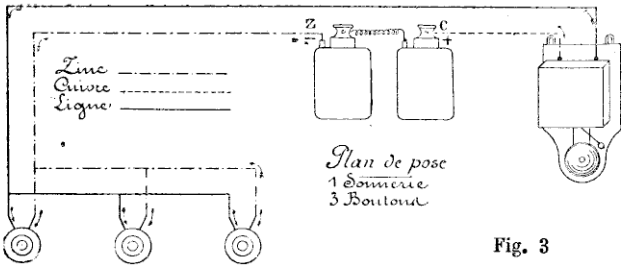


Fig. 3

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

à recevoir le fil qui vient du charbon, le deuxième celui qui va à la sonnerie, les extrémités de ces deux fils se tournent autour de deux vis qui sont à côté des trous

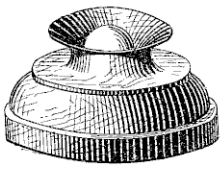


Fig. 4

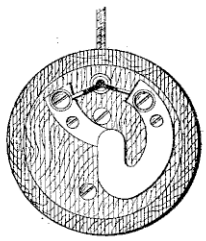


Fig. 5

et que l'on serre fortement après la mise en place des fils; le troisième trou est utilisé pour fixer le bouton au mur. Le montage terminé on revisse le dessous du bouton.

Dans cette position le circuit se trouve ouvert dans le bouton en appuyant sur ce dernier, il se ferme au contact qui s'établit entre les deux lames intérieures ; alors la sonnerie se trouvant dans le circuit se met à sonner.

Pour s'assurer si le courant passe dans un circuit, il n'y a tout simplement qu'à se poser sur le bord de la langue les deux extrémités des fils venant des deux pôles. Si un goût acide et un léger picotement se font sentir c'est que le courant passe, autrement il y a interruption. Dans ce dernier cas, il faut suivre le circuit, le visiter sur tout son parcours, et apporter spécialement une attention minutieuse aux contacts pour les remettre en bon état si cela est nécessaire.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance spécifique des solutions d'acide sulfurique

d'après Matthiessen.

DENSITÉ	Parties pour 100 en poids d'acide sulfurique	Température en degrés centigrade	Résistance spécifique en ohms-cm.
1,003	0,5	16,1	16,0
1,018	2,2	15,2	5,47
1,053	7,9	13,7	1,884
1,080	12,0	12,8	1,368
1,147	20,8	13,6	0,960
1,190	26,4	13,0	0,871
1,215	29,6	12,3	0,830
1,225	30,9	13,6	0,862
1,252	34,3	13,5	0,874
1,277	37,3	»	0,930
1,348	45,4	17,9	0,973
1,393	50,5	14,5	1,086
1,493	60,6	13,8	1,549
1,638	73,7	14,3	2,786
1,726	81,2	16,3	4,337
1,827	92,7	14,3	5,320

Résistance spécifique des solutions de sulfate de zinc à 10° en ohms-centimètres

(Ewing et Mac-Gregor.)

Densité	Résistance spécifique	Densité	Résistance spécifique
1,0140	182,9	1,2709	28,5
1,0187	140,5	1,2891	28,3 (minimum
1,0278	111,1	1,2895	28,5
1,0340	63,8	1,2987	28,7
1,0760	50,8	1,3288	29,2
1,1019	42,1	1,3530	31,0
1,1582	33,7	1,4053	32,1
1,1845	32,1	1,4174	33,4
1,2186	30,3	1,4220 (saturée)	33,7
1,2562	29,2		

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance des fils de cuivre pur recuit, en ohms légaux à 0° C.

Numéros de la jauge décimale	Diamètre en *mm*	Section en *mmq*	Poids en grammes par mètre courant	Longueur en mètres par kilogramme	Résistance en ohms par kilomètre	Longueur en kilomètres par ohm.
	0,1	0,0079	0,0699	14 306,0	2034,2	0,00049
	0,2	0,0314	0,2796	3 576,5	508,23	0,00197
	0,3	0,0707	0,6291	1 589,6	226,02	0,00442
	0,4	0,1257	1,1184	894,13	127,14	0,00787
P	0,5	0,1963	1,7475	572,24	81,367	0,01229
1	0,6	0,2827	2,5164	397,39	56,504	0,01770
2	0,7	0,3848	3,4251	291,96	41,514	0,02409
3	0,8	0,5027	4,4736	223,53	31,784	0,03146
4	0,9	0,6362	5,6619	176,62	25,113	0,03982
5	1,0	0,7854	6,9900	143,06	20,342	0,04916
6	1,1	0,9503	8,4580	118,23	16,811	0,05951
7	1,2	1,1310	10,066	99,348	14,126	0,07079
8	1,3	1,3273	11,813	84,651	12,036	0,08308
9	1,4	1,5394	13,700	72,990	10,378	0,09635
10	1,5	1,7671	15,728	63,582	9,0407	0,1106
11	1,6	2,0106	17,895	55,883	7,9460	0,12585
	1,7	2,2698	20,201	49,502	7,0386	0,14207
12	1,8	2,5447	22,648	44,155	6,2783	0,15928
	1,9	2,8353	25,234	39,629	5,6348	0,17747
13	2,0	3,1416	27,960	35,765	5,0854	0,19664
	2,1	3,4636	30,826	32,440	4,6126	0,21680
14	2,2	3,8013	33,832	29,558	4,2028	0,23794
	2,3	4,1548	36,977	27,044	3,8433	0,26006
15	2,4	4,5239	40,263	24,837	3,5315	0,28316
	2,5	4,9087	43,688	22,890	3,2547	0,30725
	2,6	5.3093	47,253	21,163	3,0091	0,33232
16	2,7	5,7256	50,957	19,624	2,7904	0,35838
	2,8	6,1575	54,802	18,248	2,5946	0,38542
	2,9	6,6052	58,786	17,011	2,4188	0,41344
17	3,0	7,0686	62,910	15,896	2,2550	0,44346
	3,1	7,5477	67,174	14,187	2,1167	0,47243
	3,2	8,0425	71,578	13,971	1,9865	0,50340
	3,3	8,5530	76,122	13,137	1,8679	0,53535
18	3,4	9,0792	80,805	12,375	1,7597	0,56829
	3,5	9,6211	85,628	11,678	1,6605	0,60221
	3,6	10,1788	90,591	11,039	1,5696	0,63712
	3,7	10,7521	95,694	10,451	1,4859	0,67300

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Numéros de la jauge décimale	Diamètre en *mm*	Section en *mmq*	Poids en grammes par mètre courant	Longueur en mètres, par kilogramme	Résistance en ohms par kilomètre	Longueur en kilomètres par ohm.
	3,8	11,3412	100,94	9,907	1,4087	0,70987
19	3,9	11,9459	106,32	9,406	1,3374	0,74773
	4,0	12,5664	111,84	8,941	1,27 4	0,78656
	4,1	13,2025	117,50	8,510	1,2101	0,82638
	4,2	13,8544	123,30	8,110	1,1532	0,86719
	4,3	14,5220	129,24	7,737	1,1001	0,90897
20	4,4	15,2053	135,33	7,390	1,0507	0,95174
	4,5	15,9043	141,55	7,065	1,0045	0,99549
	4,6	16,6190	147,91	6,761	0,96133	1,0402
	4,7	17,3494	154,41	6,476	0,92085	1,0859
	4,8	18,0956	161,05	6,209	0,88289	1,1327
	4,9	18,8574	167,83	5,958	0,84722	1,1803
	5,0	19,6350	174,75	5,722	0,81367	1,2290
	5,1	20,4282	181,81	5,500	0,78207	1,2787
	5,2	21,2372	189,01	5,291	0,75055	1,3324
	5,3	22,0618	196,35	5,093	0,72416	1,3809
	5,4	22,9022	203,83	4,917	0,69759	1,4335
	5,5	23,7583	211,45	4,729	0,67245	1,4871
	5,6	24,6301	219,21	4,562	0,64865	1,5417
	5,7	25,5176	227,11	4,403	0,62609	1,5972
	5,8	26,4208	235,14	4,253	0,60489	1,6537
	5,9	27,3397	243,32	4,110	0,58436	1,7113
	6,0	28,2743	251,64	3,974	0,56505	1,7697
	6,1	29,2747	260,10	3,845	0,54607	1,8992
	6,2	30,1907	268,70	3,722	0,52918	1,8897
	6,3	31,1725	277,43	3,605	0,51251	1,9512
	6,4	32,1699	286,31	3,493	0,49662	2,0136
	6,5	33,1831	295,33	3,386	0,48146	2,0770
	6,6	34,2120	304,49	3,284	0,46697	2,1414
	6,7	35,2565	313,78	3,187	0,45314	2,2068
	6,8	36,3168	323,22	3,087	0,43992	2,2732
	6,9	37 3930	332,80	3,005	0,42726	2,3405
	7,0	38,4845	342,51	2,920	0,41514	2,4088
	7,1	39,5928	352,37	2,838	0,40352	2,4782
	7,2	40,7150	362,36	2,760	0,39239	2,5485
	7,3	41,8539	372,50	2,685	0,38172	2,6197
	7,4	43,0085	382,78	2,613	0,37138	2,6926
	7,5	44,1786	393,19	2,545	0,36163	2,7653
	7,6	45,3646	403,74	2,477	0,35218	2,8395
	7,7	46,5663	414,44	2,413	0,34309	2,9147

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Diamètre en *mm*	Section en *mmq*	Poids en grammes par mètre courant	Longueur en mètres par kilogramme	Résistance en ohms par kilomètre	Longueur en kilomètres par ohm.
7,8	47,7836	425,27	2,351	0,33435	2,9909
7,9	49,0167	436,25	2,292	0,32534	3,0681
8,0	50,2655	447,3	2,235	0,31784	3,1463
8,1	51,5300	458,62	2,181	0,31004	3,2254
8,2	52,8102	470,01	2,128	0,30252	3,3055
8,3	54,1061	481,54	2,077	0,29528	3,3866
8,4	55,4177	493,22	2,028	0,28829	3,4687
8,5	56,7450	505,03	1,980	0,28155	3,5518
8,6	58,0881	516,98	1,934	0,27504	3,6359
8,7	59,4468	529,08	1,890	0,26875	3,7209
8,8	60,8212	541,31	1,847	0,26268	3,8070
8,9	62,2114	553,68	1,806	0,25681	3,8940
9,0	63,6173	566,19	1,766	0,25113	3,9820
9,1	65,0388	578,85	1,728	0,24564	4,0710
9,2	66,4761	591,64	1,690	0,24033	4,1609
9,3	67,9291	604,57	1,654	0,23519	4,2519
9,4	69,3978	617,64	1,619	0,23021	4,3438
9,5	70,8822	630,85	1,585	0,22539	4,4367
9,6	72,3823	644,20	1,552	0,22072	4,5306
9,7	73,8981	657,69	1,521	0,21620	4,6255
9,8	75,4297	671,32	1,490	0,21180	4,7213
9,9	76,9769	685,09	1,460	0,20755	4,8182
10,0	78,5398	699,00	1,431	0,20342	4,9160

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Résistance des métaux et alliages usuels
à la température de 0° C.

NATURE des CONDUCTEURS	RÉSISTANCE spécifique en Microhms-centimètre (α)	RÉSISTANCE de 1 mètre pesant 1 gramme	RÉSISTANCE de 100 mètres de 1 millimètre de diamètre	ACCROISSEMENT de résistance par degré centigrade vers 20° C.
		Ohms	Ohms	
Argent recuit.....	1,492	0,1517	1,899	0,00377
— écroui.....	1,620	0,1650	2,062	»
Cuivre recuit.....	1,584	0,1415	2,017	0,00388
— écroui.....	1,621	0,1443	2,063	»
Or recuit.....	2,041	0,4007	2,598	0,00365
écroui.....	2,077	0,4076	2,645	»
Aluminium recuit	2,889	0,0743	3,679	0,0039
Zinc comprimé.....	5,580	0,3995	7,105	0,00365
Platine recuit.....	8,981	1,9250	11,435	0,00247
Fer recuit.....	9,636	0,7518	12,270	0,00630
Nickel recuit.....	12,356	1,0520	15,730	»
Étain comprimé.....	13,103	0,9564	16,680	0,00365
Plomb comprimé.....	19,465	2,2170	24,780	0,00387
Antimoine comprimé..	35,210	2,3700	44,830	0,00389
Bismuth comprimé....	130,100	12,8000	165,600	0,00354
Mercure liquide,.....	94,340	12,8260	120,120	0,00072
Alliage 2 Pt + 1 Ag..	24,187	2,9070	30,780	0,00031
— 2 Au + 1 Ag..	16,776	1,6380	13,720	0,00065
— 9 Pt + 1 Ir ..	21,633	4,6510	27,540	0,00133
Maillechort	20,760	1,8170	26,43	0,00044

Pour plus de détails théoriques (voir *Notes et Formules de l'Ingénieur et du Constructeur-Mécanicien.*

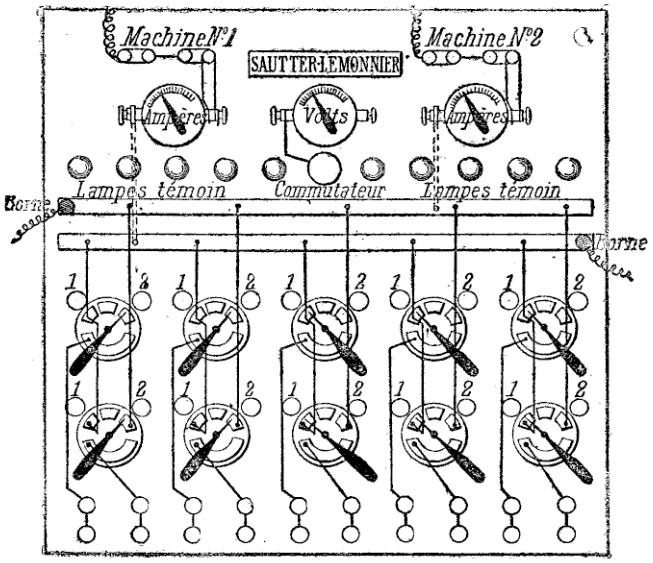
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

T

Tableau de Distribution *(type de la Maison Sautter-Lemonnier.* — La Maison Sautter-Lemonnier construit pour des paquebots de 100 mètres, des tableaux de distribution dont je donne un type figure 1. 2 dynamos Gramme attelées chacune à un moteur, à pilon, à 1 cylindre, à 400 tours, donnent l'énergie électrique.

Du derrière de ces tableaux partent tous les fils des circuits du bord.

Les lampes, témoin, en nombre égal aux circuits permettent de s'assurer de l'éclairage du navire.



(Voir *Distribution*).

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Télégraphie. — Comme cet article ne peut être utile qu'à des agents spéciaux de l'Etat ou des Compagnies de chemins de fer, le lecteur qui en aurait besoin, n'a qu'à consulter l'excellent traité pratique d'*Electricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer*, par *G. Dumont*, inspecteur principal chargé des services de la télégraphie au chemins de fer de l'Est.

Téléphone. — Les téléphones sont des appareils qui servent à transmettre électriquement la voix au loin.

Je ne parlerai du téléphone *Bell* que très peu, attendu qu'il est le moins employé en France.

Il se compose d'une petite plaque de fer doux, placée au fond d'une embouchure, derrière laquelle se trouve fixé un barreau d'acier aimanté.

La partie du barreau située devant la plaque est entourée d'un fil de cuivre très fin, recouvert de soie. Les deux extrémités de ce fil sont fixées à des bornes placées sur les côtés de l'appareil. Ces deux bornes sont reliées par des fils conducteurs, avec les bornes d'un appareil semblable placé dans une autre pièce.

Le *transmetteur* est l'appareil dans lequel on parle, et le *récepteur* celui dans lequel on écoute.

Si l'on parle devant la plaque du transmetteur, celle-ci vibre et chaque vibration donne naissance à un courant d'induction dans le fil qui entoure le barreau aimanté, ce courant induit va au récepteur et en fait vibrer la plaque comme celle du transmetteur.

Ce sont ces vibrations qui reproduisent les paroles dans le transmetteur et étant infiniment plus faibles, elles forcent la personne qui écoute à tenir le récepteur bien contre l'oreille.

Dans les appareils nouveaux, au lieu d'employer un

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

barreau droit, on le recourbe pour en utiliser les deux pôles.

Ce simple appareil est suffisant pour une distance de 25 à 30 mètres, au-delà, il faut avoir recours à un appareil plus puissant dont le transmetteur n'est plus un simple téléphone Bell, mais un microphone, c'est-à-dire un système à l'aide duquel on peut déterminer des écarts d'intensité électrique bien plus considérables que dans les transmetteurs magnétiques, et, par suite, simplifier les sons dans le téléphone récepteur.

Le microphone se compose d'une planchette en sapin, qui repose sur une série de petits bâtons de charbon posés les uns sur les autres et traversés par le courant d'une pile. La planchette, lorsqu'elle vibre sous l'influence de la parole augmente ou diminue les contacts des baguettes de charbon, et, par suite, chaque vibration produit une variation dans l'intensité du courant.

Ces variations transmises par les conducteurs reproduisent les mêmes vibrations dans le récepteur.

Ce téléphone domestique comprend deux parties composées chacune de : un transmetteur, un récepteur, une sonnerie et un bouton d'appel. Le support du récepteur sert de commutateur entre le téléphone et la sonnerie. L'appareil ainsi établi, si on appuie sur le bouton, la sonnerie du second poste se met en branle, aussitôt que ce dernier a répondu en agissant de la même manière, on enlève de part et d'autre le récepteur et on se l'applique à l'oreille, le courant quitte aussitôt la sonnerie pour actionner le téléphone.

Pour un téléphone semblable, il faut une batterie de trois à six éléments Leclanché suivant la distance des deux points opposés de la ligne.

Pour la pose d'un téléphone, il faut suivre les mê-

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

mes principes que pour une sonnerie, en ayant soin de toujours isoler les fils conducteurs par des crochets vitrifiés ou des isolateurs en porcelaine.

Le transmetteur doit autant que possible être placé contre un gros mur, car sur une cloison il se produit toujours des vibrations qui nuisent au bon fonctionnement de l'appareil.

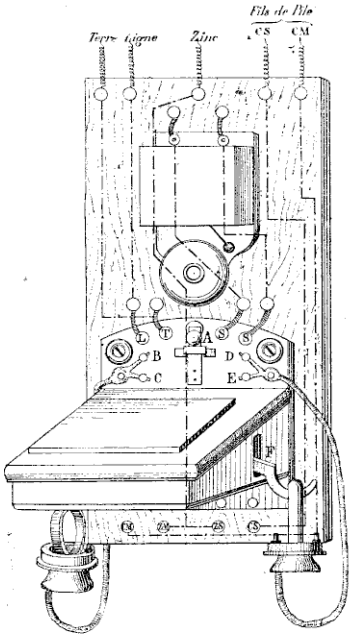


Fig. 1

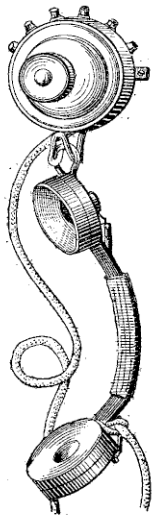


Fig. 2

Le mur doit également être très sec et si l'on craint l'humidité, il faut interposer une plaque de caoutchouc entre le mur et l'appareil.

Quelquefois il se produit des bruits de friture qui

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

proviennent soit des mauvais contacts aux bornes qu'il faut avoir soin de vérifier, soit par le contact de deux fils conducteurs entre eux, qu'il faut examiner dans tout leur parcours, ou bien encore par une batterie trop puissante, dans ce cas, on supprime une pile de la batterie.

Un autre téléphone plus employé en France est l'appareil *Ader* dont la figure 1 indique l'installation d'un poste micro-téléphonique de ce système.

La figure 2 représente un téléphone domestique du même système et qui se compose du boîtier muni d'un bouton d'appel, de deux crochets qui forment commutateur, de six bornes, pour les fils de ligne, de sonnerie et de piles et d'un téléphone double formé d'un récepteur et d'un transmetteur magnétiques réunis par une poignée métallique.

L'appareil micro-téléphonique se place généralement à $1^{m},25$ de hauteur à partir du sol au moyen de trois vis dont les têtes appuient contre des rondelles en caoutchouc. Le fil de ligne doit aboutir à la borne supérieure à gauche du microphone et le fil de terre à la borne placée à côté de la précédente comme l'indique la figure.

La sonnerie est indépendante du microphone et se place au-dessus de cet appareil avec lequel elle est reliée par deux fils qui aboutissent aux deux bornes supérieures de droite.

Dans le dessin, on se rend compte comment il faut relier les fils de pile aux bornes inférieures de l'appareil.

Les micro-téléphones sont généralement munis d'un paratonnerre, à dents de peigne, qui se place à la partie supérieure, au-dessus du bouton A.

Les téléphones récepteurs s'attachent à l'extrémité

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

d'un fil souple à deux conducteurs qui aboutissent aux quatre bornes B C D E.

Ces téléphones se suspendent aux crochets latéraux. Un seul F de ces crochets est mobile et joue le rôle de commutateur.

Pour se servir de l'appareil on suit la marche suivante :

1° Les deux téléphones étant suspendus aux crochets on appuie sur le bouton A et on attend que la sonnerie du poste résonne ;

2° Aussitôt l'accusé de réception on décroche les récepteurs et on se les applique contre les oreilles de façon à se les bien boucher ;

On parle en se mettant environ à 5 centimètres de la planchette en bois du microphone et on garde le téléphone à l'oreille pendant tout le temps de l'entretien ;

4° Aussitôt ce dernier terminé, on replace les téléphones sur leurs crochets.

Comme il peut se présenter des dérangements on doit si cela arrive, vérifier la pile, le paratonnerre placé au-dessus de la plaque vibrante, le fonctionnement du commutateur automatique, la sonnerie, et, si le dérangement persiste, examiner s'il n'y a pas un conctact entre la ligne et la terre, du paratonnerre de l'appareil.

Les téléphones ne se règlent pas.

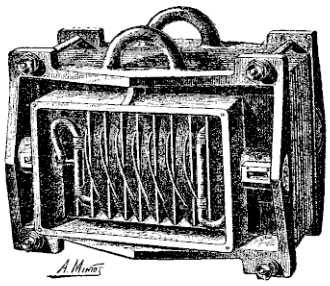
Transformateurs. — *Transformateurs à courants continus en général.* — Les transformateurs en général sont des appareils destinés à transformer un courant à haut potentiel en un courant à bas potentiel ou inversement.

Le transformateur à courant continu le plus simple

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

se compose d'une dynamo et d'un moteur électrique dont les arbres sont reliés l'un à l'autre par un manchon d'accouplement. De cette façon, le courant à haut potentiel ou *courant primaire*, en faisant tourner le moteur, entraîne la dynamo qui débite un courant à bas potentiel ou *courant secondaire*. On est arrivé à construire des appareils de ce genre qui ont un rendement de 0,95, mais en pratique, il ne faut guère compter au plus que sur 0,90.

Transformateur Patin. — Ce nouveau transformateur est absolument remarquable par son rendement élevé et sa faible absorption à vide. Il appartient au type des transformateurs à circuit magnétique fermé.



Il a la forme d'un parallélipipède rectangle. Les spires du circuit secondaires sont placées sur le fer. Le primaire se compose de 8 bobines en forme de cadre rectangulaire, isolées les unes des autres par des cloisons en carton gomme-laque. Le circuit magnétique est formé à l'aide de tôles très minces et de qualité supérieure découpées en U et formant deux par deux par leur superposition un cadre complet, donnant un circuit magnétique fermé. Chaque paire de tôles est isolée de la suivante par une couche de papier gommelaqué. Ce système fournit un circuit magnétique de faible résistance et rend le montage et le démontage des plus faciles. Les tôles sont serrées entre les plaques

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

de fonte maintenues en place par des boulons et portant chacune deux cavités pour loger les porcelaines renformant les bornes en bronze des circuits primaire et secondaire.

Le rendement à pleine charge est très élevé et l'absorption à vide est excessivement réduite.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

V

Volt. — Voir *Electricité* (*unités électriques*).

Voltmètre. — Le voltmètre indique en volt la chute du potentiel ou force électro-motrice disponible aux bornes d'une lampe ou d'un appareil en action ; il se place en dérivation (fig. 1) en ayant soin d'inter-

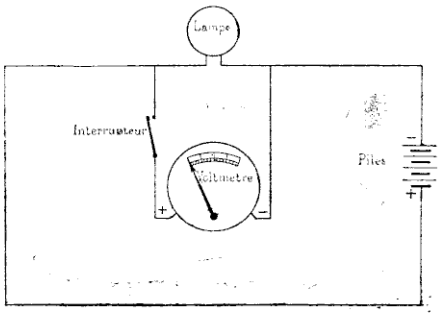


Fig. 1

caler une clé ou interrupteur dans le courant de dérivation.

Avec un voltmètre ordinaire, le courant ne doit passer dans l'appareil que le temps nécessaire à la lecture des indications, un courant trop prolongé brûlerait les fils. C'est pour parer à cet inconvénient que je tiens à signaler le voltmètre *Henrion* (fig. 2) qui, entre autres avantages, permet par sa disposition d'enroulement, au circuit de le traverser continuellement sans inconvénient ce qui est d'une grande commodité pour avoir en tout temps les indications utiles.

Il se compose d'un solénoïde dans lequel se trouve

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

au centre une aiguille mobile autour d'un pivot et portant une petite plaquette de fer contournée. Cette plaquette tend toujours à se mettre dans le flux de la force maximum du courant et l'aiguille se déplace.

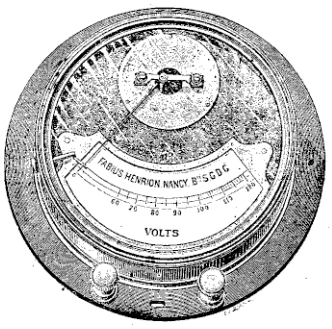


Fig. 2

M. Henrion construit des ampères-mètres basés sur le même principe.

En dehors de cet appareil, il en est quelques autres dont la construction, peu coûteuse, est très facile. On emploie généralement une petite circonférence en fil de fer *b* portant une tige avec contrepoids. Le tout peut osciller autour d'un point central *o*. Le fil de fer contourné traverse un enroulement *a*. Dès que le courant traverse cet enroulement, le fil de fer est attiré et l'aiguille se déplace.

On peut du reste varier ces dispositions.

Il existe aussi des voltmètres avec cylindres enregistreurs. Ce sont des voltmètres ordinaires, mais l'aiguille, au lieu de courir sur un arc gradué, porte un crayon qui trace les indications sur un cylindre gradué se déplaçant automatiquement.

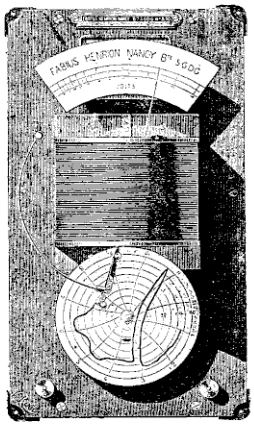
Je citerai encore, à titre de mémoire, l'appareil *Walker*, ceux de la maison *Carpentier*, l'appareil *Richard*, etc.

Voltmètre enregistreur, système Henrion. — Cet appareil sert de *voltmètre* et *d'enregistreur; grandes déviations; enregistrement croisé.*

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Cet enregistreur dont la figure fait suffisamment comprendre le mécanisme, présente les avantages suivants :

Exactitude. — Sans aimant, électro-aimant ou ressort, agissant par l'action directe du solénoïde, il est indéréglable ; il peut être traversé en n'importe quel sens par le courant.



Il possède un cadran, comme un voltmètre ordinaire, de sorte qu'il dispense d'employer un autre voltmètre puisqu'il sert à la fois de voltmètre et d'enregistreur.

Il est à grandes déviations et ces déviations peuvent être amplifiées suivant les besoins aux endroits où se font d'habitude les lectures.

L'appareil peut être muni d'un index rouge mobile pour indiquer la tension normale ; cet index rend facile la lecture à grande distance.

Inscription. — L'emploi d'un disque circulaire et l'enregistrement croisé ont sur les autres dispositions deux avantages :

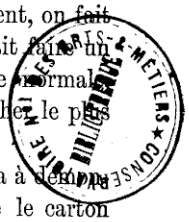
1° Ils permettent, en examinant l'appareil, de contrôler la marche depuis la pose du carton ; la disposition à cylindre cache la moitié environ de la partie inscrite ;

2° Toutes les lectures utiles sont à grande échelle, bien que le cadran soit de dimensions ordinaires. Le diagramme qu'on lit sur la figure est celui tracé par un voltmètre enregistreur monté sur une dynamo marchant normalement à 110 volts ; le crochet que

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

l'on remarque sur la courbe indique un temps d'arrêt de la machine.

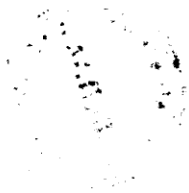
Cet appareil permet premièrement de servir et de voltmètre et d'enregistreur; il permet encore d'éviter d'acheter les cartons spéciaux des enregistreurs ordinaires, cartons qui finissent par coûter très cher. En effet, avec cet appareil, un simple carton peut suffire, et souvent avec plus d'avantages que le carton gradué. Veut-on, par exemple, marcher à 110 volts, on amène l'aiguille du cadran sur 110 volts, à ce moment, on fait appuyer la plume sur le carton et on lui fait faire un tour; on a alors tracé nettement la ligne normale dont la courbe enregistrée devra se rapprocher le plus possible.



Enfin, un autre avantage, c'est qu'il n'y a à démonter aucune pièce de l'appareil pour mettre le carton en place, il suffit de dévisser la vis centrale pour retirer le carton et lui en substituer un autre, et cela peut être fait par un ouvrier quelconque.

Paris. — Imprimerie E. BERNARD et Cie, 23, rue des Grands-Augustins.

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires



Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PAPIER VERRÉ

La vraie marque est attestée par le timbre de garantie
DE L'UNION DES FABRICANTS
Exiger ce timbre avec la marque ci-contre

FREMY 6

L. LEMERLE Successeur
LA PLUS ANCIENNE MAISON FRANÇAISE
23, Rue Beautreillis, Paris

PAPIERS & TOILES à POLIR
FREMY 6
Les Premières Médailles
PAPIER VERRE | TOILE ÉMERISÉE
23 *rue Beautreillis*. PARIS

"VOLAPÖP"

La moins chère

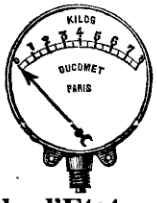
DE TOUTES

LES TOILES ÉMERI



MANOMÈTRES

MÉTALLIQUES
de tous systèmes
et à toutes pressions



Au concours de la Marine de l'Etat, à Indret, mes manomètres ont été classés Premiers avec 18,82 points

TUBES EN VERRE POUR NIVEAU D'EAU
DE GENERATEURS

INSTRUMENT POUR COUPER LES TUBES EN VERRE

DUCOMET

7, rue d'Abbeville, (place Lafayette)
ci-devant 20, rue des Petits-Hôtels
Paris

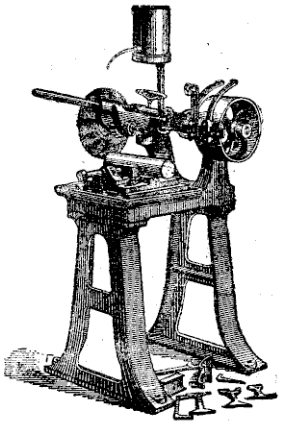
Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

P. HURÉ

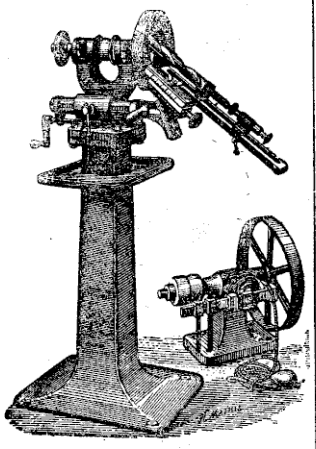
218, Rue Lafayette, 218

PARIS

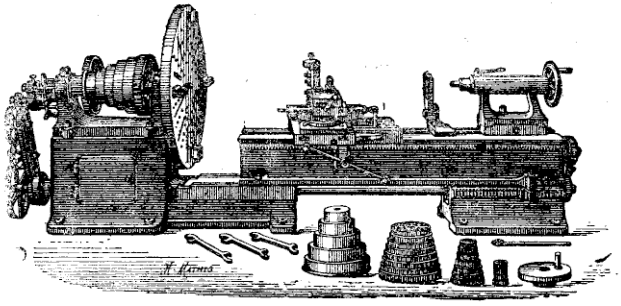
MACHINES-OUTILS POUR MÉTAUX



Machine à scier les métaux à froid.



Machine à affûter les forets héliçoïdaux.



Tour parallèle à banc mobile

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires

PARIS — 84, rue Oberkampf, 84 — PARIS

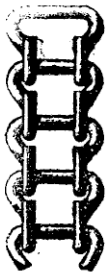
CHAINES GALLE & VAUCANSON

POUR

TOUS TYPES



E. BENOIT



Successeur

DE LA MAISON

VAUTER-GUYOT

ANCIENNE MAISON GALLE

USINE A VAPEUR

PARIS

Droits reservés au Cnam et à ses partenaires