Conditions d’utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d’œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s’inscrit dans le cadre de la loi nº 78-753 du 17 juillet 1978 :

- **la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue (Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr)**
- **la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l’objet d’une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.**

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- **les reproductions de documents protégés par le droit d’auteur, uniquement consultables dans l’enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l’autorisation préalable du titulaire des droits.**

4- Pour obtenir la reproduction numérique d’un document du Cnum en haute définition, contacter cnum(at)cnam.fr

5- L’utilisateur s’engage à respecter les présentes conditions d’utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d’une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d’utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	**Exposition universelle. 1878. Paris**
Titre	**Exposition universelle internationale de 1878, à Paris. Congrès et conférences du Palais du Trocadéro. Comptes rendus sténographiques. Congrès international d'hygiène tenu à Paris du 1er au 10 août 1878. Tome I et II. Organisation du congrès. Séances plénières au Palais du Trocadéro**
Adresse	**Paris : Imprimerie nationale, 1880**
Collection	**(Congrès et conférences du Palais du Trocadéro : comptes-rendus sténographiques ; 10)**
Collation	**2 vol. ([4]-766, [4]-480 p.) ; 24 cm**
Cote	**Sciences-Po 454.10**
Sujet(s)	**Exposition universelle (1878 ; Paris)** **Hygiène -- France -- 19e siècle -- Congrès** **Hygiène -- Europe -- 19e siècle -- Congrès**
Thématique(s)	**Expositions universelles**
Typologie	**Ouvrage**
Note	**Volume appartenant à la bibliothèque de l'Institut d'études politiques de Paris**
Langue	**Français**
Date de mise en ligne	**17/12/2011**
Date de génération du PDF	**15/12/2020**
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8XAE24

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° xae 24

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ETUDES TECHNIQUES

SUR

L'EXPOSITION DES PRODUITS

DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE EN 1844.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Gravé en creux sur pierre par la machine COLLAS, transporté sur pierre et gravé en relief par le procédé chimique de LOUIS TISSIER, et imprimé par LACRAMPE.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

8° Xae 24

ÉTUDES TECHNIQUES

SUR

L'EXPOSITION DES PRODUITS

DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE EN 1844,

PAR N. BOQUILLON,

Bibliothécaire du Conservatoire des arts et métiers.

Extrait de la Revue scientifique et industrielle.

PARIS,

IMPRIMERIE DE BOURGOGNE ET MARTINET,

RUE JACOB, 30.

1845.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉTUDES TECHNIQUES

SUR

L'EXPOSITION DES PRODUITS

DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE EN 1844.

A M. le docteur Quesneville, directeur de la REVUE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE.

Vous m'avez chargé, monsieur, de la tâche honorable de rendre compte, dans votre *Revue*, de l'exposition des produits de l'industrie française. Cette mission, que j'avais acceptée deux fois avec bonheur, malgré les immenses difficultés que déjà elle présentait en 1834 et 1839 (1), j'aurais dû la fuir comme la peste, repousser de mes lèvres ce calice d'amertume et de déceptions, refuser, en un mot, de me mêler, autrement qu'en simple curieux, au *tohu-bohu* industriel que vous avez voulu me faire débrouiller.

En acceptant cette tâche, j'avais pensé que l'expérience, acquise par moi dans les deux précédentes expositions, me viendrait en aide dans celle-ci, pour me faire surmonter les difficultés que l'augmentation du nombre des exposants et celle des produits me faisaient prévoir. Je m'étais tracé un plan dont je ne comptais pas dévier, et qui consistait à ne m'occuper à la fois que d'une seule catégorie de produits, et à les passer successivement en revue, de manière à éviter toute confusion. Je croyais d'autant plus à la facile

(1) L'auteur de ces études a rendu compte de l'exposition de 1834 dans le *Commerce*, et de celle de 1839 dans le *Moniteur universel*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exécution de ce plan que, lors de la distribution des places aux exposants, l'administration avait positivement énoncé l'intention de grouper sur un même point tous les produits similaires, condition qu'elle n'a pu accomplir que pour le plus petit nombre. Débordée de toutes parts par les arrivages de produits, dont la quantité et les dimensions dépassaient de beaucoup les prévisions de l'architecte, harcelée par les mille prétentions contradictoires qui sont venues l'assaillir, elle n'a pu donner suite aux déterminations qu'elle avait arrêtées d'abord, et, de guerre lasse, a fini par laisser s'intercaler, dans les moindres vides que pouvait donner la forme de certains appareils, les objets les plus disparates. Dès lors, impossibilité presque absolue de réaliser mon plan d'études, non seulement parce que je ne pouvais parvenir à connaître la position, dans les galeries, de tous les objets de même nature, mais encore parce que l'encombrement était tel que beaucoup de produits n'étaient abordables qu'à une distance qui rendait dérisoire toute tentative d'examen un peu approfondi.

Permettez-moi, à ce sujet, une digression sur la marche suivie par l'administration dans cette exposition et dans les deux solennités semblables qui l'ont précédée.

Sans aucune donnée un peu positive sur le nombre des exposants qui se présenteront, et sur le volume des produits qui seront jugés dignes d'être admis, on commence par bâtir le palais qui doit les recevoir, c'est-à-dire par fabriquer le vase avant de savoir ce qu'il devra contenir. D'un autre côté, les jurys d'admission, n'étant nullement renseignés sur l'espace qui pourra être accordé à chaque exposant, se bornent à juger le mérite des produits, et ne font aucune observation aux fabricants sur le plus ou le moins d'emplacement que ces produits devront remplir. Le fabricant, auquel il a été positivement prescrit de désigner la surface qu'il prétend occuper, recevant l'avis officiel de son admission, en conclut naturellement qu'il aura l'espace demandé par lui, puisque aucune objection ne lui est faite à cet égard. En conséquence, il prépare, souvent à trop grands frais, les moyens de faire valoir ses produits, soit par la coquetterie de la forme donnée à la *montre* qui doit les contenir, soit par un agencement plus ou moins heureux de diverses variétés de sa fabrication ; puis, sur l'avis qu'il reçoit de venir reconnaître la place qu'on lui a allouée, il trouve qu'au lieu de 1 mètre ou 2 superficiels qu'il compte occuper, en vertu de son titre d'admission, on lui a réservé 2 décimètres sur le bord d'une table, avec toute liberté de s'étendre à 1 mètre et 1/2 en profondeur. Son désappointement, augmenté du regret de dépenses inutilement faites, se tra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duit fréquemment en paroles passionnées, dont les agents de l'administration se blessent à leur tour, et d'où résulte un sentiment réciproque d'irritation qui, pendant les premiers jours, transforme les salles de l'exposition en une véritable arène, où chacun, occupé de soi seul, fait la guerre aux plus favorisés, accuse l'administration de partialité pour quelques centimètres accordés à une importance industrielle plus ou moins douteuse, mais qui va devenir incontestable pour les visiteurs de l'exposition, qui, jugeant sur l'apparence, donneront la palme à celui dont l'étalage aura le plus d'éclat ou de développement.

Mais, dira-t-on, le jury central saura bien classer tout le monde suivant son mérite et remettre chacun à sa véritable place. Assurément, personne n'est plus éloigné que moi de contester les lumières, le zèle et l'impartialité du jury ; mais je crois qu'au milieu des intrigues de tous genres qui l'assiègent, il peut être souvent trompé, et que la récompense s'est souvent arrêtée sur la médiocrité remuante, avant d'atteindre le mérite modeste resté isolé dans le coin où le hasard l'a placé.

D'un autre côté, l'exposition n'est pas uniquement faite pour le jury. Autrement, il serait beaucoup plus simple, plus logique surtout, de faire examiner les produits à domicile et de ne pas déranger tant d'industriels de leurs affaires, de ne pas les constituer en frais onéreux, si cette solennité n'avait pas encore pour but de rapprocher le consommateur du producteur, de mettre en contact des industries différentes, dont les représentants tirent, les uns des autres, d'importantes conditions de progrès ; enfin de faire connaître à tous, autrement que par de froids procès-verbaux tardivement publiés, les titres que chacun peut avoir à l'estime de ses concitoyens.

Or, il est bien évident, pour quiconque a mis le pied dans le chaos que vous m'avez chargé de débrouiller, que, pour le plus grand nombre des exposants, ces résultats sont entièrement manqués.

Supposons qu'au contraire on n'ait bâti qu'après avoir eu des données suffisamment précises sur l'espace que devra raisonnablement occuper chaque exposant, espace accordé positivement par le jury d'admission, et sous sa responsabilité morale ; aucun des graves inconvénients que je viens de signaler ne se présentera, car chacun sera bien et dûment averti qu'il n'aura que telle superficie à occuper, et on s'arrangera en conséquence. L'importance commerciale d'un fabricant, appréciée d'avance par le jury d'admission, ne courra plus le risque d'être méconnue par un employé qui, obligé à tout prix de prononcer vite, décide de cette importance par ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

souvenirs plus ou moins fidèles de la quatrième page des journaux, et, sans le vouloir, devient le plus puissant auxiliaire du charlatanisme de la réclame. Chaque produit occupant une place convenable, pourrait être examiné avec maturité et étudié avec fruit.

On m'a objecté que le palais qui réaliserait cette utopie occuperait un espace beaucoup plus considérable que l'immense construction dont je déplore l'exiguïté, un personnel de gardiens beaucoup plus nombreux, et que les frais, déjà si grands, qu'exige cette solennité, telle qu'elle est organisée, s'élèveraient à une somme devant laquelle les Chambres pourraient bien reculer.

Cette objection, quelque valeur qu'on y attache, me paraît tomber devant la conviction, partagée par beaucoup d'autres, que l'augmentation toujours croissante des exposants et de leurs produits, à chaque nouvelle solennité industrielle, ne peut manquer d'aggraver de plus en plus les inconvénients du système suivi jusqu'à présent, au point de rendre, pour la majorité, l'exposition plus onéreuse que profitable, et de n'être, pour l'industrie, qu'un vaste tapis vert, où chacun viendra jouer sa réputation, sans qu'il soit possible de reconnaître les dés pipés dont les habiles ne manqueront pas de se servir.

Mais ce qui me semblerait concilier tous les intérêts et répondre victorieusement à toutes les objections, ce serait de transformer l'exposition quinquennale en expositions annuelles, fractionnées, quant à la nature des produits, de manière que les mêmes genres de fabrication ne se présentassent que tous les cinq ans. Un bâtiment de médiocre grandeur suffirait alors à tous les besoins. On pourrait ainsi embrasser d'un seul coup d'œil la statistique réelle de chaque genre d'industrie, surtout si l'on s'arrangeait de manière que chaque fabrique y fût représentée, non seulement par les produits qu'elle exposerait volontairement, mais encore par ceux qui seraient achetés en secret, comme moyen de contrôle, par des agents du gouvernement. On détruirait par là ce charlatanisme déhonté qui ne voit, dans l'exposition, qu'un nouveau moyen de tromper le public en n'exposant que des produits exceptionnels, et qui prime, pendant quelque temps, les maisons honorables assez consciencieuses pour ne présenter que les résultats de leur fabrication courante.

Je voudrais aussi qu'à côté des produits français, on permît d'exposer les produits similaires des nations voisines. Nos fabricants trouveraient, dans l'étude de ces derniers, un stimulant pour améliorer leur fabrication, ou l'indication de débouchés avantageux.

Enfin je voudrais qu'en faisant de l'exposition un véritable miroir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'industrie française, on supprimât toute espèce de récompense.

Bien loin de moi, encore une fois, la pensée de mettre en doute les lumières et l'impartialité du jury; mais sa composition, quelle qu'elle soit, laissera toujours à désirer. Les savants qui en font partie peuvent évidemment apprécier le plus ou moins de capacité qu'il aura fallu déployer pour imaginer soit les combinaisons mécaniques, soit les procédés qui produisent tel ou tel résultat industriel. Mais ce résultat lui-même, il est bien difficile qu'ils l'apprécient à sa juste valeur. N'est-il pas à craindre que, cédant à l'entraînement si naturel que produit toujours dans leur esprit la solution ingénieuse d'un problème difficile, ils n'accordent à des résultats hypothétiques la couronne qu'ils refuseront à des résultats plus modestes, mais d'une réalité incontestable, et qu'ils ne découragent, par là, des industriels dont les progrès, peut-être moins brillants, sont plus durables, parce qu'ils reposent sur la satisfaction bien réelle des besoins véritablement sentis par la société? Une récompense mal donnée est un malheur sérieux pour l'industrie; elle ne profite que peu de temps à celui qui la reçoit, et peut tuer l'avenir des concurrents qui l'auraient mieux méritée. Je pourrais, au besoin, citer de trop nombreux exemples, puisés dans les trois dernières expositions.

Ces mêmes exemples prouveraient l'inefficacité de l'adjonction des fabricants aux théoriciens. Les premiers ne peuvent être compétents que dans leur profession spéciale, et presque toujours ils s'abstiennent quand il s'agit de diminuer aux yeux du jury le mérite d'un concurrent commercial; car, dans leur bouche, la vérité prendrait nécessairement l'apparence de l'intérêt personnel.

On a proposé de rendre les jugements portés plus certains, mieux motivés, en rendant tous les exposants d'une même catégorie juges les uns des autres. Assurément cette méthode, qui ne laisserait aucun recours au charlatanisme, serait la meilleure, si le mérite de chacun résidait uniquement dans le plus ou moins d'habileté à se servir de procédés connus. Mais, lorsqu'un concurrent se présente avec des moyens à lui, qu'il a monopolisés par un brevet, peut-on espérer que ses pairs lui rendront une justice impartiale, et que, volontairement, ils proclameront supérieur à eux celui qui, par des procédés plus économiques ou plus certains, les menace d'une concurrence ruineuse?

Reconnaissons-le donc franchement : des erreurs graves peuvent et doivent même résulter de l'institution des récompenses, quel que soit le tribunal qui les décerne; et, comme ces erreurs peuvent produire un mal irréparable en décourageant le fabricant habile,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui verra passer en d'autres mains les récompenses qu'il saura avoir méritées, la probabilité de ce résultat me semble un danger beaucoup plus à redouter que l'absence du stimulant produit par l'espoir des récompenses officielles, dont l'efficacité est très contestable.

De graves objections peuvent, je le sais, s'élever contre les détails du système que je propose. Et d'abord celle des frais considérables qu'entraînerait l'acquisition par le gouvernement des objets de comparaison chez les exposants. J'y répondrai que la vente aux enchères de ces mêmes objets couvrirait l'état de la presque totalité de ses dépenses, parce qu'ils seraient probablement rachetés par les exposants eux-mêmes, qui, en les laissant vendre à vil prix, feraient l'aveu tacite de l'infériorité de leurs produits courants.

Quant aux produits étrangers, ils pourraient n'être admis qu'à charge de réexportation, ou achetés comme modèles par les fabricants d'objets semblables.

Mais, dira-t-on, une exposition annuelle n'attirerait pas à Paris l'immense affluence d'étrangers qu'on y a remarqués à chaque solennité quinquennale, et l'un des avantages incontestés des expositions disparaîtrait dans l'application du système que vous proposez.

Je conviens que l'affluence serait beaucoup moindre à chaque exposition partielle que nous ne le voyons tous les cinq ans; que beaucoup de mécaniciens ne se dérangeront pas pour venir voir l'exposition des tissus; et que réciproquement beaucoup de filateurs s'inquiéteront peu des instruments de précision ou de musique. Mais un grand nombre d'hommes studieux voudront voir plusieurs de ces solennités, surtout lorsqu'elles permettront une investigation plus complète des produits, lorsqu'elles seront une cause efficace d'études approfondies, et non, comme la dernière exposition, un pêle-mêle indigeste d'objets sans analogie entre eux, impossibles à aborder, et n'offrant au visiteur aucun moyen sérieux de comparaison entre la plupart des produits similaires. Il est évident pour moi, que, sous ce point de vue, Paris gagnerait beaucoup à l'adoption de mon utopie, qui, il est vrai, produirait moins d'éclat, serait moins grandiose que le système suivi jusqu'à présent, mais qui, en réalité, doublerait au moins, pour la même période de cinq années, le nombre des étrangers que les expositions attirent dans la capitale.

On m'objectera, peut-être encore, qu'en supprimant les récompenses, je laisse le champ libre au charlatanisme. Erreur! Grâce à l'abus qu'on a fait de la réclame, le public ne se laisse plus aussi facilement prendre aux annonces pompeuses que publient quotidiennement les journaux; le *puff* a fait à peu près son temps, et je n'en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

veux pour preuve que le peu d'empressement des exposants de 1844 à se livrer aux distributeurs de renommée qui les ont assaillis depuis quatre mois. Sans doute, bon nombre de niais seraient encore attirés par les piéges tendus à la crédulité; mais ce serait sous des yeux intéressés à démasquer la fraude. Là, les concurrents seraient en présence; ceux qui seraient trompés dans leurs achats ultérieurs l'auraient bien voulu, car ils auraient eu sous la main les moyens de s'éclairer; et celui qui donnerait la préférence à l'industriel qui lui promettrait l'impossible, au lieu de s'adresser au fabricant qui se tiendrait dans les bornes d'un progrès probable, ne devrait s'en prendre qu'à lui des déceptions qu'il pourrait éprouver.

Enfin, comme dernière conséquence du plan que je propose, il permettrait la réalisation d'un vœu trop souvent exprimé par l'unanimité de la presse périodique pour qu'il ne soit pas l'expression de l'opinion générale. Je veux parler des expositions annuelles de peinture et de sculpture, qui trouveraient, dans le palais élevé à l'industrie, un asile à la fois convenable et avantageux. En coordonnant les époques des deux solennités de manière que l'une succédât à l'autre, il en résulterait que le musée du Louvre ne déroberait plus, pendant les cinq plus beaux mois de l'année, les trésors qu'il renferme, aux études des artistes et à l'admiration des étrangers.

Une condition qui me paraît indispensable dans l'appropriation du monument aux divers buts qu'il devrait réaliser, consisterait en des dispositions telles que, lors des expositions des machines, elles y trouvassent une force motrice suffisante pour fonctionner, et permettre une appréciation plus éclairée des résultats obtenus par les divers ingénieurs ou constructeurs qui se présenteraient.

Quelques chaudières placées aux points convenables, trois ou quatre arbres de couche, dissimulés par les ornements d'architecture, pendant les autres expositions, atteindraient parfaitement ce but; car les machines à vapeur exposées seraient là pour prêter aux autres mécanismes la vie qui leur manque, et donner la mesure de leur propre valeur.

Enfin, si, sortant un peu des traditions consacrées, l'architecte s'appliquait à bien étudier les destinations possibles du monument, pour l'approprier aux divers services auxquels on pourrait le consacrer, au lieu de se borner à frapper les yeux par les dispositions plus ou moins grandioses des parties extérieures de l'édifice, le gouvernement trouverait, dans cette construction, de nombreux avantages, soit pour les réunions des conseils qui ressortent du ministère de l'agriculture et du commerce, soit pour les solennités

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des sociétés scientifiques, industrielles ou agricoles, qui y trouveraient un local convenable à leurs utiles exhibitions.

Mais quittons le domaine de l'utopie pour rentrer dans celui d'une désolante réalité ; et veuillez, cher docteur, m'accompagner quelques heures dans le labyrinthe inextricable où vous m'avez lancé. Débutons, si vous le voulez bien, dans cette vaste salle où sont placés ces appareils si ingénieusement disposés, ces machines gigantesques et savamment combinées, qui, dans l'atelier, transforment la matière, tordent ou tranchent le fer avec une si étonnante facilité, étirent en filaments délicats et soyeux le lin, la laine et le coton, entrelacent si ingénieusement ces derniers pour produire les merveilleux tissus qui, par la richesse et la variété de leurs dessins, la vivacité et l'éclat de leurs couleurs, luttent dans les galeries voisines avec ce que l'Inde a jamais produit de plus parfait. Tous sont inertes, sans vie, sans langage pour nous révéler le secret de leur puissance. En vain nous interrogerons leurs formes extérieures, en vain nous conclurons des rapports des leviers ou des engrenages que nous apercevons, que certaines fonctions doivent s'accomplir, heureux encore quand, à la distance où nous sommes obligés de les examiner, nous parviendrons à séparer, par la pensée, les organes matériellement enchevêtrés de plusieurs appareils voisins ; rien ne nous révélera les fonctions qu'accomplissent d'autres organes inaccessibles à la vue ou à la main.

Mais voici, près de cet appareil, un homme qui va probablement suppléer, par des explications techniques, à cette désespérante insuffisance ; probablement l'auteur va nous initier à la pensée qui l'a dirigé dans les dispositions destinées à produire mieux et à moins de frais. Approchons-nous et interrogeons-le. Mais ses réponses sont complétement inintelligibles ; nous n'avons rencontré qu'un gardien qui nous en a moins appris que le livret, et dont l'unique mission est d'épousseter l'appareil.

En voici, plus loin, un autre qui parait plus au courant de son affaire, car il arrête les visiteurs en les prenant presque au collet pour leur faire admirer son exposition ; pas moyen de lui adresser une question, sa faconde intarissable semble les prévoir toutes ; il pose l'objection et la résout sans reprendre haleine ; mais ses solutions sont d'un vague désespérant, et peu en rapport avec les questions qu'il s'adresse à lui-même. Enfin il se mouche. Profitons du moment pour lui en faire une un peu directe sur le *comment* et le *pourquoi* des merveilleux résultats qu'on obtient de son admirable appareil. Quoi ! à cet imperturbable aplomb succède une hésitation manifeste ; ses nouvelles réponses décèlent l'ignorance la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus complète des premiers éléments de l'industrie qu'il paraît exercer ! Plus de doute, le bout de l'oreille s'est montré, nous avons eu affaire à un commis de magasin, choisi pour *faire l'article*.

Nous serons probablement plus heureux auprès de celui-là, qui paraît écouter attentivement les observations de quelques visiteurs, et y répondre en homme du métier ; car ses gestes désignent successivement diverses parties de la machine : on voit à sa physionomie intelligente, et à l'intérêt que paraissent prendre ses auditeurs à la discussion, que nous gagnerions quelque chose à nous mêler à leur conversation. Effectivement, voyez avec quelle lucidité il nous fait comprendre les fonctions de chaque organe apparent, ses rapports avec les organes cachés, dont les formes nous sont aussi présentes que s'il avait enlevé ces enveloppes de fer ou de cuivre qui les dérobent à nos regards. Mais, comme nous n'assistions pas à l'origine de la démonstration, prions-le de la compléter pour nous, en nous donnant les détails que nous n'avons pu entendre. Bon Dieu ! quelle maladresse, cher docteur ! Pourquoi vous aviser de lui parler de publicité ? voyez quel air glacial a succédé à cette physionomie si franchement ouverte ; de quel dédain nous couvrent ses regards défiants ; quel ton brusque a remplacé l'aménité de ses paroles ! Sans vous en douter, vous avez ranimé dans cet industriel la colère légitime qu'a dû soulever en lui quelque friponnerie dont il a été la victime. Pour lui, nous appartenons évidemment à une autre classe d'industriels que l'exposition a fait éclore à foison, et qui, sous toutes les formes, par tous les moyens, se sont mis à exploiter, soit l'intérêt, soit l'amour-propre des exposants, en leur offrant, moyennant finance, de proclamer, par les cent voix de la presse, que chacun d'eux, en particulier, a une incontestable supériorité sur les autres concurrents. Beaucoup de fabricants se sont laissés prendre à ce leurre. Des sacrifices considérables, faits par un certain nombre d'entre eux, n'ont été suivis d'aucun résultat, c'est-à-dire que la publication emphatiquement annoncée n'a pas même paru. Le plus souvent la note fournie par un exposant, insérée textuellement à côté d'une note contradictoire fournie par un autre, apprenait au public que l'impartiale publication les pesait réellement tous dans la même balance, et qu'il n'y avait d'autre différence entre eux que celle de la somme donnée au publicateur ; d'autres, enfin, qui n'avaient d'abord fixé aucun prix aux titres de gloire qu'ils se proposaient de décerner, ont fini par adresser, à tous ceux qui avaient consenti à fournir tous les renseignements demandés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

un exemplaire de leur brevet commun d'immortalité, accompagné d'une quittance en bonne et due forme.

Hâtons-nous donc de désabuser notre industriel en lui nommant la *Revue scientifique*. Vous le voyez, ce nom seul a suffi pour ramener la sérénité sur son visage; il a compris que nous ne voudrions pas compromettre la réputation acquise à votre recueil par une spéculation déloyale, et nous rentrerons tout-à-fait, pour lui, dans la classe des honnêtes gens, quand nous lui aurons appris qu'en lui demandant des renseignements techniques et précis sur sa machine, nous n'avons pour but que de nous éclairer, sans contracter d'autre obligation que celle d'apprécier consciencieusement ces mêmes renseignements, et de publier, dans la *Revue*, les résultats de cette appréciation.

Continuons nos investigations. Partout nous retrouvons, à quelques nuances près, les mêmes obstacles à une étude sérieuse de l'exposition. Presque partout des renseignements nuls ou des prétentions injustifiables.

D'un côté, négligence presque générale de la part des exposants d'un mérite incontesté à fournir, aux personnes qui prennent l'exposition au sérieux, les indications sans lesquelles il est impossible de porter un jugement sur le mérite de chacun; de l'autre, charlatanisme déhonté, ne reculant devant aucun moyen pour tromper les badauds qui viennent s'extasier devant des résultats impossibles; tel est le tableau trop réel que présente l'exposition de 1844; tel est l'obstacle insurmontable contre lequel viennent se briser tous mes efforts pour obtenir les éléments indispensables au compte-rendu général que vous m'avez demandé pour la *Revue*.

Mais si la moisson nous est interdite, il nous reste néanmoins l'espoir de glaner d'assez beaux épis pour que nous prenions la peine de cueillir ceux qui se présenteront à nous dans des conditions de maturité suffisante pour en obtenir un aliment qui ne soit pas trop indigeste à vos lecteurs, auxquels il m'a paru nécessaire de faire connaître les causes qui se sont invinciblement opposées à l'accomplissement d'une promesse sur laquelle ils avaient le droit de compter.

Ceci bien entendu, j'entre en matière, et je commence par les *appareils de filature*.

Le fait le plus intéressant que l'exposition ait offert se rattache à cette branche importante de l'industrie. Un homme est tout-à-coup apparu, qui, après vingt-neuf ans d'exil, est venu dire, en montrant les machines à filer le lin : Ces appareils que vous construisez

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'après des plans ou des modèles achetés à grands frais aux Anglais, vous auriez pu les construire d'après des plans et des modèles entièrement français. Dans ces machines, sauf quelques modifications de détail peu importantes, je ne vois rien qui ne se trouve consigné en principe, tant dans un brevet pris par moi, Philippe de Girard, le 18 juillet 1810, que dans les cinq certificats d'addition qui l'ont suivi, et exécuté dans les ateliers que j'ai fondés en 1813, à Paris, rue Meslay et rue de Charonne. Ce prix d'un million, proposé par Napoléon, pour la filature du lin, par décret du 7 mai 1810, je l'aurais obtenu, si les désastres de 1813 eussent permis au gouvernement de donner suite au concours proposé; car, à l'expiration des délais de ce concours, les fabriques que j'avais élevées, les fils que j'obtenais de mes appareils étaient déjà recherchés par les fabricants de Lille. Cette industrie fût restée acquise à la France, si les désastres de 1815, en ruinant ma fabrique, ne m'avaient obligé d'accepter les offres qui me furent faites par l'empereur d'Autriche, de porter dans ses États cette nouvelle source de richesse, et si la Restauration eût consenti à faire à mes frères, restés à Paris, avec un assortiment complet, un prêt de 8,000 fr., destinés à mettre en évidence, par des expériences en grand, les avantages de nos procédés, afin de trouver des actionnaires pour une nouvelle filature. Ils offraient, pour garantie, les machines mêmes, qui valaient au moins quatre fois la somme demandée. Le ministre, sur le rapport de M. Christian, directeur du Conservatoire des arts et métiers, accorda le prêt, mais sous la condition qu'il serait assuré par une hypothèque sur des biens libres : munificence dérisoire, puisqu'à cette condition les capitaux particuliers ne nous eussent pas manqué. Mes frères ne purent remplir la condition imposée, et les machines restèrent inactives.

Ainsi fut perdue pour la France cette branche d'industrie qu'elle devait vingt ans plus tard racheter de l'étranger à si haut prix.

Ce langage du vieillard n'était que l'expression de la plus exacte vérité. Non seulement les conditions essentielles de ce genre de filature, appliquées dans les machines de l'exposition, se retrouvent dans ses brevets, mais une notable partie des détails d'application y sont empruntés.

En même temps que M. de Girard portait en Autriche une invention dédaignée en France, ses associés prenaient, sans sa participation, une patente en Angleterre sous le nom de M. Hall, qui paraît avoir méconnu toutefois l'une des plus importantes conditions des procédés décrits dans cette patente, car, jusqu'en 1826, il n'en fut fait en Angleterre aucune application.

En 1825, M. de Girard fut invité par le gouvernement polonais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

a venir fonder, à 6 milles de Varsovie, une filature dont le succès et l'importance toujours croissante ont déterminé la fondation d'une ville qui déjà a pris place sur les cartes de la Pologne, et qui a reçu le nom de *Girardow*, en mémoire de l'importateur de cette branche d'industrie.

Le principe fondamental de l'invention de M. de Girard résulte des observations suivantes, que j'extrais textuellement de son brevet du 28 juillet 1810.

« Les brins du lin ne sont qu'un assemblage de petites fibres collées » l'une contre l'autre, se recouvrant mutuellement, et dont les plus » longues n'ont guère que 9 à 10 centimètres, et la plupart beau- » coup moins. La substance qui unit ces fibres peut être facilement » enlevée par divers moyens. L'eau pure la ramollit et la dissout » avec le temps, surtout si l'air se joint à son action. Les lessives » alcalines, chaudes, l'enlèvent presque instantanément; il suffit » même de plonger un brin de lin dans une pareille lessive pour le » rendre divisible presque à l'infini. Si, après cette opération, on » le tire par ses deux extrémités, on le sépare, sans effort sensible, » en deux parties qui glissent l'une sur l'autre avant de se séparer, » et se terminent en pointes très effilées. En saisissant l'extrémité » d'une de ces pointes, et en tenant le reste du brin à 10 ou 12 cen- » timètres de distance, on retire une fibre extrêmement fine, qui » quelquefois peut se diviser encore de la même manière que le » brin primitif. En continuant ces subdivisions, on obtient enfin des » fibres presque imperceptibles que l'on ne peut plus diviser qu'en » les cassant, et qui opposent une résistance beaucoup plus grande » qu'on ne l'aurait attendu de leur ténuité. On s'aperçoit alors qu'on » est arrivé aux fibres que l'on pourrait appeler *élémentaires*, et qui » n'ont que de 4 à 10 centimètres de longueur.

» La facilité avec laquelle les parties d'un même brin glissent les » unes sur les autres avant de se séparer, leur extrême ténuité et, » par conséquent, leur multiplicité, offrent le moyen d'étirer, » d'allonger presque indéfiniment un brin sans le casser, et à » plus forte raison un assemblage de brins. La forme des fibres » élémentaires paraît faciliter le succès de cette opération; leurs » extrémités effilées sont propres à rendre leur jonction invisible et » à être retenues dans le fil, tant par l'effet de l'entrelacement que » par celui de la torsion.

» Si l'on prend un fil quelconque, pourvu qu'il ait été lessivé, » qu'on en détorde un bout de 10 à 12 centimètres, et qu'on » essaie de le casser, il n'oppose qu'une très petite résistance; et, » si on le mouille en répétant l'expérience, alors la résistance de-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» vient absolument nulle, ce qui prouve que celle que l'on éprou-
» vait d'abord n'était due qu'au frottement des fibres entrelacées et
» tortillées. L'humidité, en les ramollissant, les redresse et fait
» cesser cette résistance. »

Je ne suivrai pas M. de Girard dans la description des nombreux détails que renferment son brevet principal et les cinq certificats d'addition qui l'ont suivi; je me bornerai à dire que les principales conditions qu'on y trouve ont principalement pour but, comme dans tous les systèmes de filature mécanique, d'établir, par des étirages successifs, le parallélisme le plus exact entre les fibres du lin, au moyen de machines préparatoires dont l'organe principal se composait de plusieurs séries de peignes sans fin, tournant autour de deux cylindres; que chaque rangée de dents de ces peignes était séparée de la suivante par une petite barrette métallique qui, en se soulevant au moment où cette rangée, dans son mouvement de translation, avait dépassé l'arête supérieure de l'un des cylindres, et commençait à s'infléchir sur la partie enveloppée de ce cylindre, en faisait sortir les fibres du lin. Sans cette disposition, les fibres, à cause de leur grande longueur, auraient été entraînées par les dents du peigne autour des cylindres, au lieu de sortir de l'appareil en rubans réguliers. Je ferai remarquer, toutefois, que j'ai lieu de croire que, dès cette époque, des moyens analogues étaient employés dans la filature du coton. C'est vers 1819 que les procédés Girard, brevetés au nom de M. Hall, commencèrent à prendre faveur en Angleterre, mais on s'y borna longtemps à l'emploi du système d'étirage qui en fait partie.

M. de Girard explique cette négligence par l'imperfection choquante des machines préparatoires anglaises, dans lesquelles le plus beau lin se crispait, se mêlait, se nouait, et se rapprochait d'autant plus de l'état d'étoupe qu'il était plus travaillé. Les machines à filer proprement dites fonctionnaient au contraire avec assez de régularité, et l'on voyait même avec étonnement une grande partie des boutons ou nœuds formés par les machines préparatoires, s'allonger, se dénouer, se fondre, pour ainsi dire, à vue d'œil, en approchant des cylindres étireurs. Il en restait à la vérité encore assez pour gâter entièrement les fils; mais il était facile de voir que, si l'on pouvait obtenir des préparations régulières, exemptes de nœuds et de boutons, il ne s'en formerait pas dans la filature en fin.

Tous les fileurs sentaient donc le besoin indispensable d'un autre système de machines préparatoires, mais ils se croyaient arrivés au terme de la perfection quant à la filature proprement dite; de sorte

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que, lorsque les procédés de M. de Girard leur furent proposés, ils n'admirent que ses machines préparatoires, ne voyant sans doute dans le déchirement apparent des fibres du lin, lors de la filature, qu'un moyen extrême imaginé faute de connaître les procédés anglais. Cette seconde partie du système resta donc tout-à-fait oubliée. Les machines à filer en lin furent conservées telles qu'on les avait employées jusqu'alors, et tous les perfectionnements se bornèrent à l'adoption des nouvelles machines préparatoires.

« Ce fut cependant, continue M. de Girard, un pas immense qui » changa totalement le sort des filatures anglaises. A leurs grossiers » étirages, où le lin le mieux peigné se transformait en étoupes avant » d'être filé, succédèrent les étirages à séries de peignes sans fin, qui, » bien loin de détériorer le lin, ne font que l'affiner de plus en plus, » tout en maintenant invariablement le parallélisme des brins. A » l'aide de ce perfectionnement, ils purent enfin obtenir des fils » en gros (1) d'une régularité parfaite ; et ces préparations, portées » sur leurs anciennes machines à filer, produisirent des fils tellement » supérieurs à ceux qu'ils obtenaient auparavant, qu'ils purent dé- » sormais soutenir la concurrence avec les fils de même qualité » filés à la main, et bientôt ils ne purent plus suffire aux demandes » du commerce. »

Voici comment M. de Girard raconte les causes qui firent adopter aux Anglais, en 1826, la seconde partie de son système.

« Je me trouvais en Angleterre, où j'avais été acheter un grand » nombre de machines de tous genres pour les usines et les diverses » fabriques du royaume de Pologne. Par un singulier hasard, ce » fut précisément à cette époque que M. Key, mécanicien anglais, » ayant eu connaissance de mon procédé de filature en fin, prit une » patente pour ce mode d'étirage qu'il annonça comme nouvelle. Il » fit des expériences publiques dans une fabrique de Leeds, en pré- » sence des chefs des principales filatures de cette ville. Il ne lui fut » pas difficile d'exciter leur admiration et leur enthousiasme par les » résultats merveilleux qu'il leur montra. Ce fut dans ces termes que » les journaux anglais publièrent à l'envi les louanges de M. Key. » Plusieurs fabricants étaient déjà en traité avec lui, lorsque le » triomphant inventeur se vit tout-à-coup dépouillé de ses titres » d'emprunt par une déclaration que je publiai dans les journaux

(1) Cette expression ne doit pas s'entendre d'un fil véritable, mais d'une espèce de boudin à peine tordu, qui est l'une des préparations de la matière filamenteuse. La *filature en fin* est la dernière opération qu'on lui fait subir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» de Manchester et de Leeds, dans laquelle, en réclamant mon titre » d'inventeur, je prouvais la nullité de la patente de M. Key, comme » ne contenant rien qui ne se trouvât déjà dans celle que mes asso- » ciés avaient prise (sans ma participation) au nom de M. Hall, en » 1815, laquelle n'était elle-même que la copie de mes brevets » d'invention pris en France depuis l'année 1810. Cette dernière » patente étant déjà expirée, laissait désormais mes inventions dans » le domaine public.

» Les faits étaient tellement évidents que M. Key n'essaya pas » même de les contester. Sa patente fut désormais considérée comme » non avenue, et tous les fileurs s'empressèrent d'adopter, sans » réclamation de sa part, ce procédé nouveau pour eux.

» Ainsi, par un singulier concours de circonstances, ce fut moi, » étranger, qui mis les fileurs anglais en possession de cette partie » si essentielle de mes inventions, et, par suite des mêmes circon- » stances, je dus la leur donner gratuitement. Enfin, ce fut précisé- » ment en prouvant que j'en étais le véritable inventeur que je les » affranchis du tribut qu'ils auraient dû payer à M. Key pour en » faire usage.....

» Cet événement fut, sans aucun doute, l'un des plus importants » que l'on puisse citer dans l'histoire de l'industrie manufacturière. » La France a commencé, depuis plusieurs années, à en ressentir » les immenses résultats. Une différence de 30 à 40 millions au » détriment de son commerce pour la seule année 1838! telles ont » été les suites de l'exil auquel le gouvernement de 1815 condamna » et l'invention née de la parole de Napoléon, et l'inventeur, à qui il » ne sut offrir, au lieu du million promis, qu'un prêt de 8,000 fr. » pour lequel encore il exigeait une hypothèque que nous ne pou- » vions pas donner : protection dérisoire que je ne rappelle qu'avec » douleur pour justifier mon expatriation. »

Tels sont les faits principaux énoncés par M. de Girard dans un *Mémoire* adressé par lui *au roi, aux ministres et aux Chambres, sur la priorité due à la France dans l'invention des machines à filer le lin.*

En m'occupant tout-à-l'heure des machines de ce genre qui figuraient à l'exposition, j'indiquerai les principales conditions de détail qui diffèrent de celles décrites dans les brevets de M. de Girard. Mais auparavant je signalerai une peigneuse à lin inventée par lui à Varsovie, et exécutée par M. Decoster. Cette peigneuse, dont les dispositions ne pourraient être comprises qu'à l'aide de plusieurs figures, est une des plus ingénieuses machines de l'exposition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Puisque je viens de nommer M. Decoster (1), c'est par lui que je commencerai l'examen des machines à filer le lin qui figuraient à l'exposition.

Et d'abord, je dirai qu'il résulte, des renseignements que j'ai pu obtenir, que cet habile ingénieur est évidemment le premier qui commença à établir en France des machines de ce genre au moyen de modèles qu'il s'était procurés à grands frais en Angleterre. La date de cette importation remonte à 1835. A la vérité, deux filateurs avaient devancé de quelques mois M. Decoster; mais comme ils tenaient leurs ateliers fermés aux constructeurs, M. Decoster peut à juste titre être considéré comme le véritable ré-importateur de cette industrie, si dédaigneusement chassée de la France par la stupidité de la Restauration.

L'histoire de cette introduction est trop curieuse pour que je résiste au désir d'en raconter les principaux traits, tout en regrettant de ne pouvoir faire passer sous ma plume l'originalité piquante que lui donnait M. Decoster en la racontant.

Les dessins de la peigneuse de M. de Girard étaient arrivés à la Société d'encouragement, et l'intérêt qu'elle inspirait faisait vivement désirer que son exécution fût confiée à un habile constructeur. M. Saulnier désigna M. Decoster, alors employé dans les ateliers de la Monnaie, comme l'ouvrier le plus capable d'exécuter cette machine, dont les dessins ne rendaient pas parfaitement toutes les fonctions. M. Decoster, mis en rapport avec le neveu de l'inventeur, parvint non seulement à exécuter la machine, mais encore à en rendre le jeu plus facile et plus certain, tout en en respectant le principe.

Le résultat fut magnifique : la machine donna du lin parfaitement peigné; mais ce n'était pas en France qu'elle pouvait trouver sa principale application, puisqu'il n'y existait pas de filature mécanique. Il fut donc résolu de la porter en Angleterre, où elle obtint un succès complet. M. Decoster allait, d'atelier en atelier, construire les modèles qui devaient servir de types aux constructeurs. Là, il put prendre connaissance des principaux appareils employés dans la filature du lin, et il songea aux moyens de l'introduire en France.

Avec les bénéfices qu'il avait retirés de la vente et de la construction de la peigneuse, il achète un assortiment en laissant croire qu'il a l'intention de se fixer en Angleterre; et, pour parer autant que possible aux suites d'une saisie de ces machines, si la douane anglaise éventait son projet de les transporter en France, il s'installe a 3 milles de Londres avec un dessinateur français; et, y trans-

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

portant successivement les principaux organes des appareils déposés en lieu sûr à Londres, il dessine jour et nuit tous les détails des pièces qu'il craint de voir tomber entre les mains des douaniers anglais.

On sait que le dimanche est férié par le puritanisme anglais avec la rigidité la plus absolue. Nos deux Français, beaucoup moins scrupuleux, et pressés par le temps, ne se faisaient pas faute d'enfreindre le précepte si religieusement observé dans le royaume-uni, lorsque l'épouse du dessinateur leur fit remarquer que chaque dimanche, et tous les soirs, une fenêtre de la maison en face était constamment occupée par un homme qui ne cessait d'avoir les regards dirigés vers la pièce où ils travaillaient avec tant d'ardeur. Renseignements pris, on apprend que l'homme en question n'est autre qu'un brave douanier qui a fixé ses pénates dans cette maison, qu'il n'occupe guère que la nuit dans la semaine, et, le dimanche, dans la journée.

Figurez-vous l'inquiétude de nos deux travailleurs. Ils s'étaient éloignés de Londres pour se soustraire aux enquêtes de la douane, et voilà qu'ils ont dressé justement leur tente sous l'œil vigilant d'un de ses argus. Bientôt ils s'aperçoivent qu'un nouveau voisin, installé dans la maison même qu'ils habitent, échange une correspondance télégraphique avec le limier du Custom-House, et nos amis de déménager au plus vite, en prenant toutes sortes de précautions pour faire perdre leur trace. C'est ici surtout que la plume me fait défaut pour vous raconter avec la verve si pittoresque du récit de M. Decoster comment, pour déguiser la nature des pièces qu'il voulait faire sortir d'Angleterre, il imagina d'en loger une partie dans de fortes colonnes en fonte, qu'il fit passer pour des pièces de bâtis qu'il voulait introduire en France; comment l'autre partie, déclarée sous le nom d'une marchandise qui payait des droits très élevés d'exportation, put enfin quitter ces rives avares de leur proie; comment, après avoir échappé miraculeusement aux griffes de la douane anglaise, M. Decoster vint échouer dans celles de la douane française, qui mit haro sur la caisse contenant les pièces dont les dessins n'avaient pu être terminés, et cela parce que l'épouse de son compagnon de voyage avait, probablement dans la crainte du froid, doublé ses jupes avec cinq ou six jupons de mousseline anglaise; comment enfin il parvint à se faire restituer cette précieuse caisse, et à l'acheminer sur Paris avec ses non moins précieuses colonnes.

M. Decoster n'avait pu, dans cette première importation, se procurer qu'un asssortiment de préparations d'un métier à l'eau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaude; plus tard, il parvint à avoir un métier à filer les étoupes, système écossais, dont il améliora notablement les dispositions. Mais il lui manquait un métier pour filer les longs brins à sec, de manière à permettre à nos filateurs d'entrer en concurrence avec les Anglais pour la production des fils de cordonnier que nous tirions en grande quantité d'Angleterre. N'ayant pu s'en procurer un modèle, il parvint à le créer lui-même en s'aidant des souvenirs de son long séjour en Angleterre, où très peu d'ateliers de constructions lui restèrent inconnus; car, où il ne pouvait être reçu comme ingénieur, il trouvait le moyen de se faire admettre comme ouvrier. Un métier de ce système, d'une simplicité remarquable, figurait à l'exposition.

Le métier à l'eau chaude que M. Decoster avait tiré d'Angleterre ne permettait pas la filature de tous les numéros de fil connus dans le commerce. Il l'a successivement modifié de plusieurs manières, afin de ne laisser aucune lacune dans le travail de nos filateurs. Toutes ces modifications ont réussi. L'une d'entre elles permet de filer le chanvre, plus dur et plus difficile à étirer que le lin, et cela plus facilement qu'on n'est parvenu à le faire en Angleterre. C'est aujourd'hui une des principales ressources de notre industrie.

On trouve dans les ateliers de M. Decoster jusqu'à six modèles différents de métiers à filer, qui peuvent même, au moyen du changement des broches, fournir un grand nombre de combinaisons de manière à répondre aux besoins les plus variés de l'industrie.

Les principales modifications qui ont été apportées en Angleterre au système de machines préparatoires de M. de Girard consistent dans la suppression des barrettes qui, placées entre les rangées de dents de peignes, soulevaient les filaments au moment où ces dents s'inclinaient sur les cylindres qui les faisaient mouvoir, pour empêcher ces filaments de suivre ce mouvement. Deux systèmes ont été imaginés dans ce but.

Dans le premier, chaque rangée de dents est fixée sur une barre métallique dont chaque extrémité, fixée à un maillon d'une chaîne sans fin, est en même temps engagée dans une rainure dont elle est obligée de suivre les contours. Cette rainure forme un circuit irrégulier formé de deux lignes horizontales et parallèles, presque droites, dont les extrémités sont raccordées par des courbes disposées de manière que lorsqu'une rangée de dents arrive à l'extrémité de sa course pour quitter le ruban de lin, elle descend presque verticalement, et ne se retourne pour suivre la rainure inférieure que lorsqu'elle ne touche plus le ruban d'étirage. L'autre courbe la ra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mène dans la position convenable pour reprendre le même ruban à l'autre extrémité du peigne.

Le second système consiste dans l'emploi de quatre vis horizontales disposées aux quatre angles d'un rectangle : chaque barrette, armée de ses dents, a ses deux extrémités logées dans les pas d'une de ces paires, de manière que, lorsque toutes les vis tournent, le système supérieur des peignes marche dans un sens, et le système inférieur dans l'autre. Mais, à chaque tour de vis, une barrette arrive à l'extrémité de sa course ; en ce moment la barrette supérieure tombe de son propre poids à l'extrémité du système inférieur, dont elle devient partie intégrante, tandis que la barrette de l'autre extrémité du système inférieur est soulevée par un organe convenable pour venir prendre son rang dans le système supérieur ; de sorte que chaque rangée de dents des peignes quitte le ruban et y rentre dans une direction constamment verticale.

Chacun de ces deux systèmes a ses partisans, et présente des avantages plus ou moins appréciés par les filateurs. M. Decoster, qui m'a paru plus partisan du premier système que du second, parce qu'il fait beaucoup moins de bruit, et qu'il le croit plus durable, établit, à moins de prescriptions contraires, ses assortiments de machines préparatoires moitié d'un système et moitié d'un autre.

La carde à lin est un immense appareil chargé de rétablir dans les étoupes du lin une première tendance au parallélisme absolu que ces fibres doivent avoir au moment où ils sont convertis en fil. Elle a encore pour but de séparer les filaments de diverses grandeurs qui sont mêlés au sortir de la peigneuse. Cette séparation s'obtient en disposant, autour d'un même tambour, et à des distances convenables, plusieurs systèmes de peignes dont les dents sont plus ou moins fines, plus ou moins espacées, de sorte que les uns retiennent ce que les autres ont laissé passer.

M. Decoster, se tenant au courant de tous les progrès accomplis soit en France, soit à l'étranger, a modifié plusieurs fois le système de ses cardes. Celle qu'il présentait à l'exposition était un quatrième système, expression des progrès des trois premiers.

Essayons de donner une idée de ces modifications. Les cylindres et les tambours ont d'abord été formés de simples douves de bois réunies et collées entre elles ; mais les variations atmosphériques ne tardaient pas à faire déjeter le bois et à rendre les circonférences irrégulières et excentriques ; conditions qui rendaient le travail absolument défectueux. Plus tard, on les exécuta en fonte ; mais on avait ainsi à faire mouvoir d'énormes masses qui absorbaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

inutilement une grande partie de la force motrice. Enfin, on imagina de les exécuter de petites pièces en bois debout, qui est beaucoup moins sujet que le bois de fil à se gauchir et à modifier la forme cylindrique que ces organes doivent conserver : aussi est-ce ce système auquel M. Decoster donne la préférence, à cause de sa sûreté et de sa légèreté. D'importantes modifications ont été apportées à cette carde par M. Decoster. Je citerai particulièrement le changement du mouvement de *va-et-vient* des peignes qui détachent les nappes des cylindres délivreurs, la suppression, au moyen de combinaisons beaucoup plus simples, des bielles compliquées qui, dans la carde anglaise, liaient entre eux tous les peignes; une disposition qui détruit la possibilité, pour les nombreux rubans qui sortent de cette carde, de se croiser à leur sortie, de se mêler, et par conséquent de se chiffonner les uns sur les autres. Enfin, malgré le grand nombre de cylindres que comporte cette carde, M. Decoster est parvenu à y adapter une couverture qui empêche, dans l'intérêt de la santé des ouvriers, la dispersion de la poussière et des étoupes.

Des changements non moins importants ont été apportés par M. Decoster au banc à broches. Le principal consiste dans le mouvement de *va-et-vient* du porte-bobine sur tous les bancs à broches du *système différentiel* (1), soit pour le lin, soit pour le coton, soit pour la laine. Ce va-et-vient avait été obtenu, jusqu'à présent, au moyen d'une *roue* dite *à échelle*, espèce de lanterne garnie de fuseaux, avec lesquels un pignon engrène alternativement, en dedans et en dehors de la circonférence de la roue, en passant par une ouverture pratiquée dans cette circonférence. Ce système présente le grave inconvénient qu'à chaque retour du pignon, soit qu'il entre dans la roue, soit qu'il en sorte, il y a nécessairement un temps d'arrêt, un point mort, qui, dans les machines de ce genre, est un vice capital, puisque le système appelé différentiel ne peut atteindre complétement son but qu'autant que la vitesse du mouvement des bobines se proportionne, sans interruption, aux progrès du renvidage. Les dispositions nouvelles appliquées par M. Decoster donnent au porte-bobine un mouvement sans interruption et un retour in-

(1) On donne ce nom aux conditions mécaniques qui font diminuer le mouvement angulaire des bobines à mesure qu'elles grossissent par le renvidement du fil. On conçoit, en effet, que si l'axe avait toujours la même vitesse, celle de la circonférence augmenterait à mesure de l'augmentation du diamètre de la bobine, ce qui amènerait de grandes inégalités dans la filature.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

stantané. Ces dispositions ont beaucoup d'analogie avec celles établies sur un banc à broches exposé par M. Pihet.

Entre autres dispositions heureuses dues à M. Decoster, je citerai un système de poulies de renvoi, dont l'application est devenue presque générale dans nos filatures, notamment pour les métiers. Il donne la faculté de faire partir les courroies dans telle direction qu'on veut, et permet de placer les métiers dans la position la plus avantageuse pour le travail.

J'allais oublier de vous signaler une machine des plus ingénieuses ayant pour but le broyage mécanique de la plante du lin et du chanvre pour retirer les filaments de la chènevotte. Elle se compose d'un certain nombre de barres de fer fixées sur plusieurs courbes excentriques à un axe qui leur imprime autour de lui un mouvement de rotation, de manière à les faire passer successivement entre d'autres barres de fer fixes, disposées circulairement, et sur lesquelles s'avance graduellement la poignée de tiges qu'il s'agit de broyer, de manière à briser, en les raclant en même temps, les portions de ces tiges qui se trouvent dans la direction des barres mobiles ; puis, lorsque tous les intervalles entre les barres fixes ont été successivement traversés par les barres mobiles, une lame, reprenant la poignée par dessous, la ramène au-dessus des barres fixes. L'action de cette machine a quelque chose de mystérieux. Lorsque la poignée est assez longue et assez touffue pour cacher la lame qui la ramène, il semble qu'un être intelligent préside à ce retour périodique des filaments aux conditions qui permettent sur eux l'action des barres mobiles.

L'irréprochable exécution des machines exposées par M. Decoster m'a inspiré le désir de visiter ses ateliers, où j'ai pu voir fonctionner une foule de machines-outils plus ingénieuses les unes que les autres, et dont quelques spécimens feront plus loin l'objet d'un examen spécial. J'ai pu y constater qu'outre l'avantage d'obtenir des pièces plus régulièrement exécutées, M. Decoster y trouvait celui d'une économie souvent très considérable dans les frais de production ; ce qui lui a permis de soutenir la lutte contre l'Angleterre, même dans nos plus mauvais jours.

M. Decoster estime à environ 70,000 broches l'importance actuelle de la filature du lin en France. Sa part dans ce nombre s'élève à 38,000. Sur 65 filatures existantes, il en a monté 25 en totalité; 11 l'ont été partiellement. Plus de la moitié des 32 autres auraient, d'après les renseignements qu'il m'a fournis, été montées par l'Angleterre.

M. Decoster a également monté deux filatures de lin en Espagne,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une en Italie, et fourni un grand nombre de machines à l'Allemagne et à la Suisse.

La maison N. Schlumberger et compagnie (1), de Guebeviller, occupait également à l'exposition une place importante par ses machines à filer le lin. C'est à elle qu'en 1839 les visiteurs de l'exposition ont dû de faire connaissance avec ces machines dont elle avait importé les modèles anglais en 1838.

Son exposition se composait d'une grande carde circulaire à étoupes, pouvant préparer par jour 300 kil. d'étoupes de lin ou de chanvre, plus un banc à broches pour préparer ces étoupes à la filature. Ces deux machines réunissent en substance les principaux perfectionnements apportés depuis cinq ans à la filature du lin.

Mais pour mettre plus de clarté dans l'indication de ces perfectionnements et suppléer à ce que les détails dans lesquels je suis entré, pour M. Decoster, pourraient avoir d'obscur, je vais essayer d'esquisser rapidement les diverses opérations de la filature du lin, en indiquant à mesure de mon récit les perfectionnements qui appartiennent à MM. Schlumberger.

Habituellement le lin arrive tout teillé dans les établissements de filature. La première opération qu'on lui fait subir est celle du peignage, soit à la main, soit par une machine. Dans les deux cas, on le fait passer par une série de peignes de plus en plus fins, jusqu'à ce qu'il ne laisse plus de déchets dans le peigne le plus fin. Les déchets laissés dans les peignes sont les étoupes, qui exigent pour être filées une préparation particulière dont le lin n'a pas besoin.

Occupons-nous donc d'abord du lin proprement dit, ou longs brins.

En sortant du peignage, le lin est étalé par poignées sur un premier étirage formant de deux à quatre rubans, sur une série de peignes plus fins que le dernier peigne du peignage, et qui ont un mouvement de translation dans le sens de la marche du lin, mais dont la vitesse est égale ou un peu supérieure à celle des cylindres alimentaires, entre lesquels les filaments sont obligés de passer avant d'atteindre les peignes, tandis qu'ils sont tirés à travers les dents des peignes par d'autres cylindres appelés étireurs, et dont la vitesse à la circonférence est plus grande que la vitesse de translation des peignes. En sortant des cylindres étireurs, les deux ou quatre rubans se réunissent en un seul, et tombent dans un pot.

De là, le lin est porté à un deuxième, puis à un troisième étirage, où il est étiré de moins en moins, en passant par une suite de

(1) Rappel de médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peignes de plus en plus fins pour déterminer le parallélisme le plus exact possible entre les filaments.

Après avoir passé par ces trois étirages successifs, et le ruban ayant été chaque fois doublé, afin d'obtenir une mèche bien égale, celle-ci arrive au banc à broches, où elle est légèrement tordue et enroulée autour d'une bobine.

Le banc à broches exposé par la maison Schlumberger se composait d'un étirage en tout semblable au troisième étirage décrit, où la mèche est étirée une quatrième fois. Le mouvement de translation des peignes y est déterminé par les quatre vis dont j'ai donné plus haut la description. En sortant des cylindres étireurs, la mèche est tordue par une ailette, et, devenue fil en gros, est renvidée sur une bobine en bois, qui glisse dans le sens vertical sur une broche surmontée de cette ailette qui renvide, sur la bobine, le fil fourni par les cylindres; la quantité de ce renvidement est déterminée par la différence de vitesse entre la broche et la bobine. Les broches sont mues par des engrenages coniques, et je ferai remarquer que MM. Schlumberger sont les premiers, même avant les Anglais, qui ont appliqué ces engrenages aux broches des bancs à broches. Les machines exposées en 1839 comportaient déjà ce perfectionnement.

On comprendra que la bobine grossissant constamment à mesure de l'enroulement du fil, la vitesse de l'ailette devra varier pour conserver la même différence entre elle et la vitesse de la bobine, et cela dans le rapport du diamètre de la bobine vide au diamètre de la bobine pleine.

De plus, le fil devant s'enrouler par couches successives sur la bobine, celle-ci devra avoir, outre son mouvement de rotation, un mouvement de translation dans le sens vertical, mouvement qui devra se ralentir à mesure et dans le rapport exact de l'augmentation du diamètre de la bobine. Ce dernier mouvement s'opère au moyen de crémaillères fixées au porte-bobines, engrenant dans des pignons fixés sur un arbre, à l'une des extrémités duquel est une roue ou lanterne dite roue alternative, mue par un pignon qui, à son tour, reçoit son mouvement d'un cône.

Pour produire à la fois le mouvement de rotation progressivement accéléré de la bobine et le mouvement de translation vertical progressivement ralenti du porte-bobines, MM. Schlumberger ont employé le mouvement différentiel, qui, combiné avec le cône, dont les diamètres extrêmes sont dans le rapport des diamètres de la bobine vide et de la bobine pleine, résout le problème proposé.

On comprendra par cet exposé rapide, et que je ne pourrais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rendre plus clair sans un grand nombre de figures, toute l'importance du banc à broches dans la filature, quelle précision il exige dans les rapports de vitesse, et, en général, dans sa construction.

Les bobines du banc à broches sont transportées et montées sur des brochettes placées derrière le métier à filer en fin. De là, le fil en gros passe dans une auge remplie d'eau chaude à 80°, où se dissout la matière qui agglutine les fibres élémentaires, qui, pouvant alors glisser les unes sur les autres, permettent un dernier étirage entre deux paires de cylindres cannelés, au-delà desquels le fil est tordu et se renvide sur de petites bobines en bois.

Ces bobines passent au dévidage, où le fil est mis en écheveltes, et livré au commerce après séchage.

Revenons aux étoupes produites par le peignage du lin.

La première opération qu'on fasse subir à l'étoupe est le cardage. Il s'opère ordinairement au moyen de deux cardes : une carde en gros et une carde en fin. La première a une table pour l'étalage de la matière brute; la seconde reçoit les rubans produits par la première. Du reste, le travail que subit l'étoupe est à peu près le même sur l'une que sur l'autre. MM. Schlumberger n'en avaient exposé qu'une.

L'étoupe est étalée sur une toile sans fin qui l'amène aux cylindres alimentaires, au nombre de quatre, afin de la bien présenter à l'action d'un grand tambour, autour duquel sont disposés tous les autres organes de la machine. Le tambour, ainsi que les cylindres et rouleaux qui l'enveloppent, est recouvert de bandes de cuir garnies de pointes en fil de fer, courbées toutes de manière à travailler et à se livrer tour à tour la matière filamenteuse.

L'étoupe livrée au grand tambour par des cylindres alimentaires passe successivement à neuf paires de hérissons, dont l'un dépouille l'autre pour la livrer de nouveau au grand tambour; alternatives qui finissent par rendre les filaments parallèles entre eux.

Après avoir traversé la dernière paire de hérissons, l'étoupe est livrée par le grand tambour à trois tambours délivreurs qui s'emparent chacun, l'un des plus longs filaments, l'autre des moyens et le troisième des plus petits, parce que les cardes qui les recouvrent ont trois degrés différents de finesse; chaque tambour délivreur est dépouillé à son tour par un peigne qui a un mouvement très rapide de va-et-vient. Toute la largeur de la nappe passe dans quatre entonnoirs, et se réunit en un seul ruban sur une table en fonte bien polie, d'où le ruban est déversé dans un pot. Ces rubans sont ensuite réunis en rouleaux, dont la longueur occupe le quart de la largeur de la carde en fin, qui est alimentée par quatre de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ces rouleaux. Ce second cardage, entièrement semblable au premier, sauf la plus grande finesse des cardes employées, produit finalement trois rubans de trois qualités différentes d'étoupes, provenant des trois *doffers* qui dépouillent le grand tambour.

Les rubans provenant de la carde en fin subissent alors, comme le lin peigné, plusieurs étirages ; puis passent au banc à broches, et de là au métier à filer en fin.

Jusqu'en 1842, la plus grande partie des appareils de filature de MM. Schlumberger se plaçait en Suisse, en Autriche, en Prusse, en Italie et en Espagne. Depuis que l'Angleterre a permis la libre sortie des machines, ces marchés se sont presque entièrement fermés aux constructeurs français, parce que les fontes, les fers et les houilles, qui forment les principales matières premières de ces machines, coûtent en France environ quatre fois plus cher qu'en Angleterre, qui possède, en outre, l'avantage de pouvoir expédier ses produits sur la plupart des points de l'Europe, à moins de frais que la France.

L'avenir des ateliers de construction française est évidemment compromis par cette concurrence inattendue au moment où elle s'est manifestée. Une prime de sortie sur les machines, compensant le droit d'entrée sur les matières premières, semble ne plus pouvoir être refusée à ces établissements, et ne les relèverait même qu'en partie du coup qui leur a été porté. Le droit d'entrée en France des machines anglaises, tant que ces machines ne pouvaient sortir d'Angleterre qu'en violant les lois anglaises, est aujourd'hui loin de compenser la différence des prix de revient respectifs : aussi les constructeurs français ont-ils la douleur de voir presque toutes les affaires importantes qu'ils pourraient traiter, enlevées, sous leurs yeux, par les constructeurs anglais. J'ai personnellement assisté à l'un de ces scandaleux marchés au milieu même de l'exposition, où une misérable différence de 5 p. c. a livré une commande considérable à un constructeur anglais. La concurrence avec l'Angleterre est impossible ou ruineuse, non parce que les Anglais livrent des produits plus parfaits, notre magnifique salle de machines était là pour attester que la différence ne serait pas en notre défaveur, mais parce qu'ils offrent, droits d'entrée payés, à des prix inférieurs aux prix de revient des constructeurs français.

D'anciennes commandes, des travaux d'assortiment occupent encore une partie des ateliers français. Mais cette ressource, plus que précaire, diminue tous les jours, et ce n'est pas sans effroi qu'on envisage l'avenir prochain réservé à une industrie dont dérivent aujourd'hui toutes les autres, et à la classe aussi nombreuse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'intéressante d'ouvriers intelligents qu'elle a formés et qu'elle a occupés jusqu'à présent (1).

Mais revenons à MM. Schlumberger. Outre leurs ateliers de construction, ces messieurs ont aussi des ateliers de filature de lin et de coton. La première possède de 1,400 broches, occupant une force de 15 chevaux ; la seconde, 55,000 broches, employant une force de 120 à 140 chevaux et donnant du travail à 1,300 ouvriers. Ils ont introduit, comme perfectionnement, dans cette dernière filature, des cardes débourrant seules leurs chapeaux et des mull-jennys à renvideurs mécaniques, sur lesquels les renseignements techniques me manquent, ces machines n'ayant pas figuré à l'exposition.

Ces produits, dont l'exportation était autrefois considérable, ne trouvent plus d'écoulement qu'en France, depuis que la prime d'exportation a été réduite à moitié.

Quant à la filature du lin, ils ont établi un assortiment spécial pour la filature de la chaîne et de la trame des toiles à voiles, et un métier particulièrement destiné à la production jusqu'ici impossible, si ce n'est à la main, de fils de chanvre pour toile de ménage. Ces produits ne peuvent également s'écouler qu'en France, à cause du droit perçu sur le lin brut, droit qui n'est compensé par aucun *drawback* à la sortie des fils, mais surtout à cause de la concurrence acharnée que font aux nôtres les filateurs anglais, forcés de vendre leurs produits à tous prix, plutôt que de se ruiner encore plus rapidement par des chômages.

D'autres industriels avaient également exposé des appareils destinés à la filature du lin et du chanvre ; mais le manque absolu de renseignements techniques, soit sur les prétentions de ces exposants, soit sur les résultats qu'on peut obtenir de leurs machines, ne me permet pas d'en entretenir vos lecteurs.

Parmi les représentants de la filature de coton, je vous signalerai d'abord la maison André Koechlin (2) et compagnie de Mulhouse, qui avait exposé une continue (3) pour coton, susceptible d'être appliquée à la laine et au lin, ainsi qu'aux fils retors.

(1) Ces observations étaient écrites avant la publication récente des ordonnances qui modifient le tarif des douanes, et qui paraissent devoir apporter quelques soulagements aux sacrifices énormes que s'imposent nos constructeurs.

(2) M. A. Koechlin était membre du jury.

(3) On nomme *continue* une machine à filer sur laquelle le renvidage se fait d'une manière continue à mesure de la torsion du fil. Dans la mull-jenny, au contraire, ce renvidage se fait d'une manière intermittente et par aiguillées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les avantages très caractéristiques de ce métier sont de donner au fil une élasticité que n'ont pas d'ordinaire les fils ainsi obtenus, et de bien fonctionner avec la vitesse prodigieuse de 5,500 tours d'ailettes par minute. Cette élasticité est due au peu de tension qu'a le fil au sortir des cylindres, parce qu'il est retenu par une molette à encoches qui marche en sens inverse du fil. Cette molette reporte le tors jusque sous les cylindres, et ne laisse prendre de tension au fil que depuis la molette jusqu'à la bobine, c'est-à-dire après qu'il est tordu; ce qui permet de faire marcher la machine avec une vitesse beaucoup plus grande que dans les systèmes ordinaires. Une autre particularité de cette continue est d'avoir les broches fixes et les ailettes redressées, de sorte qu'on peut lever les bobines sans retirer les ailettes, et par là gagner du temps, tout en rendant les ailettes plus solides.

Cette industrie était encore représentée par M. Aug. Pihet (1), dont la réputation bien méritée en ce genre remonte à de longues années. Il avait exposé un banc à broches en fin, remarquable par sa solidité et l'entente de sa construction, et dont les produits offrent une régularité qu'on obtenait difficilement des anciens bancs à broches. Ses broches en acier fondu, commandées par des engrenages d'angle inclinés, peuvent recevoir une grande vitesse, ce qui permet d'obtenir plus de produits sans augmenter la dépense de force motrice.

MM. Sthamm et compagnie de Thann avaient exposé un banc à broches et une carde à coton d'une fort bonne exécution. Le premier se distinguait des bancs à broches ordinaires par la transmission du mouvement de l'arbre principal aux bobines. Son cône a plus de stabilité au moyen d'un chariot à poulies de tension et de renvoi, ce qui permet à la courroie de s'allonger et de se raccourcir suivant les diamètres différents du cône qui la commande, et d'obtenir, par conséquent, un renvidage plus régulier.

La carde présente cette modification, qu'au moyen d'un mécanisme très simple, on peut arrêter spontanément les cylindres alimentaires et les hérissons débourreurs, sans que le grand tambour cesse de marcher, et, par conséquent, sans nuire au travail déjà fait. On évite par là le déchet que, d'ordinaire, on produit toutes les fois que, pour s'arrêter, on est obligé d'attendre que la vitesse acquise du grand tambour soit absorbée par le frottement de son axe sur les coussinets.

Du coton, passons à la laine. La maison Pihet exposait encore une carde fileuse pour la laine grasse. On a donné le nom de fileuse

(1) Nouvelle médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à cette carde, parce qu'on y a appliqué des cylindres peigneurs garnis de rubans de cardes en forme de bagues et à des distances égales. On peut en détacher trente mèches, qui, à leur sortie, passent dans des tubes, où elles prennent assez de consistance pour s'enrouler sur un cylindre que l'on porte ensuite aux métiers à filer.

L'emploi de cette carde s'est beaucoup répandu, parce qu'elle supprime la filature en gros, et, par conséquent, le travail des enfants, qui, dans l'ancien système, avaient pour fonctions de réunir au bout les unes des autres, des mèches appelées loquettes, d'un mètre de longueur. Ces jonctions se faisaient généralement mal, et produisaient, dans les fils, des irrégularités auxquelles on ne pouvait plus remédier.

L'ordre des faits nous ramène à M. A. Koechlin, qui exposait un banc à broches pour la laine peignée. Cette machine se compose en grande partie des mêmes éléments que le banc à broches pour le coton. Les broches et les bobines sont mues par des roues coniques, taillées légèrement en hélices, dont les unes, situées dans des plans différents de ceux des pignons des bobines et des broches, permettent à ces dernières d'avoir une longueur plus grande qu'avec les roues dont les axes se rencontrent; ce qui facilite le graissage, et rend leur extrémité supérieure moins sujette à osciller, lorsque le chariot de la machine est au bas de sa course.

Elle diffère des bancs à broches ordinaires pour le coton, en ce qu'elle est munie de cinq rangs de cylindres, dont l'écartement peut être réglé isolément pour chaque rang. Il en est de même pour les chapeaux.

En outre, la pression, qui d'ordinaire reste suspendue sur les cylindres pendant les heures d'inaction, et a l'inconvénient de détruire leur élasticité, peut en être isolée en quelques instants sur toute la longueur de la machine, au moyen de leviers à tiges excentriques qui viennent s'interposer entre le porte-cylindre et la pression.

Ce banc, bien qu'au premier abord il ait, pour le fini, de la ressemblance avec les machines exposées en 1839 par la même maison, pourrait servir de point de comparaison entre le mode de construction de 1839 et celui de 1844.

En 1839, beaucoup de pièces étaient blanchies à la meule, ce qui n'ajoutait qu'au coup d'œil. Cette année, on ne voyait guère que des pièces planées et quelquefois polies : aussi remarquait-on généralement que l'ensemble de l'exposition se ressentait de l'emploi plus général et mieux entendu des machines-outils. Il y a donc un grand progrès sous ce rapport, puisque c'est un moyen de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remplir deux conditions fort importantes et à l'ordre du jour : mieux faire et à plus bas prix.

Dans la machine qui nous occupe, une pièce, de peu d'importance au premier aperçu, vient encore prouver en faveur des machines-outils : c'est le cône en fonte qui commande les bobines, et qui est tourné à l'intérieur comme à l'extérieur. Il en résulte que le centre de gravité de cette pièce est exactement dans l'axe, tandis qu'il serait inévitablement excentrique, sans la précaution prise de la tourner à l'intérieur ; et, comme elle est animée d'une grande vitesse, on n'a plus à craindre les effets de la force centrifuge qui se manifestent dans les cônes qui restent bruts à l'intérieur. Du reste, presque tous les autres constructeurs ont imité le mouvement brisé déjà appliqué au banc à broches, exposé en 1839 par la même maison, et qui annule l'effet de rotation sur la bobine, que causait le mouvement de translation alternatif du chariot dans les anciennes machines de ce genre. Il en a été de même du mouvement différentiel appliqué par elle, depuis nombre d'années.

Cette machine présente également l'avantage de diminuer les frais de main-d'œuvre, puisqu'elle fait par jour, avec une seule soigneuse, ce que faisaient plusieurs machines anciennes avec trois ou quatre ouvrières.

A côté des appareils dont je viens de donner une idée trop sommaire, figuraient avec honneur les machines à filer la laine exposées par M. Bruneaux aîné, de Rethel (1). Leur excellente exécution, la beauté des produits qui les accompagnaient, attiraient singulièrement l'attention des filateurs, que j'ai souvent vus, en grand nombre, en examiner avec soin tous les détails. M. Bruneaux méritait à tous égards cet honorable empressement. Constructeur de ce genre de machines depuis 1825, il les a constamment perfectionnées, soit en mettant plus de précision dans les ajustements, soit en simplifiant plusieurs organes autrefois très compliqués, soit enfin en les remplaçant par des dispositions plus sûres dans leurs effets ou moins sujettes à se détériorer : aussi une clientèle considérable a-t-elle récompensé, par de nombreuses commandes, de modestes mais persévérants efforts pour justifier la confiance qu'il s'est acquise. Il me serait impossible de vous signaler toutes les conditions de détail que M. Bruneaux a constamment améliorées dans sa longue et intelligente pratique, que j'ai eu fréquemment l'occasion d'apprécier, lorsque l'époque des vacances me ramenait dans ma famille, qui habitait la même ville que M. Bruneaux. Je

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

me bornerai à en citer deux qui, comme organes mécaniques applicables à de nombreuses machines, ont principalement fixé l'attention des mécaniciens. Le premier avait pour but de déterminer, dans une machine préparatoire, désignée sous le nom de *réunion*, un mouvement rapide de va-et-vient à un double système composé d'un grand nombre de manchons de cuir, superposés deux à deux, de manière à les faire frotter l'un contre l'autre, en même temps qu'ils sont animés d'un mouvement de rotation déterminé par celui de deux cylindres qu'ils enveloppent. Les moyens employés jusqu'à ce jour avaient pour principal inconvénient de laisser prendre, par l'usure, un jeu considérable à certaines pièces, de sorte qu'en très peu de temps, la machine était détraquée. M. Bruneaux est parvenu à détruire ce grave inconvénient, en articulant les deux systèmes de manchons aux extrémités de deux leviers placés à chaque bout de l'appareil, et en déterminant leur mouvement de va-et-vient au moyen de galets qui appuient alternativement sur chaque extrémité de l'un de ces leviers. L'ajustement de ces galets est disposé de manière à permettre de les rapprocher du levier à mesure que l'usure se manifeste, de sorte que le mouvement si rapide de l'appareil se produit constamment sans choc et d'une manière uniforme ; car, au lieu d'être alternativement tiré et poussé comme dans les anciennes machines, il n'est soumis qu'à cette dernière condition, ce qui prévient une nouvelle cause d'usure.

Nous avons vu plus haut que dans le renvidage du fil en gros de ses machines à filer le lin, M. Decoster a supprimé la roue dite à échelle, parce qu'au moment où le pignon, qui engrène avec cette roue, passe de la circonférence intérieure à la circonférence extérieure, et réciproquement, il se produit un temps d'arrêt, pendant lequel la bobine, continuant de tourner, produit sur le boudin, ou fil en gros, une tension qu'il n'éprouve pas dans les autres moments du travail, circonstance qui amène des variations notables dans la qualité du fil. M. Bruneaux a remédié à cet inconvénient dans une de ses machines préparatoires, désignée sous le nom de réunisseuse à cannelle, en employant, pour déterminer le renvidement d'une très grosse bobine, une vis à deux filets croisés, c'est-à-dire formant un double pas, l'un à droite, l'autre à gauche, qui se coupent deux fois à chaque tour des deux hélices. Un petit chariot, placé sous cette vis, porte un croissant mobile sur un axe vertical. Ce croissant, logé dans l'un des pas de la vis, est entraîné, avec son chariot, dans une certaine direction par le mouvement de rotation imprimé à la vis, ce qui détermine l'enroulement du fil en gros sur la bobine, par exemple du haut en bas de celle-ci. Mais, lorsque le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

croissant est arrivé à l'extrémité de la vis, il y rencontre un plan incliné qui le force, sans interruption, à se loger dans l'autre pas de la vis, dont le mouvement de rotation, resté le même, force cependant le chariot à marcher en sens contraire pour déterminer, de bas en haut, le renvidement de la bobine, jusqu'à ce que, atteignant l'autre extrémité de la vis, le croissant soit ramené par le même moyen dans le pas de la première vis, et reprenne sa direction primitive. C'est la première fois que j'ai eu l'occasion de voir, exécuté, cet organe mécanique dont on trouve une description plus que succincte dans l'*Essai* de Lanz et Bettancourt, qui l'attribuent à M. Barthélemy Sureda, mécanicien espagnol. J'ignore si M. Bruneaux en a puisé l'idée dans cet ouvrage ; mais l'empressement avec lequel cette disposition était examinée par les mécaniciens et les éloges qu'ils en faisaient m'autorisent à féliciter M. Bruneaux d'avoir fait entrer dans la mécanique pratique un organe qui, sans lui, fût probablement resté enseveli avec tant d'autres, non moins ingénieux peut-être, dans un livre, né d'une pensée utile, mais avorté dans l'exécution. J'aurai plus loin l'occasion de revenir sur ce sujet.

Je ne quitterai pas M. Bruneaux sans apporter une nouvelle preuve du mérite incontestable de ses machines. M. Tranchart-Froment (1), l'un de nos plus habiles filateurs de laine, avait exposé des fils dont la finesse et la régularité dépassaient tout ce qu'on a présenté en ce genre à l'exposition. Un des membres du jury lui fit, à cette occasion, le reproche amical d'avoir exposé des produits en dehors de sa fabrication courante, en ajoutant que le commerce se contentait parfaitement des excellents fils qu'il lui fournissait habituellement, et qu'il n'était pas besoin, pour qu'on l'appréciât à sa juste valeur, de faire du fil impossible. Eh bien, les 14,000 broches que M. Tranchart fait travailler près de Rethel sortent des ateliers de M. Bruneaux.

Après vous avoir entretenu des appareils spéciaux de filature, je vous indiquerai quelques conditions de détail qu'il m'a été possible de glaner. Je vous signalerai entre autres un manchon *à débrayer, à friction et à dents*, exposé par M. André de Thann. Ce manchon, inventé par M. André en 1837, s'emploie aujourd'hui généralement dans les filatures pour transmettre le mouvement du moteur aux cardes dites à couloirs. Il a d'abord, sur les débrayages ordinaires à dents, l'avantage d'éviter les secousses à la mise en train des machines, puis, avec les débrayages à friction, cette différence que la

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

friction n'est utilisée que pour la mise en marche, c'est-à-dire que jusqu'au moment où les machines commandées par lui ont atteint leur vitesse normale. Une fois arrivé à cette vitesse, l'appareil rentre dans les conditions des débrayages à dents, parce qu'alors plusieurs dents viennent s'engrener pour éviter tout glissement, quand le nombre des machines à mener vient à augmenter. J'ajouterai que cette maison est bien connue pour l'excellente exécution des transmissions de mouvements, des roues hydrauliques, etc., qu'elle exécute avec une grande précision, ainsi que pour les machines de tissages dont elle a fait une spécialité depuis plusieurs années.

Les machines à fabriquer les cardes à laine et à coton étaient nombreuses à l'exposition; malheureusement le mécanisme en est si compliqué que des explications verbales ne suffisent pas pour retenir ce qu'il peut présenter de nouveau, et surtout pour le décrire. Beaucoup de notes à ce sujet m'ont été promises; mais au moment où j'écris, aucune ne m'est parvenue, et je me trouve obligé de passer sous silence des perfectionnements réellement ingénieux.

La seule maison de ce genre sur laquelle il me soit parvenu des renseignements un peu précis, est celle de M. Miroude (1), de Rouen, dont les produits, mais non les appareils, figuraient à l'exposition. Les cardes à laine et à coton offraient toutes les apparences d'une excellente exécution, tant pour la régularité de la perce que pour l'égalité des dents. Mais ce qui m'a paru mériter une attention toute particulière, ce sont ses cardes à chanvre et à lin exécutées mécaniquement.

En France, comme à l'étranger, ce genre de cardes s'était jusqu'à présent exécuté à la main, en coupant d'abord le fil de fer plus ou moins gros, selon la finesse de la carde, à une longueur déterminée, puis en faisant les pointes sur une meule, opération qui avait le grave inconvénient d'échauffer le fil de fer, et par cela même de le rendre plus mou, et de permettre à la pointe de s'émousser plus facilement. On ploie ensuite ces dents dans des étaux, puis on les passe au tonneau pour les polir, et enfin on les *boute* une à une dans le cuir percé à l'avance. Toutes ces opérations, faites séparément, ne permettent que peu de régularité dans la fabrication.

La machine de M. Miroude paraît avoir les mêmes propriétés que les bonnes machines à bouter les cardes à laine et à coton, car les cardes à chanvre et à lin exposées par lui présentaient l'aspect le plus régulier et le plus satisfaisant. Il faut avoir vu manœuvrer les

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

machines à bouter ordinaires pour se rendre compte des difficultés qu'a dû rencontrer M. Miroude dans l'exécution de sa machine, qui, nous a-t-il assuré, présente en outre l'avantage d'exécuter les pointes des dents sans altérer les qualités du fer.

Je ne quitterai pas l'industrie de la filature sans faire part à vos lecteurs des prétentions, suivant moi très fondées, d'après les documents que j'ai entre les mains, de M. Henry aîné, à l'invention d'un organe important des machines à filer la laine peignée : je veux parler du manchon porteur de pièces garnies de pointes d'aiguilles, à travers lesquelles les filaments de la laine se redressent en se laminant. Bien qu'un organe du même genre ait été appliqué, dès 1810, à la filature de lin par M. de Girard, l'application de ce même organe à la filature de la laine peignée en 1815 par M. Henry, n'en doit pas moins être considérée comme une invention très méritoire, puisque la disparition des machines de ce dernier entraînait forcément la perte, pour l'industrie française, de tous les organes qui les composaient. L'idée d'interposer un manchon formé de petits peignes mobiles entre les cylindres d'étirages, analogues à ceux des machines à coton, a été suivie du peigne cylindrique à hérisson.

Le système de filer la laine peignée en Angleterre ne comportait, récemment encore, aucun peigne. Ce n'est que depuis quelques années qu'elle a adopté, pour le premier passage, un hérisson à l'imitation du système français.

Métiers à tisser.

L'ordre logique nous conduit, de l'examen des appareils producteurs du fil, à celui des machines qui l'emploient. Nous allons donc nous occuper des métiers à tisser, dont une grande variété existait à l'exposition. Malheureusement je n'ai pu avoir de données précises que sur le plus petit nombre.

Le premier que je vous signalerai avait une apparence des plus modestes ; mais le nom de A. Kœchlin le recommandait suffisamment à l'attention pour que son mérite ne restât pas ignoré de ceux qui prendraient la peine de l'étudier.

En effet, il a d'abord pour but le tissage des toiles serrées, en donnant deux coups de battant par *duite ;* et les dispositions des agents moteurs du battant le rendent susceptible d'être appliqué à toutes les largeurs de toiles, parce que les bielles brisées qui déterminent le mouvement de ce battant, n'arrivant jamais au-dessus de la hauteur de la chaine, peuvent être multipliées à volonté dans toute l'étendue du métier. L'envidage de la toile se fait sur son ensouple

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une manière rigoureusement uniforme, quel que soit le diamètre de l'ensouple, soit au commencement, soit à la fin de la pièce, et cela proportionnellement à la grosseur du fil de trame : ce résultat est obtenu au moyen d'un encliquetage sans denture, et à effet instantané, de l'invention de M. Saladin, qui l'avait présenté isolément à l'exposition de 1839, où cet organe mécanique obtient les suffrages de tous les mécaniciens, et sur lequel j'aurai occasion de revenir. Cet encliquetage est mû par un poids qui se trouve toujours placé par rapport à la toile comme s'il y était suspendu, et qui, proportionnel par son action à la quantité de fils de trame qui doivent occuper une longueur donnée de la toile, n'est pas assez pesant pour entraîner la chaîne, si une duite n'est pas venue s'interposer entre le dernier coup de battant et le coup suivant, de sorte que l'enroulement de la toile sur l'encouple s'arrête toutes les fois que la trame vient à casser. On sait que les variations de diamètre de l'ensouple de la chaîne sont en sens inverse de celles de l'ensouple de la toile ; mais sa marche étant réglée par la tension même de la chaîne, son dévidage doit rester assujetti aux progrès de la toile. Il est également déterminé par le même encliquetage, qui toutefois est commandé directement par l'arbre moteur dont l'action sur lui est limitée par le tirage plus ou moins grand de la chaîne. En d'autres termes, la course de cet encliquetage atteindrait son maximum à chaque tour de l'arbre moteur, si la tension même de la chaîne ne diminuait proportionnellement les résultats de cette action. Un poids dont la position plus ou moins élevée mesure cette tension, interpose, entre cet encliquetage et l'axe moteur, un plan incliné qui modifie la marche de l'encliquetage, et empêche ainsi toute variation dans la tension de la chaîne.

Si le métier dont je viens de vous entretenir n'occupait qu'une très petite place à l'exposition, et n'attirait que l'attention des hommes spéciaux ; en revanche, celui dont je vais essayer de faire comprendre le but et les fonctions attirait la foule par l'immense développement de ses formes et le bruit qu'il faisait en fonctionnant. Cette machine, exposée par MM. Barbé-Proyart et Bosquet (1), avait pour but de fabriquer deux châles brochés à la fois, et d'obtenir, par là, non seulement une économie de main-d'œuvre, mais encore une économie notable de matière.

Expliquons-nous sur ce dernier point.

Deux méthodes peuvent s'appliquer à la fabrication du châle ordinaire, l'espoulinage et le lancé.

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'espoulinage, qui n'est guère pratiqué que dans l'Inde, consiste à employer de petites navettes chargées chacune de l'une des couleurs qui composent le châle, et à les faire passer de fil en fil, et à la main, sur tous les points de la chaîne où chaque couleur est nécessaire. Il faut toute la patience dont les Indous sont doués pour ne pas se rebuter sur un travail aussi lent que fastitieux, et qui exige plusieurs années pour la confection d'un seul châle. Le lancé, au contraire, va rapidement en besogne ; et, lorsqu'au moyen de l'admirable mécanisme de Jacquart, le métier est convenablement monté, un mètre de tissu n'emploie pas le temps que l'espoulineur indou met à avancer son châle d'un millimètre. En revanche, il détermine un déchet considérable de matières coûteuses, car chaque couleur qui se trouve sur une même ligne perpendiculaire à la chaîne, n'y fût-elle représentée que par un point, exige une duite ou un coup de navette qui dépense une longueur de fil de trame égale à la largeur du tissu. Toute la portion de cette duite qui ne doit pas concourir au dessin n'est pas retenue dans les fils de la chaîne, et reste sous le tissu, d'où il faut l'enlever ultérieurement par le découpage.

On conçoit donc que, si l'on peut placer sur le même métier une seconde chaîne qui utilise les portions ainsi perdues de la trame, on aura deux châles au lieu d'un, sans autre augmentation de matière première que celle de cette seconde chaîne.

Tel est le problème général qui, avant MM. Barbé et Bosquet, avait été résolu par MM. Boas, dont je vous entretiendrai plus loin.

Suivant les premiers, la solution du problème ne peut être complète qu'autant que les deux châles ainsi fabriqués sont identiques en tous points, qu'autant que la couleur d'un point quelconque de l'un des deux châles est de la couleur du même point dans l'autre. Or, disent-ils, il est physiquement impossible que la duite qui couvre un fil de la chaîne de l'un des deux châles, couvre le fil correspondant de la chaîne du second. Ce fil est nécessairement couvert par une autre couleur, d'où il résulte qu'un bouquet bleu d'un des châles, par exemple, deviendra un bouquet rouge dans le second. Cette condition, ajoutent-ils, est plutôt une gêne qu'un avantage pour le fabricant, puisque, s'il recevait, suivant un échantillon type, une commande d'une quantité donnée d'un châle, il se trouverait dans la nécessité de fabriquer une pareille quantité de châles dont les couleurs seraient différemment disposées, dont le marchand, auteur de la commission, pourrait ne pas se trouver satisfait, et qui ne pourraient pas rester cependant entre les mains du fabricant, si le dessin est la propriété du commissionnaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En conséquence, M. Barbé a recherché les conditions qui permissent à la fois la fabrication de deux châles identiques de dessin et de couleurs, et voici comment il y est parvenu dans le métier qui figurait à l'exposition. Ce métier était monté pour un châle dit rayé, c'est-à-dire dont les dessins sont contenus dans des bandes d'une certaine largeur, et ne se répètent que de deux en deux bandes. Les deux chaînes étaient montées de manière à se croiser de la largeur de l'une de ces bandes, de sorte que, par exemple, pour la gauche du métier, la première bande n'était représentée que par la chaîne du châle de dessous, et, pour la droite, la dernière bande n'était produite que par la chaîne de dessus; en d'autres termes, les deux châles n'étaient doubles qu'entre les deux lisières, formées, l'une par la première bande du châle de dessous, l'autre par la dernière du châle de dessus.

Ces dispositions bien comprises, on se rendra facilement compte comment une navette, après avoir traversé la première bande de la chaîne du châle de dessous, peut venir traverser la première du châle de dessus, puisque celle-ci est superposée sur la seconde bande du châle de dessous, où la navette n'a rien à faire, pour repasser dans la troisième du premier châle, et ainsi de suite, économisant ainsi, au profit d'un second châle entièrement identique au premier, une portion du déchet qu'aurait produit la fabrication ordinaire d'un seul châle. J'ajouterai que ces résultats sont obtenus en n'employant, suivant MM. Barbé et Bosquet, qu'une seule mécanique, un seul dessin, une seule mise en carte, et enfin un seul jeu de carton. Je suis trop peu familiarisé avec les conditions de détails de la fabrication des tissus brochés pour oser tenter de donner à vos lecteurs une idée des dispositions adoptées à cet égard par ces exposants.

Leurs concurrents, MM. Boas (1), n'avaient exposé que des produits, et je n'ai pas vu leurs appareils; mais il y a quelque probabilité que les observations critiques que j'ai empruntées plus haut à MM. Barbé et Bosquet avaient en vue les procédés de M. Boas, qui, dans la même hypothèse, exigeraient deux mécaniques, deux dessins, deux jeux de cartons, et de plus, produiraient deux dessins différents ou deux dessins pareils, dont les couleurs seraient substituées les unes aux autres.

MM. Boas, auxquels j'ai présenté cette dernière objection, l'acceptent, au contraire, comme un avantage industriel, du moins quant à leur qualité de négociants, fabriquant pour eux seuls. Dans leur opinion, cette substitution de couleurs leur permet d'avoir en

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

magasin une plus grande variété. Souvent même, ajoutent-ils, le second châle est beaucoup plus beau que celui pour lequel le dessin a été fait, et comme nous pouvons à volonté modifier le dessin de ce second châle, nous augmentons encore par là la variété résultant de la substitution des couleurs. Dans un grand nombre de cas, la non-identité des deux châles ne repose que sur un changement de position tout-à-fait indifférente dans les couleurs. Ainsi, supposons, par exemple, que les palmes d'un châle soient alternativement bleues et jaunes, en commençant par la lisière de gauche; eh bien, elles seront exactement dans le même ordre pour le châle de dessous, lorsque tous deux seront séparés, parce que le développement des deux surfaces, après cette séparation, mettra à droite ce qui était à gauche, lorsque l'un des deux châles pouvait être considéré comme l'envers de l'autre.

Quant au croisement des chaines dans le métier de M. Barbé, MM. Boas pensent qu'il ne peut s'appliquer qu'aux châles rayés, et cette condition leur paraît sans importance, même pour ce genre de châles, parce qu'il leur paraît tout-à-fait indifférent que la première bande soit d'une couleur plutôt que d'une autre, pourvu que leur ordre successif reste le même, et produise sur la vue les mêmes impressions de contraste.

Je ne me prononcerai point entre ces deux rivalités, auxquelles je me bornerai à adresser les éloges que mérite toujours une chose ingénieuse et utile, lors même qu'elle n'aurait point atteint complétement le but.

Il me reste à parler des appareils spéciaux qu'il a été nécessaire d'inventer pour séparer les deux tissus formés par chacun des procédés dont je viens de vous entretenir. La machine à découper qui figurait à l'exposition était plus particulièrement l'œuvre de M. Bosquet, qui avait laissé à M. Barbé la tâche d'exécuter le métier à tisser proprement dit. Elle se composait d'une série de disques d'acier échancrés sur plusieurs points de leur circonférence, mécaniquement aiguisés et animés d'un mouvement de rotation très rapide, en même temps que d'un mouvement de va-et-vient, qui les promenait entre les deux tissus fortement tendus entre deux encouples qui les enroulaient à mesure que les disques déterminaient leur séparation, en découpant les portions de trames interposées entre eux.

Je n'ai pas vu la machine à découper de MM. Boas. Tout ce que je puis vous en dire, c'est que ces messieurs la prétendent plus parfaite que celle de leurs concurrents, et affirment qu'elle jouit de cette remarquable propriété, que les tranchants découpeurs s'af-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

futent par le travail au lieu de s'émousser, et qu'on n'a à s'en occuper que lorsqu'ils sont entièrement usés.

On sait que la machine de Jacquart, ou *la Jacquart* proprement dite, se compose d'un nombre toujours considérable d'aiguilles verticales ou crochets, combinés avec le même nombre d'aiguilles horizontales, dont les fonctions consistent à faire dévier en temps utile un certain nombre des premières, de manière que les aiguilles déviées échappent à l'action d'une griffe, chargée de soulever à la fois toutes celles qui sont restées dans la position verticale; ou bien, au contraire, car les deux systèmes sont appliqués, de mettre en prise avec la griffe les aiguilles déviées, de manière à déterminer le soulèvement de ces dernières. On sait encore que, dans les deux cas, les aiguilles soulevées entraînent avec elles les fils correspondants de la chaîne pour livrer passage à la navette, et que, pour chaque duite, ou chaque coup de navette, du choix des aiguilles ainsi déviées, dépend le dessin produit à mesure du tissage. On sait enfin que ces déviations sont déterminées par l'application successive, contre l'extrémité des aiguilles horizontales, de bandes de carton percées de trous, dont les parties pleines repoussent les aiguilles horizontales, et dont les trous laissent en place celles qui rencontrent ceux-ci, de sorte que le dessin du tissu dépend entièrement du nombre et de la disposition de ces trous. Chaque duite exige un carton; et, comme nous avons vu plus haut que, quand, sur la même ligne transversale, le dessin exige plusieurs couleurs, il faut lancer une duite pour chacune d'elles, il en résulte que le nombre de cartons qu'exigent certains tissus est vraiment effrayant; et l'on ne s'étonnera pas si de nombreuses tentatives ont été faites pour les remplacer.

Je suis trop incompétent en pareille matière pour prononcer que le but a été atteint ou manqué par M. Pascal (1), qui exposait un métier où les cartons étaient remplacés par une toile métallique très régulière, dont tous les trous, d'abord bouchés par un vernis très épais et très consistant, sont repercés dans les points où les aiguilles doivent rester en place, tandis que celles qui doivent être repoussées le sont par les portions de la toile où le vernis est resté intact.

On conçoit qu'on peut ainsi diminuer d'une manière notable, sur cette toile métallique, l'espace occupé dans l'ancienne méthode par chaque carton, dont les trous doivent être convenablement écartés,

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour que la résistance des pleins soit suffisante contre l'action des aiguilles.

Il résulte des indications de M. Pascal qu'un mètre de toile métallique, revenant à 1 fr., peut remplacer, dans certains cas, 450 cartons, et dans d'autres, 225 ; que le mécanisme employé par lui pour le *lisage* de cette toile, c'est-à-dire pour déterminer le perçage des trous qui doivent, pour chaque duite, laisser les aiguilles en repos, réduit à moitié les frais de ce lisage, et qu'enfin le repiquage, c'est-à-dire l'exécution du perçage d'une seconde toile au moyen de la première, s'opère avec une rapidité qui représenterait le perçage de soixante cartons ordinaires par minute. Le système de M. Pascal a soulevé à l'exposition beaucoup d'opinions contradictoires. Je regrette vivement de ne pas être assez versé dans la pratique des tissus ouvrés pour pouvoir me prononcer à ce sujet. Tout ce que je puis dire, dans cette circonstance, c'est que M. Pascal a mis au jour une des idées les plus ingénieuses de l'exposition, et que je fais des vœux bien sincères pour que le résultat réponde à ses espérances.

Il m'est également impossible, par les mêmes motifs, d'émettre une opinion motivée sur le mérite du métier Guiraud qui figurait aussi à l'exposition. Je me bornerai donc à indiquer sommairement les prétentions principales de M. Guiraud, laissant aux hommes compétents à les apprécier.

M. Guiraud a rendu mobiles ses lames de griffe qui peuvent, à chaque coup du battant, s'élever en partie ou rester en place, et avoir, par conséquent, une variété de mouvements analogue à celle des crochets eux-mêmes. De cette modification, considérée comme capitale par M. Guiraud, résulte l'entière suppression des lisses.

Une plus grande hauteur donnée à ces mêmes lames ne permet pas à leur bord inférieur de s'élever au-dessus des crochets restés en place. Elles ne peuvent donc, en retombant, jamais porter à faux sur ces crochets et les écraser, ce qui arrive fréquemment dans les Jacquart ordinaires ; c'est une des circonstances qui permettent de faire ces crochets en fil de fer extrêmement léger, de les disposer dans des directions nouvelles, d'alléger, par conséquent, le métier et de restreindre la place qu'il occupe.

Le mode de suspension des crochets formant ressort permet de supprimer la *planche à collets*. qui est remplacée par une grille en fil de laiton ou en tubes de verre, d'où résulte une notable diminution du frottement des fils d'arcade. Des toquets ou claquets sont adaptés par M. Guiraud sur les flancs du bâti pour régler la pression du battant du cylindre, pression qui ne s'opère maintenant que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lorsque les crochets ont cessé d'adhérer aux lames de griffe, d'où il résulte que le papier le plus fin peut remplacer les cartons, sans risquer d'être percé par les aiguilles horizontales. Cette disposition, en faisant éviter tout choc violent, permet de supprimer la presse, et réduit d'autant la force nécessaire pour manœuvrer le métier, déjà allégé par la diminution du poids des plombs des maillons, résultant de la suppression de la planche à collet. Enfin, les combinaisons nouvelles de l'appareil Guiraud permettraient encore la réduction du nombre des cartons, dans la plupart des cas, et celle de la presse et des élastiques.

En 1839, MM. Godemar et Meynier, de Lyon, avaient exposé un battant brocheur exécuté par M. Roger, habile tréfileur de Paris, et qui leur valut alors la médaille d'or dont ils ont obtenu le rappel cette année. On comprendra l'importance de cette invention, lorsque j'aurai fait remarquer qu'au moyen de cet appareil, chaque duite ne parcourait sur la chaine que l'espace occupé par la couleur qu'elle devait fournir, en un mot, que c'était un véritable espoulinage mécanique, appliqué toutefois à des bouquets séparés et non à des tissus, dont toute la surface est recouverte de dessins se croisant les uns les autres. Il me serait absolument impossible, sans recourir à des figures compliquées, d'expliquer clairement l'ingénieux mécanisme au moyen duquel chaque petite navette ou espoulin passait d'une fleur à l'autre pour y porter, en temps utile, la couleur demandée.

Mais tout ingénieux qu'était ce mécanisme, il avait ses limites d'application. Il exigeait, par exemple, entre chaque fleur, un intervalle uni qu'il était impossible de réduire, de même que la grandeur de chaque fleur ne pouvait, si ma mémoire est fidèle, dépasser certaines limites.

Le battant brocheur exposé cette année par M. Richard, de Lyon, bien qu'ayant, dans son action, des limites du même ordre, les a cependant de beaucoup reculées, en ce sens qu'il a considérablement réduit l'espace forcément réservé entre chaque bouquet.

L'appareil se compose d'un certain nombre de pièces en forme de croissant renversé, appliqué sur le devant du battant. Chaque croissant est double, c'est-à-dire formé d'un croissant fixe et d'un croissant mobile dans l'intérieur du premier, formant gouttière, et recouvrant les bords du croissant mobile.

On peut imprimer à celui-ci un mouvement de rotation alternatif, au moyen d'une crémaillère, régnant sur toute la longueur du battant, et engrenant avec une denture pratiquée sur la circonférence extérieure du croissant mobile, de sorte qu'en faisant ma-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nœuvrer la crémaillère dans un sens ou dans l'autre, une des extrémités du croissant mobile sort du croissant fixe, et vient fermer le cercle en s'engageant dans l'extrémité opposée du croissant fixe. Supposons maintenant douze petites bobines ou espoulins, chargés de soies de diverses couleurs, logés dans la gouttière du croissant fixe, et reposant sur le croissant mobile, les deux bobines extrêmes, retenues dans cette gouttière par un ressort latéral que le croissant mobile dégage en pénétrant dans le croissant fixe. Imaginons, en outre, à chaque bout du croissant mobile, une disposition telle, qu'il entraîne avec lui sa bobine extrême lorsqu'il sort du croissant fixe pour aller se loger dans l'extrémité opposée de ce même croissant, et y laisse la bobine lorsqu'il retourne en arrière, et nous comprendrons comment chaque bobine pourra à son tour passer entre les fils de la chaîne que la Jacquart aura écartés entre les deux extrémités de chaque croissant; nous comprendrons aussi que le choix de la couleur sera facultatif pour l'ouvrier, qui, avant d'ouvrir la chaîne, aura, au moyen d'un nombre convenable de coups perdus, amené la bobine choisie à l'une des extrémités du croissant.

La grandeur de chaque bouquet est, comme on le voit, limitée par l'intervalle entre les deux extrémités de chaque croissant, et l'espace qui les sépare par l'intervalle que les croissants ont entre eux sur le battant. Mais on conçoit qu'en adaptant une grandeur de croissant proportionnelle à celle des bouquets à faire, on peut reculer notablement ces limites, et que, comme le développement de chaque croissant ne dépasse que très peu la demi-circonférence, l'intervalle qui les sépare est réduit à son minimum.

Enfin, une disposition particulière du mécanisme permettant un mouvement de translation à tout l'ensemble du système, on peut, une rangée de bouquets étant terminée, faire obliquer la rangée suivante, de manière à placer en quinconces l'ensemble de tous les bouquets du tissu.

Le battant brocheur de M. Richard me parait une conception aussi ingénieuse qu'utile, et constitue, dans mon opinion, un véritable progrès industriel.

Un métier, dit système à la Barre, pour la fabrication des rubans, des galons et de toute espèce de passementerie, était exposé par M. Dioudonnat (1).

Ce métier était, jusqu'à présent, fabriqué exclusivement à Saint-Étienne, où il était difficile de se le procurer; et M. Dioudonnat

(1) Nouvelle médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aura rendu un véritable service à la passementerie parisienne, en consacrant à sa construction une partie de ses ateliers. Son principal mérite consiste dans une disposition du battant, qui, à un moment donné, change les navettes travailleuses pour y en substituer d'autres jusqu'alors inertes. Il en résulte que, dans la fabrication des boutons de soie par exemple, lorsque toute la portion du tissu qui doit rester apparente est terminée, le changement de navette fournit une trame de coton ou de fil pour les portions du bouton qui doivent rester cachées, conditions qui produisent une économie notable dans la fabrication.

Mais c'est principalement comme grand constructeur de machines applicables à la fabrication des tissus ouvrés que se recommande M. Dioudonnat. Il exposait, à côté de ce métier, une petite machine, importée d'Allemagne, pour lire et percer les cartons. Parmi les perfectionnements qu'il y a apportés, je vous signalerai un moyen nouveau de percer en même temps les repères et les enlaçages, et la facilité qu'elle offre au liseur de ne pas se déranger pour enlever les cartons à mesure de leur perçage, ce qui économise un temps considérable. Cette petite liseuse sera très utile dans les départements, où les liseurs publics sont rares. La modicité de son prix engagera la plupart des fabricants à se la procurer.

Plus loin, M. Dioudonnat exposait encore une grande machine pour le lisage et le recopiage, d'un système entièrement nouveau, dont il me serait, sans figures, impossible de donner une idée suffisamment claire. Je me bornerai à dire que cette machine, qui accélère considérablement le travail, permet de percer huit mille cartons par jour.

Les maillons de verre, destinés à soutenir les fils de la chaîne, sont également, chez M. Dioudonnat, l'objet d'une fabrication considérable, due à leur bonne qualité et à leur prix modique. Il sort de chez lui, par mois, plus d'un million de maillons, dont le prix varie de 2 à 15 fr. le mille, et qui, indépendamment de la consommation française, s'exportent en Angleterre, en Russie, en Prusse, en Italie, en Autriche, en Espagne et jusqu'aux États-Unis.

J'ai prononcé trop souvent le nom de Jacquart pour ne pas entrer dans quelques détails sur un homme qui a révolutionné, par son invention, la fabrication tout entière des tissus ouvrés. Jamais histoire ne fut plus surchargée d'incidents romanesques que celle qui nous est restée traditionnellement sur le compte de cet homme célèbre, et jamais cependant rien ne fut moins certain que les anecdotes racontées sur son compte. Je me bornerai pour ma part aux documents officiels que j'ai pu consulter. Le premier remonte au 23 dé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cembre 1801. C'est un brevet d'invention de 10 ans pour une machine destinée à suppléer le tireur de lacs dans la fabrication des étoffes brochées et façonnées, pris par le sieur Jacquart de Lyon. Mais la description de cette machine n'a d'autre analogie avec le métier Jacquart aujourd'hui connu que son application au même but. On y lit cependant cette phrase caractéristique de la tendance constante de Jacquart à s'occuper de ce genre d'invention :

« J'obtins d'abord en 1790 un succès assez important. Je donnai » aux manufactures à cette époque une machine qui depuis a été » mise en usage, de telle manière qu'en 1801 elle existait sur près » de quatre mille métiers dans la seule commune de Lyon. »

Le second document est un rapport de M. Bardel au comité des arts mécaniques de la Société d'encouragement sur un concours pour la fabrication des filets de pêche, en date du 9 nivôse an XI (1803). Le nom de Jacquart ne s'y trouve pas prononcé ; mais il est pour moi hors de doute que les phrases suivantes se rapportent à lui.

« L'échantillon n° 2 remplit mieux les conditions du programme ; les mailles en sont suffisamment grandes ; le fil employé, simple comme dans les filets ordinaires, et les nœuds ont toute la solidité convenable.

» L'auteur annonce que des filets construits par son procédé reviendraient à moitié moins, et même au quart du prix de main-d'œuvre, des filets actuellement en usage. Mais il ne communique aucun de ses moyens d'exécution ; il se borne à dire qu'instruit trop tard des vues de la Société, et ne pouvant par lui-même faire les frais de construction qu'exige sa mécanique, si l'échantillon qu'il présente fixe l'attention de la Société, il se livrera aux travaux qui doivent en assurer le succès. »

Le concours ayant été prorogé, un nouveau rapport du 2 messidor an XI annonce que l'artiste *lyonnais*, dont l'échantillon précédemment envoyé paraissait remplir les conditions du programme, avait été engagé à faire, aux frais de la Société, un modèle de son métier et à l'envoyer au conseil. Cette condition a été remplie de sa part avec zèle et désintéressement. Le modèle a été construit à ses frais, et envoyé au secrétaire de la Société.

Le rapporteur explique ensuite que les renseignements manquent pour faire fonctionner convenablement ce modèle ; mais que les certificats honorables qui l'accompagnent déclarent qu'on l'a vu fonctionner avec étonnement, et qu'on a été surpris des moyens ingénieux employés par l'auteur pour atteindre le but proposé.

C'étaient le préfet et d'autres personnes remarquables du dépar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tement du Rhône qui transmettaient cette approbation. Mais le comité, bien que disposé à croire le prix remporté, déclare ne pouvoir être convaincu qu'après avoir vu l'auteur lui-même travailler sur son ingénieuse machine.

« Nous vous proposons donc, en conséquence, dit en terminant le rapporteur, de nous autoriser à l'engager à venir à Paris; et, attendu que cet artiste est peu fortuné, et qu'il a déjà économisé vos fonds en se chargeant de la dépense de son modèle, que vous l'autorisiez à faire à vos frais, nous vous demandons de pourvoir aux dépenses de son voyage, pour lesquelles nous pensons qu'une somme de 150 fr. sera suffisante, sauf à statuer sur les frais de retour, si, contre toute attente, le prix de 1,000 fr. que vous avez voté n'était pas remporté. »

Depuis cette époque, toute trace de Jacquart disparaît dans les bulletins de la Société d'encouragement jusqu'à la séance générale du 14 thermidor an XIII (31 juillet 1805), où deux lignes apprennent au lecteur que la Société a accordé six médailles en bronze à MM. Jacquart, N..., N..., etc., qui ont remporté les prix, savoir : le premier, pour le métier à fabriquer des filets pour la pêche...

Le métier avait probablement fonctionné devant le comité de la Société. Jacquart avait probablement fait le voyage de Paris pour en faire comprendre le mécanisme, et avait mis, par cette publicité, son invention dans le domaine public. Cependant je trouve, dans le recueil des brevets expirés, à la date du 13 décembre 1805, un brevet d'invention de 15 ans pour un métier à faire du filet, pris par le sieur Jacquart de Lyon. Je n'essaierai pas de vous donner une idée de ce mécanisme, que jusqu'à présent je croyais entièrement perdu, dans l'ignorance où j'étais que Jacquart eût pris un brevet, mécanisme qui a donné naissance à la plus incroyable des anecdotes, celle sur laquelle est fondé le vaudeville du Gymnase qui porte le nom de Jacquart, et qu'on dit avoir été outrageusement sifflé à Lyon par les canuts, étonnés qu'on fit parler à Jacquart un langage technologiquement absurde. Quoi qu'il en soit, voici l'anecdote traditionnelle que les biographes mettent naïvement sur le compte du métier à tisser, lorsqu'elle ne pourrait, à aucun titre, se rattacher qu'au métier à filets.

Jacquart avait donné à plusieurs personnes quelques aunes d'un magnifique tissu exécuté mécaniquement. Un échantillon parvient jusque dans les mains de Napoléon, qui donne immédiatement, par le télégraphe, l'ordre d'envoyer M. Jacquart à Paris. Le préfet de Lyon, persuadé que M. Jacquart est un grand conspirateur, le met entre les mains de la gendarmerie, qu'il charge de le conduire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de brigade en brigade, de prison en prison, jusqu'à la capitale. Heureusement pour Jacquart que, voulant faire preuve de zèle, le préfet transmet, aussi par le télégraphe, la manière dont il avait exécuté les ordres impériaux. Nouvelle dépêche télégraphique ordonnant au préfet d'envoyer à M. Jacquart une bonne chaise de poste, avec force excuse de son étourderie. Jacquart enfin arrive à Paris, et bientôt après lui sa machine, qu'il dispose dans une des salles des Tuileries. Au moment où Napoléon se rendait dans cette salle, il était accompagné, dit l'anecdote, de Monge (quelques biographes disent Carnot). Le savant, croyant peu au mérite d'un simple ouvrier (vous le voyez, nous sommes en plein Gymnase), lui demande brutalement s'il est vrai qu'il ait *la prétention de faire un nœud avec deux fils tendus?* Pour toute réponse Jacquart se serait borné à faire fonctionner la machine.

Quelque invraisemblable que soit cette anecdote, elle doit cependant avoir un fond de vérité; car je trouve, dans le procès-verbal d'une séance générale de la Société d'encouragement, en date du 11 mars 1807, après la proposition d'une prorogation de concours pour la fabrication des étoffes façonnées, prorogation demandée par plusieurs concurrents, je trouve, dis-je, les paragraphes suivants :

« M. Jacquart, que vous avez déjà couronné en l'an XI pour l'invention d'un métier propre à fabriquer les filets pour la pêche, est arrivé à Paris avec le métier qu'il présente au concours. Ce métier, déjà jugé à la simple inspection par plusieurs fabricants de Paris, l'est encore d'une manière plus décisive et vraiment honorable par des fabricants de Lyon qui en font usage, et qui rendent à M. Jacquart la justice due à ses talents par des certificats très flatteurs.

» *Indépendamment de ces titres, M. Jacquart offre encore à la considération de la Société les récompenses qu'il a obtenues de S. M. l'Empereur. Une pension de* 3,000 *fr. et une prime de* 50 *fr. pendant six ans, pour chacun des métiers de son invention qu'il fournira aux fabriques, sont les faveurs qu'il a su mériter par son intelligence et son application à se rendre utile.*

» Ces motifs seraient sans doute suffisants pour qu'après l'examen que vous auriez pu demander de ce métier, il fût mis en délibération si le prix doit être accordé; mais M. Jacquart ne presse point votre décision; confiant dans votre bienveillance pour ceux qui sont animés, comme lui, du zèle de bien faire, il accepte et il désire la concurrence que lui présentent d'autres artistes. Ainsi, le délai d'un an pour la décision du concours fixera d'autant mieux l'opinion que le métier de M. Jacquart aura été plus longtemps soumis à l'expérience dans les fabriques qui l'ont déjà adopté. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» ..... M. Bellanger a proposé à la Société, si elle se détermine à proroger le prix, d'accorder à M. Jacquart une somme de 300 fr. à titre d'avance, pour lui faire obtenir un brevet d'invention.

» Cette proposition a été adoptée, et l'assemblée a décidé que le remboursement de cette somme sera prélevé sur la valeur du prix, dans le cas où il serait décerné à cet artiste, sinon qu'il en restera débiteur, et que le modèle du métier qu'il doit déposer au Conservatoire des arts sera la garantie de la Société. »

Le procès-verbal de la séance générale de la même Société, en date du 24 août 1808, contient les paragraphes suivants :

« Cet artiste (Jacquart) se présente de nouveau avec plus d'avantages encore : d'une part, ses concurrents lui ont laissé le champ libre, et, de l'autre, son métier, adopté et mis en usage depuis plus de deux ans dans différentes fabriques, ne laisse aucun doute sur les avantages qu'il procure.

» Ce métier est l'application heureuse de deux moyens très ingénieux que l'art du fabricant d'étoffes doit au célèbre *Vaucanson* et à *Falcon*. Employés séparément, ces deux moyens concouraient au même but, mais ils ne l'atteignaient pas ; réunis avec intelligence, et avec des perfectionnements par M. Jacquart, ils offrent un succès complet.

» Le métier où M. Jacquart a puisé l'idée de cette réunion est celui de Vaucanson, qui est déposé dans les salles du Conservatoire de Paris. Il était depuis longtemps examiné par les artistes et les fabricants qui visitent cet établissement, mais il n'était pas imité à cause de sa complication.

» Le génie de M. Jacquart a saisi le point utile et a su l'employer avec avantage, ce qui est une preuve évidente qu'une machine abandonnée peut faire naître des idées neuves, lorsque les regards du véritable artiste savent y découvrir ce qui est bon et le mettre à profit. »

Suit une description succincte du métier Jacquart, et la déclaration que son auteur a remporté le prix de 3,000 fr. proposé par la Société.

Le métier de Vaucanson, dont il est question dans ce rapport, se rattache à une anecdote assez curieuse qui ne m'est parvenue que traditionnellement, mais à laquelle fait probablement allusion l'inscription suivante qu'on lit sur la carte qui y est appendue.

» Métier avec lequel un homme tournant une manivelle, ou un » cheval attelé à un cabestan, fabriquait des étoffes de soie unies » ou façonnées ; il a été question de ce métier dans les papiers pu- » bliés de 1747, par Vaucanson. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Suivant la tradition, Vaucanson, nommé commissaire du roi à Lyon, pour y apaiser une révolte des canuts, et voulant rabaisser les prétentions des plus habiles, s'avança jusqu'à leur dire qu'on pouvait si bien se passer d'eux, que lui, Vaucanson, se chargeait de faire exécuter par un âne le tissu le plus difficile qu'on pourrait lui présenter. Pris immédiatement au mot, il accepta le défi; et, à quelques mois de là, une députation des canuts de Lyon put voir fonctionner le métier en question au moyen d'un manége tourné par un âne, et exécutant le dessin qui lui avait été remis à son départ.

Quoi qu'il en soit, le métier du Conservatoire se compose, en principe, de plusieurs séries d'aiguilles verticales articulées chacune à une aiguille horizontale, dont une extrémité vient en contact avec un cylindre ou tambour, dans lequel sont pratiqués des trous disposés dans un certain ordre, lesquels trous laissent en place les aiguilles qu'ils rencontrent, tandis que les intervalles pleins de ces trous repoussent les autres, qui dévient leurs aiguilles verticales, ce qui permet de soulever certains fils de la chaine en laissant les autres en place. On conçoit qu'en faisant faire au cylindre un mouvement convenable pour chaque coup de navette, on produira sur le tissu un dessin résultant de l'ordre dans lequel seront disposés ses trous.

Quant à Falcon, je n'ai pu me procurer sur son compte aucun document imprimé, et je suis également obligé de m'en tenir à la tradition. Son invention consisterait à avoir substitué au cylindre de Vaucanson des bandes de carton convenablement percées, pour produire le même effet, en présentant, à chaque coup de navette, un nouveau carton aux aiguilles horizontales. Le nombre illimité de ces cartons permettait d'exécuter des dessins beaucoup plus grands et plus compliqués que le cylindre de Vaucanson, dont le diamètre, nécessairement très restreint, ne permettait que la répétition de très petits dessins.

Le procédé de Falcon paraît avoir été rejeté parce que ses cartons, mis en tas auprès de l'ouvrier, se mêlaient fréquemment, ce qui produisait dans les dessins des irrégularités nombreuses et une grande diminution dans la valeur du tissu.

L'invention de Jacquart consisterait donc principalement à avoir lié entre eux, sous forme de chaine sans fin, les cartons de Falcon, et à les ramener successivement devant les aiguilles horizontales de Vaucanson, au moyen d'un axe carré percé de trous, dont les uns sont recouverts par les pleins du carton, tandis que les autres restent débouchés pour livrer passage aux aiguilles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les détails un peu trop techniques dans lesquels j'ai dû entrer pour signaler à vos lecteurs les principales nouveautés qu'offrait l'exposition, quant à la confection des tissus ouvrés, n'ont peut-être pas pu être complétement saisis par ceux d'entre eux qui sont étrangers à cette fabrication. Permettez-moi de leur venir en aide par la description aussi claire qu'ingénieuse de la *Jacquart* que j'emprunte ici à un rapport de M. le baron Séguier sur des perfectionnements apportés par M. D'Homme à cette machine.

« L'œuvre de Jacquart, comme toute œuvre de génie, est d'une conception simple; toute sa machine repose sur un procédé unique, le moyen de soulever mécaniquement et à volonté, ensemble ou séparément, chaque fil de la chaîne d'une pièce d'étoffe en tissage.

» La nécessité d'agir à la fois et d'une manière différente sur un grand nombre de fils, exige une nombreuse répétition des mêmes appareils : ainsi qu'un orgue peut se résumer par un soufflet, un tuyau et un clavier, toute la Jacquart consiste dans une aiguille, une griffe et un carton. L'aiguille, la griffe et le carton pourront changer de forme, être mis en œuvre par des combinaisons mécaniques diverses, sans que l'œuvre de Jacquart éprouve la moindre atteinte...

» Le tissage d'une étoffe s'opère par le remplissage de la chaîne avec les fils de trame. Ces fils peuvent se combiner de diverses manières; s'ils se croisent tous un à un et périodiquement, comme cela arrive si la chaîne, divisée en deux faisceaux égaux, est tour à tour et périodiquement soulevée et abaissée, l'étoffe sera de la simple toile ou du calicot, ou du taffetas, si la soie, le coton ou le lin composent ces fils.

» Le soulèvement inégal des fils de la chaîne produit une étoffe ouvrée, façonnée ou brochée. Le nombre ou le rang des fils soulevés ou abaissés détermine le dessin. Les fils élevés sont-ils moins nombreux que les fils abaissés, le tissage sera du satin.

» Si le nombre des fils soulevés à chaque insertion de la trame est le même, mais s'ils ne s'alternent plus un à un, au lieu d'une étoffe unie ou ouvrée, on aura du moiré, de la serge, par exemple; si l'alternation se fait deux à deux, trois à trois, en reculant à chaque fil de trame, il en résultera des côtes obliques allant d'une lisière à l'autre : ces côtes seront en ligne droite ou chevronnées, ou bien à carreaux, à grain d'orge, à bâtons rompus, et cela suivant le mode d'alternation adopté.

» Pour tisser de petits dessins plusieurs fois répétés, mais toujours semblables, il suffit de répartir la chaîne en un certain nombre de faisceaux. Les fils de chaque faisceau sont passés dans des lisses;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on appelle de ce nom une série de fils verticaux portant une boucle ou un maillon, traversé par chaque fil de chaine. Les lisses qui doivent lever ou abaisser simultanément les fils d'un même faisceau sont toutes réunies sur un même liseron qui reçoit son mouvement de la pédale à laquelle il est joint par une corde unique, appelée tire-lisse.

» Lorsque le dessin est grand, ou d'une forme compliquée, les fils de chaine ne peuvent plus recevoir de mouvements communs ; dans certains cas, ils ne doivent se mouvoir que réunis en petit nombre ; quelquefois même, mais cela est rare, chaque fil a besoin d'avoir un mouvement indépendant. Les pédales seraient donc en trop grand nombre pour faire fonctionner les lisses dont se composera l'armure d'un semblable tissu. Il a fallu produire le jeu des lisses par d'autres procédés.

» Les métiers à la tire furent le fruit de ces recherches ; les lisses, au lieu d'être liées aux pédales, furent jointes à des cordes appelées *cordes de rame*, que des femmes ou des enfants tirent à propos pour soulever successivement les fils de la chaine. Le jeu des cordes de rame produit le dessin ; *tireur de lacs* est le nom donné à l'ouvrier employé à manœuvrer à propos la corde de rames ; cette stupide opération les ravale au rôle de vraies mécaniques vivantes.

» Remplacer le tireur de lacs par une aiguille, une griffe, un carton ; arracher des femmes, des enfants à un dépérissement physique et moral, leur restituer la dignité d'hommes et la santé en les rendant à la vie intellectuelle, permettre à un ouvrier tisseur d'exécuter, sur un métier, à lui seul, le dessin le plus compliqué, plus facilement, plus vite et à meilleur marché, serait servir tout à la fois l'industrie et l'humanité : ici se reconnait l'œuvre de *Jacquart*.

» Aussi simple qu'ingénieuse, l'invention de Jacquart consiste à avoir attaché les cordes de rame à des aiguilles, et à avoir trouvé le moyen d'élever ces aiguilles en temps utile. Deux bouts de fil de fer, l'un replié en crochet, l'autre façonné en aiguille, et un carton convenablement percé de trous, repoussant par ses parties pleines, laissant passer, par ses parties percées, les aiguilles contre lesquelles il est pressé, voilà tout le stratagème mis en œuvre par Jacquart pour faire tirer à propos les lisses nombreuses d'une étoffe façonnée (1).

(1) Le rapport, précédemment cité, de M. Bardel à la Société d'encouragement atténue considérablement le mérite, sinon l'importance, de l'invention de Jacquart. A Vaucanson l'honneur d'avoir employé les aiguilles, et de les avoir fait manœuvrer au moyen des pleins et des vides de son cylindre ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Chaque insertion du fil de trame, en terme de fabrique, chaque *duite* exige un arrangement différent du fil de la chaîne. Cet ordre dépendant du nombre et de la disposition des ouvertures du carton, on conçoit facilement que les cartons doivent changer sans cesse, et à chaque duite, pour ne plus revenir si le dessin est toujours différent, pour revenir périodiquement à son rang si le dessin se répète.

» Le percement des cartons est une opération délicate; c'est un art véritable exercé dans la fabrique par des ouvriers appelés *liseurs de dessins*. Ce nom leur est donné parce que les dessins qu'ils traduisent en ouvertures sur les cartons sont déchiffrés par eux sur des canevas, où des dessinateurs, nommés metteurs en carte, les ont tracés. C'est en suivant les contours des dessins tracés sur des canevas dont les lignes sont numérotées que les liseurs trouvent le nombre et la place des ouvertures qu'ils doivent pratiquer dans les cartons. La traduction s'opère comme une tapisserie à points comptés.

. . . . . .

» Dans la *Jacquart*, les aiguilles sont sollicitées suivant deux directions : dans la verticale, par la griffe qui les soulève, par le plomb de lisse qui les abaisse; dans l'horizontale, par le carton qui les pousse, par les élastiques qui les ramènent. C'est le moment de dire que l'aiguille Jacquart ne se compose pas d'un simple fil de fer, mais bien de deux tiges, l'une verticale, l'autre horizontale. La tige verticale, appelée crochet, parce qu'elle se termine ainsi, est liée à la lisse, qui prend dans ce métier le nom d'arcade. Le crochet s'engage dans la boucle de la tige horizontale; cette dernière est la véritable aiguille-matrice : tantôt elle reçoit la pression du carton, tantôt elle passe à travers les ouvertures. Lorsqu'elle est repoussée, l'inclinaison qu'elle communique au crochet engagé dans la boucle soustrait celui-ci à l'action de la griffe.

» Dans la Jacquart, on appelle *griffe* une série de lames de métal placées entre chaque rang de crochets; ces lames reçoivent de la marche, ou pédale, un mouvement simultané; en enlevant à chaque coup de navette tous les crochets que les aiguilles n'ont pas déviés, elle détermine la forme du dessin. Le sommier, appelé étui, est la pièce de bois contenant les élastiques qui ramènent les aiguilles en prise. Les élastiques sont en nombre égal aux aiguilles. Il suffit que

à Falcon, celui de l'emploi des cartons pour obtenir le même résultat : inventions stériles, il est vrai, mais sans lesquelles Jacquart n'eût probablement pas fait la sienne, et changé si avantageusement la face de l'une des plus grandes industries.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'un d'entre eux ne fasse pas ses fonctions pour laisser une paresseuse, et entraîner une faute dans le tissage du dessin.

» Il résulte de ce que nous venons de dire que l'ouvrier qui fait fonctionner une Jacquart doit continuellement fournir la force nécessaire pour soulever le poids des plombs des lisses attachés aux crochets, et comprimer les ressorts des aiguilles ; ceux-ci, quelquefois au nombre de plus de huit cents, ne laissent pas que d'opposer une grande résistance par la nécessité où l'on est de leur donner un surcroît de tension, afin d'éviter les paresseuses en assurant leurs fonctions. La résistance du ressort est une limite pour la largeur des étoffes fabriquées à la Jacquart par un seul ouvrier. »

Le reste du rapport de M. Séguier concerne les modifications apportées par M. D'Homme au métier à la Jacquart, notamment la suppression des élastiques, qui permet d'augmenter d'une manière notable le nombre des organes de l'appareil.

Outillage.

L'ordre logique eût peut-être voulu que je commençasse par cette catégorie l'examen des produits qu'il m'a été donné d'étudier avec quelque soin ; mais des notes tardivement obtenues, et qui, au moment où j'écris, sont encore incomplètes, sont une excuse que j'aurai probablement encore besoin d'invoquer pour d'autres catégories.

Les machines-outils étaient, de l'aveu de tous, le plus beau fleuron industriel de l'exposition. La grandeur colossale de quelques unes, la précision de leurs ajustements, et jusqu'à l'élégance de leurs formes, attestaient qu'enfin la France n'a plus rien, sous ce rapport, à envier à l'Angleterre ; et plusieurs des dispositions que j'aurai à vous signaler plus loin prouveraient, au besoin, que les ingénieurs anglais pourraient prendre des leçons des nôtres. Toutefois, comme il faut rendre justice à tous, je dois reconnaître qu'un certain nombre de ces pièces n'étaient que la copie fidèle des machines anglaises.

La principale cause de cette importante amélioration est due à la construction, en France, des grands appareils de navigation. En soumissionnant ces appareils, nos constructeurs avaient compris qu'ils ne pouvaient parvenir à les construire avec l'économie et la précision nécessaires qu'autant qu'ils appelleraient à leur aide les puissants outils dont quelques spécimens figuraient à l'exposition.

Les pièces exposées en ce genre par M. Calla fils (1) se distinguaient

(1) Nouvelle médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par des conditions de stabilité remarquables. Au premier aperçu, et avant tout examen de détail, on reconnaissait, dans ses machines-outils, une solidarité d'ajustement, un ensemble de formes inspirant la pensée d'une puissance irrésistible, et cependant intelligemment contenue. Ces muscles de fer, que le souffle ardent de la vapeur n'animait plus, avaient, malgré leur immobilité, une apparence de vie qui me rappelait involontairement (passez-moi la comparaison) ceux de l'Hercule Farnèse, de cet Hercule au repos, qui, sûr de vaincre tous les obstacles, attend, sans faire parade de sa force divine, que l'occasion de l'exercer se présente.

L'une des plus belles pièces de M. Calla était un tour parallèle de 5 mètres 50 centimètres de long, ayant en outre les propriétés d'une machine à fileter. Cette pièce, copie fidèle du tour parallèle de Witworth, offrait des formes aussi simples que solides, et se recommandait surtout par des dispositions très remarquables du porte-outil, qui, doué de plusieurs mouvements, permet, avec autant de facilité que de précision, le tournage des cylindres, des cônes et des surfaces planes.

Mais j'appellerai plus particulièrement l'attention des constructeurs sur un tour à plateau dont les combinaisons appartiennent entièrement à M. Calla, et qui peut recevoir des pièces de 2 mèt. de diamètre, non par suite d'une grande élévation du *nez* du tour au-dessus de son banc, mais à cause du grand écartement des jumelles de ce même banc. Il résulte, de cette disposition, que l'angle supérieur du triangle formé par l'axe du tour, et les deux arêtes du banc, étant très obtus, il donne à tout le système des conditions de stabilité et de puissance qui le font résister aux ébranlements et aux vibrations si fréquentes et si fâcheuses dans les machines-outils qui ne présentent pas une stabilité suffisante.

Ce tour est destiné à tourner les grandes et les petites roues des locomotives et des wagons, soit séparément, soit montées sur leurs essieux. Il peut, en outre, être appliqué à tous les grands travaux de la construction des machines.

La plus grande pièce de l'exposition de M. Calla était une machine à planer à deux outils mobiles, pouvant dresser des tables de fonte de 5 mètres de longueur sur 1 mètre 50 centimètres de largeur. Sa plate-forme est divisée en plusieurs parties indépendantes l'une de l'autre. Les deux divisions principales sont disposées de manière à n'offrir qu'un seul et même plan ; ou bien, si le travail l'exige, deux plans parallèles, mais à des hauteurs différentes. A côté se trouvaient deux autres machines à planer de plus petites dimensions, dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'une, pouvant être mue à bras, sera d'un grand secours dans les petits ateliers.

Les dispositions mécaniques de ces petites machines sont une nouvelle preuve des ressources que la sagacité humaine peut trouver dans l'examen réfléchi des conditions défectueuses appliquées à certaines machines ou à certains procédés.

J'ai signalé plus haut, dans les machines à filer le lin de M. Decoster, la suppression d'une roue dite à échelle, parce que l'entrée et la sortie du pignon qui engrène alternativement avec les deux circonférences intérieure et extérieure de la roue, pour produire le renvidement alternatif de haut en bas et de bas en haut du fil sur la bobine, produisait, dans ces deux moments, un temps mort, une absence de mouvement dans la bobine, qui causait des variations dans la tension, et par conséquent des irrégularités dans le fil. Eh bien, M. Calla a su profiter des deux temps morts de cet organe pour l'appliquer au mouvement de translation alternatif de la plate-forme de ses petites machines à planer. Il en résulte que, lorsque cette plate-forme est parvenue au terme de sa course, elle y trouve un instant de repos, et n'est pas brusquement ramenée en arrière avant que son mouvement primitif soit éteint, comme cela a lieu dans un grand nombre de dispositions mécaniques qui ont pour but de transformer le mouvement de rotation continu d'une manivelle en mouvement rectiligne alternatif, conditions qui détraquent rapidement les machines et y déterminent des vibrations qui nuisent à la bonne exécution du travail.

Chacune de ces machines a deux roues de rechange : l'une, n'ayant qu'une ouverture, détermine le mouvement de la plate-forme dans toute sa longueur ; l'autre a deux ouvertures coupant la circonférence en deux parties inégales, dans le rapport de 2 à 1, de sorte qu'avec ces deux roues le mouvement de la plate-forme peut être, à volonté, du tiers, des deux tiers ou de la totalité de sa longueur, conditions qui permettent de ne lui donner qu'une course en rapport avec la longueur des pièces à planer.

La mobilité du chariot porte-outil de la grande machine à planer de M. Calla, ainsi que l'emploi de deux outils, a donné lieu à plusieurs discussions entre quelques mécaniciens sur les avantages ou les inconvénients de ces dispositions. Je ne crois pas inutile de vous signaler ici les conséquences que j'ai déduites de ces discussions, en faisant remarquer toutefois que ce système n'est pas exclusivement adopté par M. Calla, et qu'on rencontrait dans son exposition, ainsi qu'on peut le voir dans son atelier, l'application des deux systèmes contraires.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est évident, *à priori*, que la fixité du porte-outil offre de meilleures conditions que sa mobilité, parce que, quelle que soit la surface de sa base sur les glissières, il éprouve nécessairement, dans son mouvement de translation, une tendance à s'incliner en avant sur l'outil qui travaille, et par conséquent un soulèvement de sa partie postérieure, soulèvement qui cesse aussitôt que l'outil cesse d'être engagé dans la matière, c'est-à-dire à chaque petit copeau qui se détache ; d'où il résulte que, dans la fonte surtout, les chances de *brouter* sont beaucoup plus grandes qu'avec l'outil fixe. Mais cet inconvénient est racheté par la diminution de l'espace occupé par la machine.

Quand le porte-outil est fixe, au contraire, la plate-forme de la machine qui se promène sous lui, la déborde à ses deux extrémités d'un peu moins que la moitié de sa longueur, de sorte que la machine de l'exposition, qui n'occupait que 5 mètres de longueur dans l'atelier, en occuperait plus de 9, si elle eût été à outil fixe.

D'un autre côté, la force motrice nécessaire pour faire mouvoir le porte-outil mobile est beaucoup moins grande que celle qui devrait entrainer à la fois la plate-forme et les pièces placées dessus. Ajoutons que, dans ce dernier cas, la hauteur des pièces à planer a pour limites l'intervalle entre la plate-forme et le pont du porte-outil, tandis qu'avec l'outil mobile cette limite n'existe pas, les pièces d'une grande hauteur pouvant être placées dans une cave creusée sous la machine. C'est ainsi que récemment j'ai vu dresser, dans les ateliers de M. Calla, les contours des paneaux destinés aux portes en fonte de fer de l'église Saint-Vincent-de-Paul, dont je parlerai ailleurs, et qui ont été coulées dans la fonderie de M. Calla.

Conclusions. Dans les machines à planer destinées au dressage des grandes pièces, la mobilité du porte-outil est préférable à sa fixité, les avantages de cette dernière condition étant plus que compensés par l'inconvénient d'occuper, par la machine, un plus grand emplacement, et par celui d'une plus grande dépense de force motrice.

Mais, pour les petites machines, les avantages de l'outil fixe restent entiers, et doivent lui faire donner la préférence.

Deux autres machines de M Calla attiraient encore l'attention des connaisseurs : l'une, disposée pour découper les fortes tôles ou les barres de fer à froid, l'autre pour percer, également à froid, et d'un seul coup de poinçon, des trous de 4 centimètres de diamètre dans des tôles de 2 centimètres d'épaisseur. Ajoutons qu'au moyen d'un changement d'organe, chacune de ces machines pouvait remplir les fonctions de l'autre.

La première, construite d'après un principe généralement connu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

depuis longtemps, se compose d'un énorme levier à bras très inégaux. Le grand bras est soulevé par une came montée sur l'axe d'un volant rapide, ce qui détermine par conséquent l'abaissement du petit bras. Celui-ci s'appuie sur le haut d'un chariot vertical, dont l'extrémité inférieure porte l'une des mâchoires de la cisaille, de sorte que le soulèvement du grand bras du levier détermine l'abaissement de cette mâchoire, ou celui du poinçon, s'il s'agit de percer, avec une force mesurée par les rapports des deux bras du levier, celui des rayons de la came et de la manivelle, et enfin de la masse du volant et de la vitesse qui lui est imprimée.

On conçoit que chaque tour du volant amenant la descente de la cisaille ou du poinçon, l'ouvrier chargé de présenter la pièce à couper ou à percer n'a que peu de temps pour l'ajuster dans la position convenable, et que si, au moment de la descente, il n'est pas exactement placé, il doit retirer la pièce, si elle est suffisamment maniable, pour la replacer pendant que l'outil remonte ; que, enfin, si le temps lui manque pour se retirer, la pièce est inévitablement gâtée.

Frappé de ce grave inconvénient, M. Calla a songé à y remédier, et il y est parvenu par un moyen d'une simplicité telle qu'on est incertain sur la question de savoir s'il y a lieu de féliciter son auteur ou de le gronder de ne pas l'avoir trouvé plus tôt.

Figurez-vous, en effet, le petit bras du levier éloigné de la tête du chariot vertical, de toute la course que doit faire le chariot, qu'il ne peut plus atteindre dans son excursion de haut en bas, et que par conséquent il ne peut plus faire descendre ; figurez-vous encore une espèce de coin, une calle placée vis-à-vis l'ouverture produite par ce relèvement du petit bras du levier, et maintenue dans cette position par un contre-poids qui a son centre de rotation sur ce même petit bras. L'ouvrier peut alors prendre son temps pour ajuster sa pièce dans la position convenable ; et, lorsqu'il en est bien certain, il enfonce la calle dans l'ouverture qui l'attend, et la communication se trouvant rétablie entre le petit bras du levier et le chariot vertical, celui-ci descend, et coupe ou perce la pièce présentée au poinçon ou à la cisaille. Au moment où le chariot remonte, le contre-poids fait sortir la calle de l'ouverture, et la machine peut continuer de mâcher à vide tant que la main de l'ouvrier n'a pas rétabli la communication nécessaire pour déterminer un travail utile en réintroduisant dans son trou *la calle à Calla*, pour me servir du nom dont un loustic, confrère de l'inventeur, avait baptisé cette pièce. Plaisanterie à part, cette disposition est un service important rendu à l'industrie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des machines, qui y trouvera une grande économie de temps et la suppression d'une cause de pertes souvent considérables.

La construction de la seconde machine repose sur un principe généralement appliqué aux machines à mortaiser, dont l'exposition de M. Calla offrait aussi un charmant petit modèle.

A l'énorme levier, dont la chute, à chaque tour du volant, produit un vacarme étourdissant, M. Calla a substitué un axe concentrique à un tube horizontal, pratiqué dans une masse énorme de fonte. Une série d'engrenages convenablement disposés transmet à cet axe, en la multipliant, la force emmagasinée dans le volant. Un goujon excentrique, placé sur l'extrémité de l'axe, s'engage dans un trou pratiqué dans le chariot vertical, et détermine son mouvement d'ascension et de descente. La calle en question se loge entre ce chariot et le poinçon pour déterminer la descente de celui-ci, qui reste en place malgré le mouvement du chariot, tant que l'ouvrier n'a pas poussé la calle, qui, comme dans l'autre machine, se maintient dehors par un contre-poids. Un chariot horizontal, doué d'un mouvement de translation intermittent, peut présenter la tôle sous le poinçon, à des distances réglées d'avance, et en déterminer le percement à chaque descente du chariot. Dans ce cas, la calle est rendue fixe, entre le poinçon et le chariot, au moyen d'une clavette.

Deux ans à peine se sont écoulés depuis que M. Calla a ajouté à ses travaux ordinaires la fabrication des machines-outils, et déjà il a fourni l'outillage du chemin de fer de Lille à la frontière, celui du chemin de Valenciennes, celui des forges de Decazeville, celui d'une partie de l'arsenal de Brest, et enfin celui des trois Écoles royales des arts et métiers.

L'espace considérable qu'occupaient, dans la galerie des machines, les grandes pièces dont je viens de faire la description trop succincte, n'a pas permis à M. Calla d'exposer de spécimen des autres machines qui sont l'objet plus spécial encore de sa fabrication, et qui, depuis longues années, ont consolidé la plus ancienne peut-être des réputations industrielles de la capitale.

En effet, si j'interroge les notes biographiques que j'ai pris l'habitude de recueillir sur l'industrie en général, j'y trouve que, dès 1787, les frères Perrier, ceux-là mêmes qui ont importé d'Angleterre la pompe à feu de Chaillot, confient, d'accord avec Bettancourt, à un jeune orphelin, apprenti ébéniste, nommé Calla, l'exécution du modèle d'une machine à vapeur ; j'y trouve également qu'en 1789, les mêmes ingénieurs le chargent de l'exécution d'autres modèles. Je le vois, en 1790, exécutant des appareils de filature pour le coton

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(métiers mull-jenny), d'après des modèles importés d'Angleterre; puis, en 1792, directeur d'une filature de coton établie près de Lyon, et appartenant à Suchet, depuis duc d'Albufera; revenant à Paris après le siége de Lyon, et y reprenant ses travaux de constructeur de machines à filer le coton, pour lesquelles il obtient, à la première exposition de 1798, une médaille de bronze, et de plus l'autorisation d'établir ses ateliers dans les bâtiments des Menus-Plaisirs.

Là, M. Calla créa un nouveau genre d'industrie qui fut fécond en résultats importants : l'*imitation en bois des tissus de sparterie*.

L'année 1804 vit fonder enfin l'établissement actuel du faubourg Poissonnière, et une médaille d'or, qui lui fut décernée à l'exposition de 1806, vint couronner les efforts persévérants de M. Calla dans la construction des machines à filer, qu'il ne cessa de perfectionner jusqu'en 1818, époque à laquelle il fit un premier voyage en Angleterre pour y aller chercher de nouveaux modèles, voyage qu'il renouvela dans le même but en 1822. C'est à cette année que remonte l'introduction en France d'un petit meuble rapporté par M. Calla père, et dont je ne parle ici que comme une nouvelle preuve que rien n'est à négliger en industrie; car, en deux ans, M. Calla avait établi pour plus de 100,000 fr. de *porte-parapluies*.

Mais revenons un peu sur nos pas. En 1809, sans même savoir qu'en Amérique on avait atteint le but, M. Calla père inventa une machine à bouter mécaniquement les cardes à coton et à laine, et fonda une fabrique de cardes au moyen de ces machines, dont les fonctions ont pour buts successifs de couper, sur une botte de fil de fer, une longueur constante de ce fil, de lui donner quatre courbures parfaitement symétriques, et d'introduire, par milliers, ces espèces de crampons dans des trous pratiqués par la machine elle-même dans un morceau de cuir. On s'étonne, quand on a vu fonctionner de pareilles machines, qu'un homme ait osé en concevoir l'exécution, et on ne peut qu'admirer la sagacité humaine qui parvient à faire accomplir à la matière inerte des fonctions aussi précises que délicates.

En 1813, une société voulut établir une manufacture de papier au moyen de machines qui, bien qu'inventées par le Français Robert, n'étaient encore connues qu'en Angleterre. Quelques notes et un dessin imparfait furent remis à M. Calla, qui, sur ces simples données, exécuta cette importante machine, et parvint, même en 1815, à en établir deux dans des papeteries.

Cette même année, il était parvenu à exécuter, avec une perfec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion remarquable, les métiers à tisser le calicot par moteur, dont l'Angleterre avait eu jusqu'alors le monopole.

C'est en 1818 que fut créée la fonderie de fer, aujourd'hui si justement célèbre par la pureté des formes qui en sortent, et dont les nombreux modèles attestent en même temps le goût délicat des deux hommes dont je vous fais la trop rapide biographie. Les panneaux en fonte de fer, destinés aux portes de Saint-Vincent-de-Paul, et qui figuraient à l'exposition, attestent, mieux que mes paroles, l'habileté traditionnelle déployée dans cet établissement, où se sont formés des ouvriers d'un mérite remarquable. Je vous citerai entre autres M. Crosse, qui, en 1825, contre-maitre de la fonderie Calla, créait, quelques années après, rue Coquenard, un établissement rival, d'où sont sortis les magnifiques calorifères exposés en 1844 par M. Laury.

A partir de 1818, M. Calla fils prit une part active aux travaux de son père, et contribua beaucoup, par son habileté personnelle, au succès de ce grand établissement.

L'exposition de 1823 leur valut une médaille d'argent pour leurs produits en fonte de fer et la fabrication des cardes.

Celle de 1827, une médaille d'or, pour leurs fontes, leurs appareils de filature et l'établissement d'un tour parallèle de Fox.

En 1829, la Société d'encouragement leur décerna la même récompense pour l'ensemble des travaux de l'établissement.

En 1830, ils obtinrent, de la même Société, le prix de 6,000 fr. proposé pour les perfectionnements des fonderies de fer.

La période de 1818 à 1830 avait signalé la maison Calla à plusieurs industries importantes, auxquelles elle avait fourni des scieries à bois, des machines à débiter les parquets, les moulures, des appareils pour filer le lin à sec, etc.

Elle nous montre, en outre, M. Calla fils membre actif, de 1821 à 1825, de la commission mixte chargée de la création de la manufacture d'armes de Châtellerault.

L'année 1831 vit s'ajouter à ses ateliers, comme grande spécialité, la construction des moulins à blé et des moteurs hydrauliques.

En 1835, M. Calla fils prit seul les rênes de l'établissement, et construisit les grandes scieries du port de Toulon, système de Brunel, à Chatam.

Nommé en 1832 membre du conseil général des manufactures, il fut successivement, à ce titre, membre des commissions suivantes :

1833 à 1836, question des fers ;

1839, question des brevets d'invention ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1842, question des dessins de fabrique.

Une nouvelle médaille d'or vint, à l'exposition de 1839, consacrer, pour la seconde fois, le mérite de ses fontes de fer, récompense bien justifiée par l'admirable exécution de la fontaine Richelieu, inaugurée la même année, et, l'année suivante, par les quatre petites fontaines des carrés des Champs-Élysées.

En 1840, la Société d'encouragement le nomma membre de son conseil d'administration, où il est vivement à regretter que ses nombreux travaux ne lui permettent que de rares apparitions.

Enfin, le comité des constructeurs de machines lui décerna, en 1842 et 1843, l'honneur de le présider.

Si j'ajoute, à ce précis trop succinct des travaux de deux hommes dont l'habileté pratique honore la France industrielle, que M. Calla fils justifie, par le sens le plus droit, les idées les plus élevées et les plus généreuses, et la plus scrupuleuse loyauté, les distinctions dont il a été si fréquemment l'objet, vos lecteurs partageront sans doute l'opinion qui m'a porté à leur donner cet extrait de mes notes biographiques : c'est que la route de l'industrie est aujourd'hui si dangereuse à parcourir, c'est que les mauvais exemples y sont si fréquents, qu'il ne peut qu'être avantageux, aux honnêtes gens qui s'y hasardent, d'y rencontrer, de temps en temps, de pareils jalons de capacité industrielle et de probité.

L'outillage avait également à l'exposition un digne représentant dans M. Decoster, qui en a fait une importante spécialité de sa fabrication.

Pendant longtemps, comme la plupart de ses confrères, M. Decoster n'avait construit de machines-outils que pour son usage. Seulement il en avait un plus grand nombre qu'on n'en trouvait ordinairement dans les ateliers français.

Plusieurs de ces outils ayant frappé les yeux de quelques mécaniciens, ils demandèrent à M. Decoster de leur en construire de semblables. Ils en furent satisfaits. Les demandes se renouvelèrent; et, comme elles vinrent ensuite à se multiplier, M. Decoster songea, il y a trois ans, à en faire une branche spéciale de fabrication, ce qu'il exécuta d'autant mieux que le besoin d'outils bien entendus se faisait très vivement sentir dans tous nos ateliers de construction.

Jusque là, le petit nombre de machines-outils dont on se servait étaient faits sans ordre, sans suite, sans liaison entre eux, et généralement assez mal combinés. M. Decoster en forma des assortiments complets et bien suivis, de manière à répondre à tous les besoins ordinaires des ateliers de mécaniciens. Pour arriver là, il imita tout ce qu'il avait pu trouver de bon pendant son long séjour

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les ateliers anglais ; il inventa ce qui manquait encore ; et ses outils ayant bientôt joui d'une grande faveur, il fut à même de suivre cette fabrication avec succès et de l'améliorer sans cesse.

Plus de quatre-vingts ateliers en France ont reçu de ses outils ; plus de la moitié en ont été garnis en totalité ou en partie. Il a exécuté plus de quarante machines à planer pour dresser des plateaux de toutes dimensions ; quelques unes ont jusqu'à 7 mètres de longueur.

M. Decoster affectionne, dans ses machines à planer, l'emploi d'un outil qui se retourne lorsque, soit le chariot, soit la plate-forme ont fourni leur course dans un sens, et la reprennent en sens contraire. Il en résulte une notable économie de temps, puisque, dans les machines à un seul outil fixe, le retour du chariot ou de la plate-forme s'opère sans travail utile. On y a bien suppléé, comme dans la grande machine de M. Calla qui figurait à l'exposition, par une double porte-outil, dont les fonctions sont alternatives pendant l'aller et le retour. Mais M. Decoster prétend qu'il n'a jamais vu d'atelier où l'on se servit à la fois des deux outils, soit négligence des ouvriers, soit difficulté d'ajuster convenablement les deux tranchants. Les partisans de l'outil fixe opposent à M. Decoster que son outil tournant exige une précision d'ajustement qui peut dépasser l'intelligence des ouvriers appelés à le faire fonctionner. M. Decoster y répond, en faisant voir, dans ses ateliers, de simples manœuvres arriver à d'excellents résultats. Mais, disaient les défenseurs de l'ancien outil, si, à la rigueur, l'outil tournant peut dresser parfaitement des surfaces horizontales, il ne peut convenablement travailler des surfaces inclinées, parce qu'alors il ne peut plus se retourner, et qu'en revenant sur ses pas, il grattera nécessairement la *passe* déjà exécutée ; car sa fixité nécessaire ne lui permet pas de s'incliner comme l'ancien outil, qui peut alors revenir sur la portion non décroutée de la pièce à raboter. L'objection serait fondée, reprenait M. Decoster, si, dans la passe active, les pièces du porte-outil ne cédaient pas un peu, ne tendaient pas à se détacher l'une de l'autre vers le haut, de manière à faire plonger l'outil dans la pièce à travailler, un peu plus qu'il ne le ferait, si son ajustement était absolument rigide. Il en résulte qu'à son retour, l'outil ne touche pas la passe qu'il vient de faire, et qu'il n'y produit aucune dégradation. Joignant l'exemple au précepte, M. Decoster montrait, soit à l'exposition, soit dans ses ateliers, des pièces chanfreinées, parfaitement exécutées par l'outil attaqué, et est ainsi parvenu à lui faire donner droit de bourgeoisie dans les ateliers, où régnait despotiquement le système ancien.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La machine à percer, exposée par M. Decoster, présente des dispositions aussi simples qu'ingénieuses, au moyen desquelles on peut rapidement disposer sous le foret des pièces de toutes formes et presque de toutes grandeurs, la plate-forme qui doit les supporter pouvant prendre toutes les positions possibles dans la verticale entre le sol et le foret, s'obliquer latéralement, de manière à s'effacer complétement pour permettre de placer, sous le foret, des pièces dont la partie inférieure serait logée dans le sol, et enfin faire un demi-tour pour devenir une petite machine à alézer. Cette machine a été exécutée plus de cent fois par M. Decoster pour des ateliers divers.

On doit également à M. Decoster un alézoir propre à alézer plusieurs trous dans la même pièce, sans déranger celle-ci, et de manière à conserver rigoureusement le parallélisme des trous.

Ses tours parallèles ont cela d'ingénieux qu'ils peuvent atteindre un grand nombre de buts, sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter ou d'y retrancher aucune pièce, comme il arrivait trop fréquemment dans les anciens appareils de ce genre. D'où il résultait presque toujours une perte considérable de temps, ou de nombreuses négligences de la part de l'ouvrier aux pièces. Je signalerai notamment une disposition de lunette qui suit toujours le chariot porte-outil, de manière à soutenir constamment la pièce contre l'outil, et à l'empêcher de fouetter lorsqu'elle a une grande longueur comparée à son diamètre.

La plupart des machines-outils exécutées par M. Decoster ont été plus ou moins modifiées ou perfectionnées par lui. Il s'est constamment attaché à les rendre simples et commodes, et surtout il s'est imposé la tâche de rendre facile l'application des pièces sur la machine, point très important et trop négligé chez la plupart des mécaniciens français.

En s'adonnant ainsi à la construction et au perfectionnement des machines-outils, M. Decoster me paraît avoir puissamment contribué aux progrès de la mécanique en général. Les ateliers français sont aujourd'hui beaucoup mieux pourvus qu'ils ne l'étaient il y a cinq ans. Il a également beaucoup coopéré à la baisse de prix qui a eu lieu depuis cette époque, soit par la simplification apportée par lui dans l'outillage, soit par les meilleures dispositions qu'il y a introduites. Sous ce dernier rapport, M. Decoster énonce formellement qu'à égalité de dimensions et de force, ses machines à planer sont d'un tiers moins chères que celles que nous fournissent les Anglais.

Il me reste à vous parler d'un appareil de M. Decoster qui, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'exposition, a soulevé beaucoup de discussions. Il s'agissait d'une machine à fendre les roues d'engrenage, établie d'après un principe entièrement nouveau. On sait que ces sortes de machines se composent ordinairement d'un arbre vertical, au sommet duquel est placée la roue à fendre, et dont la partie moyenne porte une plate-forme circulaire, portant plusieurs cercles de trous régulièrement espacés, dans chacun desquels entre la pointe d'une alidade chargée de maintenir la plate-forme et la roue dans une position fixe, pendant qu'une fraise ou un burin tournant, monté sur une hache, coupe dans la roue l'intervalle qui sépare deux dents; qu'enfin, en faisant passer la pointe de l'alidade dans tous les trous d'un même cercle, on peut exécuter, sur la roue, un nombre de dents égal à celui des trous du cercle, ou a un sous-multiple de ce nombre.

On conçoit que, comme le nombre des cercles de trous est limité sur la plate-forme, on a aussi une limite très restreinte pour le nombre de dents qu'il est possible, avec une machine donnée, d'exécuter sur une roue. On est parvenu à rendre ce nombre à peu près illimité, au moyen d'une vis tangente à la plateforme, et qui entraine celle-ci par son mouvement de rotation. Connaissant le nombre de tours de la vis, nécessaire pour faire faire un tour entier à la plate-forme, on détermine, par le calcul, le nombre de tours et de fractions de tours de la vis qui, pour un nombre donné de dents, mesure l'arc de cercle qui doit séparer celles-ci, de sorte qu'on peut, en faisant tourner, pour chaque dent, la vis de la quantité déterminée par le calcul, produire une denture d'un nombre donné. Mais, outre la nécessité de ce calcul pour chaque nombre qui n'est pas piqué sur la plate-forme, l'opération que je viens de décrire exige une grande attention de la part de l'ouvrier, malgré les dispositions mécaniques qui peuvent permettre, une fois la quantité de mouvement de la vis déterminée, de ne plus s'en occuper.

La machine de M. Decoster a pour but de suppléer à ces conditions délicates, ou plutôt de donner rapidement un nombre quelconque de divisions sur une circonférence de cercle.

Essayons d'en faire une description qui nous permette d'en apprécier le principe.

La plate-forme reçoit son mouvement de rotation d'une vis tangente comme celle que j'ai décrite plus haut, avec cette différence que la vis, au lieu de ne comporter que les quelques filets en contact avec la plate-forme, a pour longueur le banc, le bâti, sur lequel se trouvent deux haches, dont l'une porte un burin tournant, l'autre une fraise, suivant la matière à travailler. Parallèlement à cette vis, règne une série de coins, la tête tournée du côté de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vis, et retenus dans une rainure, mais ayant la faculté de glisser latéralement dans le sens de la longueur de cette même rainure. Une seconde série de coins s'engage dans les intervalles formés par l'angle des premiers; mais leur arête est tronquée de manière que, lorsque leur tête est au niveau des arêtes de la première série, les têtes de cette même série sont au niveau de la section tronquée de la seconde. Tous les coins, tronqués ou non, ont le même angle, de manière que les côtés opposés de deux coins contigus soient toujours parallèles, quelle que soit la pénétration des deux séries. Enfin chaque coin porte une petite rainure qui partage son angle en deux parties égales. Une longue règle, articulée sur le bâti de manière à rester parallèle à elle-même dans toutes les positions qu'elle peut prendre, permet de pousser régulièrement les coins de la seconde série entre les coins de la première, et, par conséquent, écarte plus ou moins entre elles les rainures pratiquées sur chaque coin.

Figurez-vous, en un mot, une série de V disposés comme je le figure ici :



L'intervalle qui les sépare représente les coins tronqués avec leur rainure, qu'on peut se figurer existant sur les coins non tronqués. Enfin, au-dessous, est la règle qui pousse plus ou moins les coins tronqués entre les autres.

Ma description sera complète, quand j'aurai ajouté que la vis porte une espèce d'écrou à mâchoires, que le mouvement de rotation de cette vis entraine dans toute sa longueur; cet écrou porte une alidade à charnière, terminée par un couteau qui se place, à chaque division, dans la rainure de l'un des coins.

Voici maintenant comment fonctionne la machine.

On a une espèce de compas à verge, dont les deux pointes ont pour écartement la circonférence exacte de la plate-forme. Le nombre de dents à fendre sur la circonférence de la roue étant donné, on fait manœuvrer la règle pour faire rentrer ou sortir plus ou moins les coins les uns de dedans les autres, jusqu'à ce que les deux pointes du compas comprennent entre elles un nombre exact de rainures, égal au nombre à fendre ou multiple de celui-ci; puis, plaçant le couteau de l'alidade dans une des rainures, on fend une dent. On fait ensuite mouvoir la vis jusqu'à ce que le couteau de l'alidade tombe dans une seconde rainure, puis on fend une seconde

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dent, et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'alidade ait parcouru, de rainure en rainure, l'espace qui représente la circonférence entière de la plate-forme.

On conçoit que dans cette opération, l'exactitude de la division dépendra de beaucoup de conditions que je vais successivement examiner.

Il faut d'abord la plus parfaite égalité entre tous les coins, soit comme forme, soit comme grandeur. Sous ce rapport, les moyens mécaniques d'exécution et les moyens de contrôle sont nombreux, et on peut admettre cette égalité.

Il n'est pas aussi facile d'exécuter la rainure, de manière qu'elle partage rigoureusement l'angle de chaque coin en deux parties égales; mais on peut encore aller jusque là.

Le parallélisme de la règle doit se détruire avec le temps, et il serait nécessaire que la machine comportât un moyen facile de le vérifier et de le rétablir.

L'écrou brisé qui parcourt la vis peut prendre du jeu; mais il est facile de s'assurer de temps en temps de la manière dont il fonctionne pour remédier au jeu qu'il peut prendre. Il serait utile de le faire porter sur un assez grand nombre de filets, pour ne pas avoir à tenir compte de l'usure de la vis en ses points de contact avec la plate-forme.

Ces conditions parfaitement remplies, la machine renferme encore une cause d'erreur qu'il me paraît impossible d'éviter, à moins d'y appliquer les conditions que j'ai énumérées plus haut pour les machines ordinaires à vis tangentes, mais qui alors rendraient inutile, ou à peu près, l'application du système de M. Decoster.

Expliquons-nous. On sait que, sans l'emploi de repères très délicats sur la tête d'une vis, il est impossible de faire tourner celle-ci d'une quantité rigoureusement précise, parce que la main qui la manœuvre n'a, en aucune façon, le sentiment de la force qu'elle transmet à la pièce que la vis est chargée d'entraîner, et qu'on peut dépasser le point d'arrivée, ou rester en-deçà de quantités qu'il est absolument impossible d'apprécier. Or, dans la manœuvre de la machine de M. Decoster, l'ouvrier n'est averti de s'arrêter qu'au moment où il entend le couteau de l'alidade tomber dans une rainure. Mais si, en ce moment, sa main fait un effort qu'il ne puisse instantanément maîtriser, la vis marchera, sans qu'il s'en doute, d'une certaine quantité qui conduira la plate-forme plus loin qu'il ne le faudrait. Cette erreur variera pour chaque dent, parce que la main qui mène la vis aura employé des efforts différents aux mo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments où le bruit du couteau se sera fait entendre : de sorte qu'en définitive, il pourra arriver que, sur une roue très nombrée, deux dents n'aient pas rigoureusement entre elles le même écartement.

A la vérité, on peut mettre sur la tête de la vis des repères ou l'une des dispositions mécaniques connues, au moyen desquelles la quantité de mouvement de la vis pour chaque dent étant déterminée, on la reproduit identiquement, sans avoir besoin de s'en occuper ultérieurement. Dans ce cas, l'application du système de M. Decoster peut présenter l'avantage de dispenser de tout calcul, puisqu'il suffirait de déterminer la quantité de mouvement de la vis nécessaire pour faire passer l'alidade d'une rainure à une autre, pour répéter cette quantité sans difficultés.

Est-ce à dire que sans ces conditions la machine de M. Decoster doive être rejetée des ateliers? assurément, non. Je n'ai voulu, dans la critique un peu minutieuse que je viens d'en faire, que démontrer qu'elle ne comporte pas l'exactitude rigoureuse que M. Decoster m'a paru lui supposer, et qu'on peut obtenir des autres machines, lorsqu'elles sont exécutées avec le soin convenable. Je pense, au contraire, que, telle qu'elle est, cette machine peut rendre de véritables services pratiques, parce que l'extrême précision n'est pas de rigueur dans des appareils où l'on se contente si fréquemment de roues fondues, dont l'inexactitude, quelle que soit la précision du modèle, est mille fois plus grande que celle des roues fendues par la machine de M. Decoster. Elle aura, sur toutes les autres machines du même genre à moi connues, l'avantage, peut-être trop peu apprécié jusqu'à présent, de permettre d'exécuter des dentures de tout nombre avec une précision plus que suffisante pour les besoins de la grosse mécanique.

M. Decoster s'occupe en ce moment de l'application de son système de coins à une autre disposition de machine à fendre, dans laquelle la principale cause d'erreur que j'ai signalée plus haut, celle de la vis tangente, aura disparu, ce qui permettra d'obtenir, sans doute, une plus grande précision dans la division des engrenages.

L'importance que j'attache à populariser dans les ateliers des mécaniciens les moyens d'exécuter des dentures ou des divisions d'un nombre quelconque sur des circonférences de cercle, m'engage à sortir un moment des salles de l'exposition pour faire connaître à vos lecteurs un procédé très ingénieux, que M. Benoit aîné, de Montpellier, emploie depuis longtemps, et que la publicité donnée à la machine de M. Decoster l'a engagé à communiquer récemment à la Société d'encouragement.

L'appareil de M. Benoit se compose en principe :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1° D'un cylindre en métal parfaitement exécuté, d'une longueur quelconque et d'un diamètre proportionnel au plus grand nombre de divisions qu'on en voudra obtenir. Sur ce cylindre est tracée une génératrice, c'est-à-dire une ligne droite coïncidant parfaitement avec l'arête du cylindre ;

2° D'une règle fixe parfaitement dressée, exactement parallèle à l'axe du cylindre ;

3° D'une ou plusieurs règles flexibles d'acier, dont les bords sont parfaitement dressés.

Connaissant la circonférence du cylindre, une simple division donne facilement la longueur développée de l'arc de cette circonférence, qui correspond à l'intervalle entre deux divisions d'un nombre donné.

On porte, sur la rive dressée de l'une des règles flexibles, et à la suite les unes des autres, des longueurs de droites un peu plus grandes que le développement calculé de la division voulue, de manière à avoir, sur cette règle, autant de divisions qu'on veut en obtenir sur la circonférence du cercle ou de la roue à diviser, et qu'on fixe sur l'axe même du cylindre.

On place l'origine des divisions de la règle sur un point de la génératrice tracée sur le cylindre, et on enroule cette règle en hélice sur ce même cylindre, de manière que la dernière division coïncide aussi avec la génératrice. On obtient cette coïncidence par un tâtonnement dont un peu d'adresse garantit la prompte efficacité. On voit que le pas de cette hélice sera plus ou moins rampant, selon que la grandeur des divisions de la règle excédera plus ou moins celle des divisions calculées.

Cette position de la règle flexible d'acier étant obtenue, on la fixe invariablement au cylindre, qui, par hypothèse, doit tourner sur son axe de figure, et, avec lui, le cercle ou la roue à diviser.

On approche alors, de la circonférence du cylindre, la règle rigide portée sur deux supports, liés avec les poupées sur lesquelles le cylindre peut tourner ; et si la règle flexible a été convenablement disposée sur le cylindre, ses divisions extrêmes doivent coïncider avec deux points de la règle rigide.

On peut donc, tout en étant dans cette position, tracer sur la circonférence à diviser le point correspondant à la coïncidence de la première division de la règle flexible et de la règle rigide, ce qui sera l'origine de la division à opérer.

En rappelant, par un moyen quelconque, le cylindre, jusqu'à ce que le second point de division de la règle flexible *atteigne la rive*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la règle rigide, on peut évidemment tracer le second point de division de la circonférence de cercle considérée.

En continuant d'opérer de même, on obtiendra évidemment toutes les divisions voulues de cette circonférence.

Il est bien entendu que, pour chaque division, lorsque la coïncidence des divisions de la règle flexible avec l'arête de la règle rigide est obtenue, on fixe solidement le cylindre par l'un des nombreux moyens dont la mécanique pratique dispose. On conçoit qu'au moyen d'une hache et d'une fraise ou d'un burin tournant, au lieu d'un tracelet, on pourra fendre des dents de roue, au lieu de tracer de simples divisions sur la circonférence d'un cercle.

Enfin, si on remplace la fraise par un foret, on pourra piquer des nombres quelconques sur les plates-formes des machines ordinaires.

En faisant le cylindre et la règle flexible suffisamment longs, et en continuant, sur la rive dressée de la règle, des divisions égales entre elles, il est clair qu'il suffira de faire ramper de plus en plus cette règle sur le cylindre, pour faire successivement coïncider, avec la génératrice, les nouveaux points de division ajoutés à la règle, de sorte que si n est le nombre de divisions d'abord obtenues sur la circonférence du cercle, on pourra actuellement diviser cette circonférence en $n+1$, $n+2$, $n+3$, $n+4$, etc., parties égales.

On voit ainsi qu'il suffit d'avoir un petit nombre de règles divisées diversement pour obtenir, avec un seul cylindre, un assez grand nombre de divisions différentes de la circonférence du cercle en parties égales, d'autant plus que chaque règle peut porter quatre rangées de divisions différentes.

On peut, dans bien des cas, remplacer les règles flexibles d'acier par des bandes de papier collé, suffisamment fort, sans que l'appareil cesse de présenter le degré de précision nécessaire, soit pour le tracé, soit pour l'exécution des roues d'engrenage de toutes dimensions.

Dans la pratique courante, la règle flexible peut être dentée à des intervalles égaux entre eux, pour recevoir la pointe d'un curseur placé sur la règle rigide, et dont le butage, au fond de l'échancrure, déterminera rapidement la position du cylindre à chaque division.

Pour vérifier, avec toute la précision possible, la coïncidence des points de division de la règle flexible avec la rive de la règle rigide, ou, ce qui revient au même, s'assurer qu'il existe un égal écartement entre ces points et cette rive, le curseur peut porter un index avec un repère que l'on fait successivement correspondre avec les points de division de la règle flexible. Cet index peut être remplacé par une petite lunette armée d'un réticule, dont le point de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

croisement doit coïncider avec les points de divisions de la règle flexible.

Si, enfin, au lieu de points, ces divisions sont des lignes, qui prendront des obliquités différentes, en raison du rampant donné à l'hélice, l'un des fils du réticule devra pouvoir s'incliner pour coïncider exactement avec l'inclinaison des lignes de division.

L'outillage de grandes dimensions était plus particulièrement représenté à l'exposition par M. Auguste Pihet (1), dont le tour parallèle excitait l'étonnement de la foule par ses proportions colossales.

Ce tour, dont le banc, d'une seule pièce, a 10 mètres de longueur, est le frère cadet de ceux que cette maison a fournis aux ateliers de la marine à Brest et à Toulon. Le procès-verbal de réception du tour de Brest, en date du 24 août 1843, fait le plus grand éloge de sa construction et de la perfection de son ajustage. Ce tour est destiné à tourner les plus grands arbres des machines à vapeur transatlantiques de 450 chevaux et plus.

Le poids du banc est de 10,000 kil.
Celui des autres pièces de 9,700 } 19,800 kil.

Son prix, rendu au port, s'est élevé 17,500 fr.

Toutes les pièces de ces tours ont été fondues dans des ateliers de l'établissement, et dressées sur une machine à planer de 14 mètres de longueur sur 3 mètres de largeur.

M. A. Pihet exposait également deux machines à tarauder les boulons et les écrous qui permettent des taraudages d'une grande régularité, et procurent une économie notable sur les taraudages à la main.

Une machine à tailler, au moyen d'une ou plusieurs fraises, les têtes des boulons ou les faces des écrous, faisait aussi partie de l'exposition de M. A. Pihet. Cet appareil, que j'ai omis de mentionner en parlant de l'outillage de M. Decoster, est aujourd'hui indispensable dans les ateliers de construction, à cause de la rapidité et de la précision des résultats qu'on en obtient. Il peut servir, aussi avantageusement qu'économiquement, à l'exécution des carrés qu'on forme fréquemment à l'extrémité de certains axes, soit pour y adapter une manivelle, soit pour en accoupler plusieurs ensemble, comme les cylindres de filature, par exemple. Dans ce dernier cas, le cylindre est fixé, bien concentrique, dans un mandrin convenablement disposé, et qui peut tourner sur lui-même. Il en résulte que chaque face du carré, ainsi que chaque arête, est rigoureusement

(1) Nouvelle médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à la même distance de l'axe du cylindre. J'ai vu faire, en quelques minutes, au moyen de cette machine, et avec une précision parfaite, des carrés dont l'exécution, à la main, aurait occupé plus d'une journée d'un bon ajusteur. Si quelque prévention contre l'emploi des fraises existait encore dans l'esprit de vos lecteurs mécaniciens, je pourrais les rassurer complétement en leur citant des fraises de ce genre qui, après plusieurs années d'un travail journalier, n'ont rarement besoin que d'un léger affutage pour remplir parfaitement leur but.

Enfin, je vous signalerai, du même exposant, une machine aussi colossale dans son genre que le tour parallèle, et qui est destinée à diviser et tailler les engrenages.

Cette machine, dont les dispositions appartiennent à un système connu, est destinée aux ateliers de la marine à Brest, pour tailler, au moyen de fraises, des roues droites et d'angle jusqu'à 5 mètres de diamètre sur 3 décimètres d'épaisseur. Je vous signalerai, comme un progrès réel, la taille mécanique des grands engrenages, parce que leur plus grande précision exigera alors beaucoup moins de force motrice que les roues dont les dentures sont brutes de fonte.

L'énorme développement qu'ont aujourd'hui les ateliers de M. A. Pihet, ainsi que leur importance industrielle, m'offre une nouvelle occasion de recourir à mes notes biographiques et d'entrer dans quelques détails sur leur création.

M. Auguste Pihet, né en 1796 à Montbermé, département des Ardennes, quitta cette commune, à l'âge de treize ans, avec quatre napoléons dans sa poche : c'était le fruit des économies qu'il avait amassées en faisant des écritures pour le notaire et pour son père, qui était juge de paix.

Arrivé à Paris, il fut placé dans une maison de commerce, dans laquelle, après trois années d'apprentissage, on lui alloua un intérêt.

Au bout de dix ans, il avait acquis un petit capital d'une quinzaine de mille francs. Il décida alors son frère aîné, M. Eugène Pihet, habile ouvrier mécanicien, à s'établir pour son compte au moyen des capitaux qu'il mettait à sa disposition.

Deux ans après, en 1824, il quitta sa maison de commerce pour se livrer tout entier à la construction des machines.

Débutant dans cette nouvelle carrière, sans routine, sans prévention contre l'emploi des outils mécaniques, M. Auguste Pihet était surtout frappé des ressources qu'un esprit intelligent pouvait en tirer.

Sous l'influence de ces idées, les frères Pihet achetèrent de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Liebermann l'établissement actuel, où déjà existaient plusieurs machines-outils de grandes dimensions. Un an plus tard, ils achetèrent de la société d'Ourscamp, qui les avait tirés d'Angleterre, d'autres machines-outils, au nombre desquels se trouvaient un tour parallèle, de 7 mètres de long, et une machine à planer, pouvant dresser des surfaces de 6 mètres de long sur 70 centimètres de large.

Avec cet outillage, ils purent donner une grande extension à la construction des machines à filer la laine, le coton, et même la soie, dont, indépendamment de leur nombreuse clientèle en France, ils exportèrent des quantités considérables en Belgique, en Allemagne, en Russie et jusqu'au Mexique.

En 1826, ils créèrent, dans leurs ateliers, la fabrication des lits en fer ; et tel a été le succès des moyens mécaniques employés dans cette fabrication, que, depuis cette époque, la maison Pihet a livré, tant à l'administration de la guerre qu'à celle de la marine et au commerce, pour plus de 6 millions de francs de lits en fer ; et telle est quelquefois l'activité de cette fabrication, qu'en 1840, M. A. Pihet a pu fournir 80,000 lits dans un délai de quatre mois, et qu'il en a livré jusqu'à 1,000 par jour.

En 1830, les affaires commerciales étant anéanties, les frères Pihet, voulant conserver à leurs ouvriers le travail qui les faisait vivre, soumissionnèrent du gouvernement la fourniture de 120,000 fusils, pour la fabrication desquels ils créèrent un outillage spécial, d'une valeur de plus de 100,000 fr., et qui est aujourd'hui sans emploi. Grâce à leur dévouement, plus de 600 ouvriers, entièrement étrangers à l'armurerie, purent donner du pain à leurs familles.

C'est cette même pensée qui, aujourd'hui encore, motive chez M. A. Pihet cette grande variété de travaux qui se partagent ses ateliers : quelle que soit la stagnation de certaines industries, d'autres, moins profondément atteintes, lui permettent de conserver, sans trop de désavantages, son nombreux personnel

En 1831, la manufacture d'armes de Chatellerault fut adjugée à la maison Pihet. Cette manufacture ne fabriquait alors que des armes blanches. Il fallut y créer celle des armes à feu, et lutter à la fois contre la routine des ouvriers armuriers, et, il faut bien le dire, contre celle des officiers d'artillerie, qui, le règlement à la main, s'opposaient trop fréquemment à l'emploi des procédés mécaniques, que MM. Pihet finirent cependant par installer avec le succès le plus complet.

En 1835, M. E. Pihet, qui déjà, en 1829, avait manifesté le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

désir de se retirer des affaires, prit définitivement cette résolution, et ne concourut plus que par ses conseils aux immenses travaux de l'établissement.

La retraite d'un associé aussi capable que M. E. Pihet ne découragea cependant pas son frère, qui redoubla d'efforts, et qui, aidé de l'énergique et intelligente activité de M. Mancier, son beau-frère, parvint non seulement à maintenir l'établissement sur le même pied, mais encore à lui donner un accroissement considérable.

Aujourd'hui une immense fonderie est venue se joindre à l'ancien atelier, et peut permettre la fonte de pièces beaucoup plus considérables que celles qui figuraient à l'exposition. La fabrication des machines à filer y a conservé toute son activité, et de nombreux perfectionnements y sont journellement introduits. J'ai déjà cité, à cette occasion, la carde peigneuse qui, pour certains numéros, donne des produits qui rivalisent avec le peigne mécanique. L'économie d'environ 2 fr. par kil. de laine qu'on peut en retirer ne peut manquer de la populariser de plus en plus.

C'est à M. A. Pihet que M. Fourneyron a confié l'exécution de ses turbines, dont un grand nombre ont déjà été livrées en France, en Italie, en Espagne et en Autriche. Quelques unes ont des dimensions énormes : on en jugera par ce seul fait, que leur fabrication a exigé un tour à plateau qui permet de tourner jusqu'à 7 mètres de diamètre.

J'ai vu, dans ces ateliers, des presses hydrostatiques, destinées au service de l'Algérie, de la force de 300,000 kil. Au moyen de ces presses, on parvient à réduire à un mètre cube 450 kil. de foin.

Mais l'œuvre la plus capitale qui soit sortie de cette maison, dont elle a été le début en ce genre, est une machine à vapeur de 120 chevaux qui a été placée à bord de *l'Ajaccio*, pour faire le service entre Marseille et la Corse.

Le 10 avril dernier, jour de la réception de cette machine, une lutte a été ordonnée, en vue de La Ciotat, entre *le Napoléon*, vapeur à hélice, de 120 chevaux, *le Palinure*, de 230, et *l'Ajaccio*. Dans cette lutte, qui a duré une demi-heure, en faisant de part et d'autre tous les efforts possibles pour obtenir la plus grande vitesse, *l'Ajaccio* a constamment été le premier, et a gagné sur ses adversaires plusieurs longueurs de navire. Succès vraiment remarquable, dit le procès-verbal de réception, si l'on considère les champions auxquels *l'Ajaccio* avait affaire.

Il est à remarquer que le personnel du *Napoléon* était parfaite-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment exercé, et connaissait bien son navire, tandis que celui de *l'Ajaccio* était tout nouveau, et manquait d'expérience. Depuis, *l'Ajaccio* a fait un service très actif avec une vitesse qu'aucun navire n'avait atteinte.

Aujourd'hui les ateliers de M. A. Pihet peuvent offrir, soit à l'État, soit à l'industrie particulière, l'outillage le plus considérable qu'on ait créé. Ils sont prêts à exécuter des outillages plus gigantesques encore, si le besoin s'en faisait sentir.

Peu de carrières ont été aussi honorablement et aussi complétement remplies que celle qu'a parcourue jusqu'à présent M. A. Pihet, dont l'exemple montre jusqu'où peut aller l'activité humaine, jointe aux plus nobles qualités du cœur et de l'intelligence.

De tous les grands outils qui figuraient à l'exposition, aucun n'a plus attiré l'attention et excité une polémique plus ardente que le marteau-pilon exposé par MM. Schneider frères (1), du Creuzot. C'est qu'il ne s'agissait pas seulement de juger du mérite de l'invention ; la question s'élevait presque à la hauteur d'une lutte nationale. Il s'agissait de savoir si le marteau était anglais ou français ; bien plus, si, en un mot, l'un des deux pays l'aurait volé à l'autre.

L'importance du sujet me fera sans doute pardonner la longueur de quelques détails.

Le lièvre a été levé par l'article suivant, publié dans le *Moniteur industriel* du 9 mai.

MARTEAU CYCLOPÉEN

A LA VAPEUR, POUR LES FORGES,

de M. James Nasmith (lecture de sir John Robison).

(*Pratical Mechanic and engineer's Magazine* (Glascow).)

« (L'article suivant, traduit de l'anglais, fera connaître le méca-
» nisme et l'histoire du marteau-pilon que MM. Schneider frères,
» au Creusot (Saône-et-Loire), ont envoyé à l'exposition. En le
» lisant, on comprendra que c'était un devoir pour le *Moniteur*
» *industriel* de le publier. Nous nous contenterons de faire observer
» que l'auteur de ce document, sir John Robison, que l'Angleterre
» pleure aujourd'hui, était une des illustrations de ce pays.)

» ..... Avec les avantages de la simplicité et du peu d'espace,

(1) Nouvelle médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» cette construction possède l'avantage plus important d'une force » énorme, tellement maniable que, sur deux coups qui se suivent, » l'un est capable de pénétrer dans une masse de fer chaud comme » dans de l'argile, et le second peut être assez doux pour faire en- » trer, à moitié seulement, un clou dans le bois le plus tendre. A » la volonté du conducteur, cette machine peut employer sa puis- » sance à des coups longs et terribles, ou bien, se réglant elle- » même, elle fait tomber sur l'enclume des coups modérés par cen- » taines et par minute.

» Cette machine consiste en un châssis de fonte surmonté d'un » cylindre à vapeur. La tige du piston traverse le cylindre et se » joint à la masse qui sert de marteau ou de bélier, de façon que, » lorsque la vapeur est admise sous le piston pour le soulever, il » entraîne avec lui le marteau tout le temps de l'action de la vapeur. » Lorsque le piston s'arrête, le marteau reste suspendu ; si la va- » peur passe librement dans la partie supérieure du cylindre, le » marteau tombe, et sa chute lui donne une puissance proportion- » nelle à son élévation comme à son poids. Mais si la sortie de la » vapeur est convenablement réglée par une bonne soupape, la des- » cente du marteau peut être aussi douce qu'on le désire. Tout cela » se fait au moyen d'un appareil à la main d'une extrême simplicité » qui commande une soupape-tiroir.

» ..... Le piston est fait en forme de coquille, à doubles bords, » séparés par un léger trait de scie, de façon que, lors de la chute du » piston, il joue à peu près librement, et que, lorsqu'il est pressé par » la vapeur, l'expansion le rend complétement étanche contre le cy- » lindre. Avec un piston de construction ordinaire, la violence de la » chute aurait endommagé la tige et tout l'appareil, comme il arrive » actuellement à une forge de France, au Creuzot, où la machine de » M. Nasmith a été introduite, d'après un dessin montré à M. Bourdon, » directeur de cet établissement, lorsqu'il visita celui de MM. Nas- » mith, en 1839. La forme du piston et son mode d'attache n'ayant » pas été particularisés, la forme usuelle fut adoptée, et la machine » a constamment échoué. M. Bourdon et ses amis, pour montrer » leur *gratitude* à M. Nasmith pour sa communication, ont pris » immédiatement un brevet d'invention en France, pour leur propre » compte, et tenté, trop tard fort heureusement, de faire la même » chose en Angleterre. M. Nasmith avait déjà pris des brevets pour » l'Angleterre et pour l'Écosse, et il s'est assuré l'exercice de ses » droits dans toutes les autres contrées importantes de l'Europe et » dans les États-Unis.

» M. Nasmith n'a pas encore appliqué le double effet de la va-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» peur pour augmenter la force des coups, mais il se propose de » le faire, après de nouvelles expériences, dans la forme la plus » simple. La spécification annonce également le double effet. » (Avril 1843.)

L'inculpation énoncée dans cet article avait un caractère de gravité tel, que M. Schneider, alors à Paris, y répondit immédiatement dans le numéro du 12 mai.

« Un seul mot, dit M. Schneider, pourrait faire tomber toute la » pénible argumentation de M. Robison, c'est que *M. Bourdon* » *n'est pas allé en Angleterre en* 1839; *qu'ainsi M. Nasmith n'a* » *pu lui montrer un dessin d'après lequel l'établissement du Creuzot* » *aurait contrefait le marteau que vous appelez* MARTEAU CYCLOPÉEN » A LA VAPEUR POUR LES FORGES.

» Ce n'est qu'en 1840 que M. Bourdon a fait son voyage en An- » gleterre avec l'un de nous. Or, à cette époque il avait non seule- » ment fait les études du marteau en question, mais il en avait déjà » communiqué les dessins aux hommes les plus compétents.

» L'idée d'employer la vapeur pour actionner directement un • marteau n'avait d'ailleurs rien de bien neuf : aussi, lorsque » M. Bourdon a fait part à M. Nasmith des dispositions par lui arrê- » tées à ce sujet, cet ingénieur a-t-il pu lui répondre qu'il avait eu la » même idée de son côté ; mais l'explication qu'il a donnée, et les » croquis qu'il en reproduisait deux ans après, prouvent qu'il n'en » était pas arrivé aux moyens d'application, ce que pourraient » même servir à constater quelques passages de l'article par vous » reproduit dans votre dernier numéro. C'est l'application, en effet, » qui était aussi importante que difficile, et M. Bourdon l'a heu- » reusement réalisée avec nous, après plusieurs essais successifs ; et » ce n'est qu'après avoir résolu *pratiquement* la question que, sous » la date du 11 octobre 1841, nous avons pris le brevet provisoire » confirmé par l'ordonnance royale du 19 avril 1842.

» Ce marteau fonctionnait depuis longtemps au Creuzot, et » M. Nasmith n'avait encore rien exécuté, lorsqu'il est venu passer » quelques jours dans notre établissement, où nous nous sommes » fait un plaisir de lui laisser prendre tous les plans, notes et ren- » seignements qu'il a pu désirer. Sa visite au Creuzot ayant coïn- » cidé avec celle d'un ingénieur américain et d'un ingénieur fran- » çais, professeur d'une de nos premières écoles, nous pourrions » en appeler aux souvenirs de ces témoins irrécusables devant » lesquels il a exprimé, à plusieurs reprises, son étonnement sur » le merveilleux emploi que l'on tirait de ce nouvel engin. Il a » même confié à l'un d'eux qu'il allait prendre un brevet en Angle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» terre, et c'est ce qu'il n'a pas manqué de faire quelques jours » après son retour.

» Les dates seront là, au besoin, pour montrer de quel côté est la » vérité.

» Longtemps avant la venue chez nous de M. Nasmith, nous » avions offert, à Londres, à l'un des premiers ingénieurs de cette » ville, de prendre avec lui ce brevet en participation pour ex- » ploiter le même marteau à vapeur ; mais nous avons abandonné » ce projet, d'après sa réponse. Il fallait prendre une patente spéciale » pour chacun des trois royaumes, et il paraissait douteux, suivant » lui, que les profits pussent compenser les frais et les difficultés » auxquels donnerait lieu l'exploitation d'un brevet de cette na- » ture. Le témoignage de cet ingénieur et sa correspondance, datée » de Londres, répondraient encore victorieusement à l'assertion de » M. Robison, que *nous sommes arrivés trop tard pour devancer* » *M. Nasmith en Angleterre.*

» En ce qui concerne la *marche du marteau,* que M. Robison con- » sidère comme si peu satisfaisante dans nos usines, il nous suffira » de dire que le contraire est publiquement notoire ; que notre » marteau a largement coopéré à la fabrication de nos grands appa- » reils de navigation maritime (1), comme à un grand nombre de » travaux divers de forgerie et de mécanique ; qu'il nous a produit » les résultats les plus satisfaisants, sous le rapport de l'économie » et de la perfection du travail, et qu'enfin, depuis plus de deux ans, » il n'est survenu aucun dérangement à cet engin d'invention *toute* » *française.*

. . . . . .

» Si, du reste, M. Nasmith ou ses amis étaient jamais tentés de » nous discuter sérieusement nos droits de priorité, nous serions en » mesure de leur répondre catégoriquement, et par des preuves » qu'ils ne pourraient récuser. »

L'affaire ainsi engagée ne devait pas en rester là : aussi trouve-t-on, dans le *Moniteur industriel* du 30 mai, une très longue lettre de M. Nasmith, datée de la fonderie de Bridgewater, à Patricoff, près Manchester, le 22 mai 1844.

La stricte impartialité voudrait peut-être que je reproduisisse cette lettre *in extenso*, comme je l'ai fait, au moins quant aux arguments principaux, pour celle de M. Schneider ; mais ses arguments sont tellement diffus, qu'ils ne pourront que gagner à l'analyse que j'en vais

(1) Une magnifique bielle, pour un vapeur de 450, forgée avec ce marteau, figurait à l'exposition.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faire, et dans laquelle je me servirai, autant que possible, des expressions mêmes de M. Nasmith.

M. Nasmith trouve d'abord bien hardie la prétention de MM. Schneider de lui disputer la priorité de cette importante découverte, et d'aller jusqu'à affirmer que cette invention, dont il revendique l'honneur, doit leur être attribuée.

» Le 24 novembre 1839, ajoute M. Nasmith, j'ai, pour la première fois, résumé sur le papier les lignes principales de mon » appareil. J'ai en ce moment sous les yeux cette première esquisse » portant la date ci-dessus. Je suis prêt à vous la communiquer au » besoin. »

M. Nasmith explique ensuite comment il communiqua confidentiellement ses procédés à un certain nombre de grands propriétaires de forges, tant en Angleterre que sur le continent; mais qu'il ne put s'entendre avec eux, non plus qu'avec ses associés, qui ne trouvèrent pas, dans leur propre usine, de forge assez importante pour permettre d'expérimenter et de démontrer la valeur de cette invention. L'Angleterre était, au surplus, à cette époque sous le coup d'une crise industrielle, et l'on ne se souciait que médiocrement de s'embarquer dans une spéculation nouvelle, quelles que fussent ses chances de succès.

« Ce fut le 15 juillet 1840, et non en 1839, comme l'annonçait » par erreur feu M. Robison, que M. Schneider, accompagné de » M. Bourdon, ingénieur en chef du Creuzot, nous fut présenté par » nos amis communs, MM. Zurlchenbart, de Liverpool.

» Ils visitaient l'Angleterre pour acheter des outils, et particulièrement pour voir le meilleur système de marteau existant, et » se procurer les ouvriers pour forger les grosses pièces nécessaires » aux machines de 450, qu'ils avaient obtenues du gouvernement » français. Cette question de forge les préoccupait beaucoup alors, » ainsi que je l'ai appris depuis.

» Je ne me trouvais pas, en ce moment, chez moi; mais mon associé, M. Gashill, reçut ces messieurs, et, entre autres attentions, leur communiqua le dessin de mon marteau à vapeur, qu'ils » examinèrent attentivement, et dont ils parurent très frappés. Ils » ne dirent pas le moins du monde à mon associé qu'ils avaient » une idée analogue, ce qu'il est naturel pourtant de supposer » qu'ils n'auraient pas manqué de faire, s'ils l'avaient eue en » effet. »

M. Nasmith raconte ensuite qu'en février 1842, il fit un voyage en France, et offrit gratuitement son marteau à vapeur à M. Benoit, directeur du chemin de fer de Rouen et des grandes forges

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'Alais, pour le remercier des lettres de recommandation qu'il en avait reçues.

... « J'y arrivai (au Creuzot) le 12 avril 1842, au matin. » M. Schneider était absent, mais attendu bientôt. Neanmoins je » trouvai M. Bourdon, auquel je me fis reconnaître. En faisant ma » ronde avec lui dans les ateliers, je fus très frappé de la beauté et » du fini de quelques grosses pièces en fer forgé, destinées à de » grands moteurs à vapeur. Comme je lui en faisais compliment, il » me répondit : *C'est grâce à votre marteau à vapeur.*

» Ignorant à cette époque qu'il eût visité mes ateliers, je fus » aussi surpris que flatté de ces paroles... Aussitôt il me dit qu'il » avait visité mon usine ; que mon associé, M. Gashill, lui avait » communiqué le plan et la description de mon marteau à vapeur ; » qu'à son retour au Creuzot, il s'était empressé d'en construire un » qui fonctionnait en ce moment ; et là-dessus, il me conduisit dans » l'atelier de forges, où il me montra *mon marteau*, comme il » l'appelait, en pleine activité.

» J'en appelle à M. Bourdon, que je tiens pour un homme » d'honneur, et je lui demande si la substance de notre première » entrevue n'est point exactement ce que je viens de rappeler.

» ... Homme spécial, ingénieur distingué, M. Bourdon avait » peut-être songé à un marteau à vapeur avant de voir mon es- » quisse. Mais c'est ce que je voudrais qu'il prouvât. Je voudrais » encore savoir si, avant de connaître mon dessin, il avait jamais » construit ou monté un marteau à vapeur. Non. Ce ne fut qu'à son » retour d'Angleterre, et après avoir été saisi de *mes* idées, qu'il » construisit le marteau qu'il me montra comme *mien*.

» ... Après avoir vu le marteau en activité, je demandai à » M. Bourdon s'il n'y avait rencontré aucune partie qui fonctionnât » avec difficulté. Il me répondit qu'il n'avait à se plaindre que du » piston, qui se brisait souvent par la force de percussion, ainsi » que la tige ; que la clavette qui attache la tige au marteau-pilon » était sans cesse coupée, etc.

» Dans le même esprit libéral qui, je m'en flatte, m'animera » toujours dans mes rapports avec mes confrères, je m'empressai » de lui indiquer, de la manière la plus détaillée, cette partie la » plus importante de mon appareil, qui a trait à la jonction élas- » tique de la tige du piston avec le mouton du marteau-pilon, dis- » position indiquée dans ma première esquisse, mais qui lui avait » échappé lors de l'examen qu'il en fit. Je demande si on n'a pas » profité de ce perfectionnement ?

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ici M. Nasmith nie qu'on lui ait permis de dessiner la machine; car il n'avait pas besoin de cette permission.

« Quant aux deux personnes qu'il dit s'être trouvées au Creuzot » le jour que je visitai l'usine (soit le 12 avril 1842), si elles veu- » lent répéter fidèlement ce qu'elles m'ont entendu dire au sujet du » marteau à vapeur, elles confirmeront de point en point ce que je » viens d'avancer. Je n'ai pas passé au Creuzot plusieurs jours, » ainsi que MM. Schneider l'ont avancé dans leur lettre. Je partis » le lendemain, après une entrevue avec M. Schneider, qui était re- » venu le même jour au soir. Avant de partir, j'écrivis en Angleterre » à mes associés pour leur dire de faire des démarches pour s'assurer » d'un brevet d'invention en Angleterre pour mon marteau, un plus » long retard pouvant mettre en péril mes droits de propriété. » Quelque temps s'étant écoulé avant mon retour en Angleterre, » le brevet ne fut délivré qu'en juin 1842.

» Pour en finir, monsieur, j'adresserai deux questions à » MM. Schneider, en leur demandant de me répondre catégorique- » ment et sans faux-fuyant :

» 1° Ont-ils eu, au Creuzot, un marteau à vapeur en activité » avant d'avoir visité mon établissement, et pris communication » de mon plan, le 15 juillet 1840?

» 2° Ils disent, dans la lettre qu'ils vous ont adressée, qu'ils avaient » fait faire des démarches à Londres par un ingénieur anglais » (qu'ils le nomment!) pour obtenir un brevet d'invention en An- » gleterre pour leur marteau à vapeur. Cette demande d'un brevet » a-t-elle été faite *antérieurement* ou *postérieurement* à la visite de » MM. Schneider et Bourdon à mon établissement? S'il se trouve » que la demande a été faite lorsque ces messieurs avaient déjà eu » communication de mon plan, je laisse à tous les hommes d'hon- » neur le soin de l'apprécier. »

Je trouve dans le n° suivant (*Moniteur industriel* du 2 juin) une réplique de MM. Schneider à M. Nasmith.

Ces messieurs répètent d'abord que l'idée d'employer directe- ment la vapeur à certains outils n'a rien de neuf. Ils ajoutent que M. Cavé l'a utilisée aussi fort habilement à une machine à percer, qui fonctionne au mieux depuis 1836 dans ses ateliers, et qu'il est tout naturel qu'il ait songé, comme plusieurs autres, notamment M. Rossin, l'un des savants ingénieurs de la marine, à appliquer la même idée pour enlever un marteau.

« C'est, répètent-ils, dans la réalisation de l'idée, dans l'applica- » tion toute pratique qu'était la difficulté, que résidait toute la ques- » tion, et nous maintenons que c'est à M. Bourdon que revient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» l'honneur de l'avoir résolue... M. Nasmith, dont nous sommes » loin de vouloir contester l'habileté à tant d'autres titres, confesse » lui-même que ce n'est qu'après sa visite au Creuzot qu'il a eu foi » dans l'application, *et qu'il s'est empressé d'écrire à ses associés* » *de faire les démarches nécessaires pour obtenir un brevet en An-* » *gleterre*.

» Pourquoi donc aurait-il gardé ainsi, sans valeur, dans ses car- » tons, pendant près de quatre ans, un croquis qu'il nous dit avoir » pris soin de dater lui-même du 24 *novembre* 1839?... Pourquoi, » en donnant la spécification de son brevet de juin 1843, a-t-il pré- » cisément produit un marteau-pilon, avec des formes et des dé- » tails identiques à celui qu'il avait vu fonctionner au Creuzot, et » non tel qu'il le reproduisait encore à son arrivée en France? C'est » apparemment parce qu'il avait reconnu le sien inexécutable, sui- » vant d'ailleurs que le prouveraient au besoin ses esquisses de cette » époque. Pourquoi, plus tard, dans ses figures annexes, dans les » dessins qu'il fait si facilement, a-t-il placé un fond de chaudière » en cuivre sous le marteau? N'est-ce pas parce qu'il avait causé » chez nous-mêmes avec un habile professeur de l'École centrale des » arts et manufactures, M. Ferry, qui était venu au Creuzot pour » examiner spécialement ce marteau et l'appliquer à l'usine de » cuivre de Romilly, dont il était l'ingénieur? Au reste, que M. Nas- » mith nous dise si, aujourd'hui encore, il a fait exécuter un seul » fond de chaudière avec le marteau-pilon à vapeur.

» ... Comme l'un de nous était à *Patricoff*, le 15 juillet 1840, et » que M. Nasmith indique lui-même qu'il était absent, nous lui af- » firmons que M. Bourdon fit non seulement des objections à ce » qu'il appelle sa première esquisse, quand M. Gashill la lui » montra; mais que, de plus, il traduisit à ce dernier, au crayon, » comment il avait entendu le nouvel appareil en question.

» Quant aux ouvriers que M. Nasmith prétend que nous allions » chercher en Angleterre pour les 450, il suffit de dire qu'à cette » époque nous n'avions encore aucune commande de ces machines, » et qu'alors, ni plus tard, nous n'avons fait venir aucun ouvrier » d'Angleterre, ni pour forger les grosses pièces, ni pour tout autre » détail de nos ateliers.

» Relativement à la visite de M. Nasmith au Creuzot, les 12 et » 13 avril 1842, et à l'important détail qu'il assure avoir eu la » *libéralité* de communiquer à M. Bourdon, *pour la jonction élas-* » *tique de la tige du piston avec le marteau*, suivant la disposition » *indiquée dans sa première esquisse qui nous aurait échappé*, d'a- » près lui, *bien qu'elle fût la plus importante, détail qui serait*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» *devenu pour nous, depuis, l'objet d'un grand perfectionnement*, il » n'y a qu'un seul mot à répondre : c'est que nous n'avons jamais » essayé ni appliqué la disposition qu'il indiquait, et que si M. Nas- » mith avait tenté alors son exécution, il l'eût reconnue inexécu- » table.

» M. Nasmith ajoute avec raison qu'il doit y avoir confraternité » entre les hommes de science de toutes les nations. M. Bourdon lui » a donné la preuve au Creuzot qu'il partageait ce sentiment, et il » faut, ou que son langage ait été bien mal compris, ou que » M. Nasmith soit bien peu familiarisé avec les formes de la poli- » tesse française pour avoir prêté aux paroles que lui aurait dites » M. Bourdon le sens qu'il semble vouloir leur attribuer aujour- » d'hui. Les honorables ingénieurs qui visitaient le Creuzot en » même temps que lui ont, d'ailleurs, témoigné déjà assez publi- » quement de leur opinion à ce sujet.

» En ce qui concerne la démarche que nous avons faite, plus » d'un an avant lui, pour prendre un brevet en Angleterre, puis- » qu'il semble vouloir infirmer notre déclaration à cet égard, nous » ne saurions mieux faire que de le renvoyer à M. E. Storburk, » associé du célèbre Stephenson, qui ne refusera sûrement pas de » lui donner connaissance de notre correspondance de 1841 pour » cet objet.

» Enfin, pour terminer, nous demanderons à M. Nasmith, à » notre tour, s'il avait vu fonctionner un marteau-pilon à vapeur, » soit chez lui, soit ailleurs, avant sa visite au Creuzot?

» S'il n'avait eu lui-même la connaissance et le sentiment intime » de nos droits, nous eût-il proposé, d'abord par sa lettre du » 3 août 1843, et itérativement par celle du 16 septembre suivant, » d'associer notre brevet de 1841 avec celui qu'il a pris bien pos- » térieurement pour de prétendus perfectionnements?

» Si son invention eût eu antérieurement une existence réelle en » Angleterre, comme il le prétend, pourquoi donc ne réclamait-il » pas dès lors l'annulation de nos droits d'inventeur?

» Vous jugerez si, d'après tout ce qui précède, il n'est pas » inexplicable de voir aujourd'hui M. Nasmith ressusciter sa pré- » tention, lorsqu'il n'a pas répliqué à la lettre personnelle que nous » lui avons adressée dès le 12 octobre dernier, lettre que nous » pourrions rendre publique, et par laquelle nous l'invitions à ne » pas reproduire *sa prétention si mal fondée*, en présence des faits » que nous lui avons, dès cette époque, rappelés et précisés de la » manière la plus formelle, tout en lui faisant sentir quelle serait » pour lui la conséquence d'un débat. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, le dernier acte de cette remarquable polémique se trouve dans le n° du 6 juin du même journal, qui publie la lettre suivante de M. Bourdon.

« Creuzot, 2 juin 1844.

» Je viens de lire, dans votre n° du 30 mai dernier, une lettre de » M. Nasmith, de Patricoff, par laquelle je suis interpellé person- » nellement relativement au marteau vertical à vapeur. Je rétablis » ainsi les faits :

» En mai 1840, lorsqu'il fut question de fabriquer, dans les ate- » liers du Creuzot, de grands appareils pour la navigation, pénétré » de l'insuffisance des moyens connus et employés jusque là pour » forger de grosses pièces, j'ai de nouveau proposé à M. Schneider » le projet d'un marteau vertical, attaché directement à la tige » d'un piston à vapeur ; j'en ai dès lors communiqué les dispositions » à diverses personnes, entre autres à MM. Mimerel, Bertrand et » Raulin, envoyés au Creuzot par le ministre pour recevoir *le* » ***Pluton*** de 220, avec mission d'examiner l'outillage en prévision » des appareils de 450.

» Ce fut deux mois après que j'eus l'honneur de voir MM. Nas- » mith et Gashill, dans leur vaste établissement de Patricoff, et » que j'ai su qu'ils cherchaient à réaliser l'idée d'un marteau à va- » peur, dont les dispositions, encore incomplètes, différaient es- » sentiellement du projet que j'ai fait exécuter comme je l'avais » conçu. Ces dispositions étaient telles, que j'apprends sans éton- » nement, par la lettre de M. Nasmith, que, sous cette forme, il » ait vainement, pendant trois ans, essayé de faire accueillir son » idée, et qu'il n'ait pas osé la faire exécuter, même dans de petites » proportions, pour le service de ses beaux ateliers.

» En avril 1842, lorsque nous avons eu le plaisir de voir M. Nas- » mith au Creuzot, notre machine fonctionnait depuis quinze mois. » Nous avions alors surmonté les difficultés que présente souvent la » mise en service des appareils les plus simples, et nous n'avons » employé aucun des moyens que cet ingénieur dit nous avoir in- » diqués.

» Je lui ai présenté cet instrument, non *comme son marteau*, » mais comme la réalisation d'une idée qu'il avait eue comme moi, » et que, du reste, plusieurs ingénieurs avaient conçue de leur » côté, notamment MM. Thomas, Laurens et Rossin, directeur » d'Indret. Cette pensée était bien simple, en effet, puisqu'il s'a- » gissait seulement de remplacer par la vapeur la poulie et la » corde employées ordinairement pour les moutons des forges à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» bras ; *mais la question était tout entière dans l'application*, dans » les détails d'exécution et la mise en service industriel. »

Telles sont les pièces, qu'on pourrait appeler officielles, de ce litige qui a vivement ému tous les mécaniciens français. En les lisant sans prévention, on restera convaincu, je pense, que M. Nasmith n'a absolument rien à réclamer à M. Bourdon, et que, bien qu'il soit constant que, de son côté, il avait eu la pensée d'appliquer, plus ou moins directement, la vapeur à la forge des grosses pièces, M. Bourdon l'avait également eue avant toute communication de M. Nasmith, et qu'il a eu surtout le mérite d'en faire l'application industrielle, sans la connaissance de laquelle le croquis de M. Nasmith dormirait encore dans ses cartons. J'ajouterai que l'un des honorables ingénieurs cités dans cette polémique m'a affirmé qu'avant le voyage de M. Bourdon en Angleterre, celui-ci lui en avait expliqué très clairement les données, entièrement conformes aux conditions actuelles d'exécution.

Si toutefois il pouvait s'élever quelque regret de ce que la France aurait à partager avec l'Angleterre l'idée fondamentale de cette importante application, je puis bien facilement dissiper cette impression, et rassurer complétement l'amour-propre national, en citant à vos lecteurs le titre et un paragraphe d'un brevet de cinq ans, pris par M. Cavé, le 29 novembre 1836, publié t. XLV, p. 310, du recueil des brevets d'invention expirés :

« Pour une machine mue directement par la vapeur, ou par tout » gaz élastique, destinée à remplacer le balancier, *le mouton* et » toutes autres machines semblables.

» Le principe consiste dans l'application d'un cylindre avec son » piston, fixé directement au levier de la machine, qui, lui-même, » peut changer de forme ou de longueur, suivant la course (ou le » parcours) de l'objet à fabriquer. La suppression du levier pour- » rait également avoir lieu, en *appliquant directement le piston* au » porte-matrice ou au porte-poinçon. »

Suit la description de l'une des applications possibles du principe énoncé, et qui consiste en une machine à percer ou à couper, du genre de celle que j'ai décrite en parlant des produits de M. Calla, avec cette différence, que le grand bras du levier est articulé à la tige d'un piston mû par la vapeur, qu'on introduit dans le cylindre au moment où l'ouvrier, après avoir ajusté sa pièce, veut faire descendre le poinçon.

Assurément il n'est nullement question, dans ce brevet, d'appliquer son principe à la forge des grosses pièces ; mais la généralisation du titre, le mot *mouton* qui s'y trouve formellement écrit, et l'*appli-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cation directe du piston, tout cela exprime-t-il autre chose que les conditions fondamentales du *marteau-pilon* ou du *marteau cyclopéen*, comme on voudra l'appeler, et ne constitue-t-il pas, pour la France, un titre incontestable de priorité, que viendrait corroborer au besoin l'exécution matérielle de M. Bourdon bien antérieurement à celle de M. Nasmith?

Le Creuzot exposait également une machine destinée à comprimer les rivets qui réunissent les diverses parties des chaudières à vapeur. Figurez-vous une énorme borne verticale en fer forgé, de 3 mètres environ de hauteur, portant à son sommet, et dans une position horizontale, une matrice, en face de laquelle se trouve une autre matrice que pousse vers la première le petit bras d'un levier dont le grand bras est articulé à la tige d'un piston mû par la vapeur, dans des conditions de principes identiques avec celles de la machine à percer de M. Cavé. Les deux tôles à réunir, percées chacune de trous bien en regard les uns des autres, sont présentées entre les deux matrices; un rivet, chauffé au rouge, est introduit dans deux de ces trous; et, lorsqu'on l'a amené bien en face des deux matrices, on introduit la vapeur dans le cylindre, dont le piston, soulevant le grand levier, comprime le rivet entre les deux matrices, et réunit, avec une grande force, les deux morceaux de tôle qui doivent faire partie de la chaudière.

Dans le voisinage de cet appareil se trouvait une chaudière dont les rivets, d'une netteté remarquable, annonçaient évidemment que des procédés mécaniques d'une grande force et d'une grande précision avaient présidé à leur exécution. Le livret, très peu explicite à ce sujet, se contentait de livrer le nom de M. Lemaitre (1), à la Chapelle-Saint-Denis, sans aucune indication des conditions nouvelles que paraissait présenter cette chaudière.

Bien m'en a pris de me décider à faire le voyage pour comparer les procédés de M. Lemaitre avec ceux du Creuzot; car j'y aurais perdu l'étude, et vos lecteurs, la description d'une des plus ingénieuses machines que j'aie vues.

Mais procédons par ordre.

Dans les machines ordinaires à percer la tôle des chaudières, la matrice et le poinçon ont des diamètres sensiblement égaux; le poinçon n'ayant, dans la matrice, que le jeu nécessaire pour y pénétrer facilement. La matrice de la machine de M. Lemaitre est, au contraire, beaucoup plus grande que le poinçon, d'où il résulte qu'au lieu de faire des trous cylindriques, les trous qu'on en obtient

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

offrent un cône tronqué très évasé, dont la petite base est du côté du poinçon, et la grande du côté de la matrice. Les feuilles de tôles sont percées d'abord sur les deux rives qui doivent se trouver à l'extérieur de la chaudière, puis courbées suivant la place qu'elles doivent occuper, en ayant soin de tenir en dehors la grande base du cône ; on superpose ensuite l'une des rives percées sur la rive non percée de la feuille voisine, et on les assujettit solidement dans cet état. Puis, présentant à la machine les deux feuilles ainsi réunies, on fait descendre le poinçon dans chaque trou de la feuille supérieure pour percer les trous de la feuille inférieure, qui, comme les premiers, présentent un cône tronqué, dont la grande base est en dedans, de sorte que les deux trous, parfaitement en regard, offriraient, dans une section diamétrale, une double queue d'aronde.

J'oubliais de vous dire que la machine est entièrement fondée sur le système de la machine à percer de M. Cavé ; ce qui ne vous étonnera pas, lorsque je vous aurai appris que, pendant vingt ans, M. Lemaitre a été l'un des plus actifs collaborateurs de cet ingénieur, dont il est aussi, je crois, le beau-frère.

Lorsque les doubles trous de deux feuilles voisines sont ainsi percés, on procède à leur réunion définitive par des rivets, opération qui se fait toujours par la même machine, dont le poinçon articulé se relève pour laisser fonctionner les autres organes, dont je vais essayer la description.

La machine possède deux cylindres à vapeur commandant séparément chacun un levier. L'un de ces leviers agit sur la matrice destinée à comprimer le rivet, l'autre sur un tube très fort qui enveloppe cette même matrice. Une borne horizontale, qui tout-à-l'heure portait la matrice à percer les trous, sert à supporter maintenant l'effort de la matrice contre les rivets. On introduit un rivet chaud dans un des doubles trous, la tête en dedans, et on place sa pointe sous la matrice ; puis l'ouvrier, tirant une manette, introduit la vapeur dans le cylindre qui commande le tube, enveloppe de la matrice. Ce tube s'abaisse sur les deux tôles qu'il comprime fortement, et dont il détermine l'exacte superposition ; et, pendant que les deux tôles sont ainsi vigoureusement serrées l'une contre l'autre, une autre manette, introduisant à plusieurs reprises la vapeur dans le second cylindre, fait frapper, par la matrice, autant de coups contre le rivet, qui se trouve comprimé au point de remplir parfaitement le double cône formé par les trous.

L'idée de comprimer mécaniquement les rivets des chaudières à vapeur n'est pas nouvelle. Elle a été tentée en Angleterre, mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec beaucoup moins de succès. Moins ingénieuses encore que celle du Creuzot, les machines anglaises opèrent la compression au moyen d'une came, condition qui exige qu'on règle rigoureusement l'écartement des matrices, en raison de l'épaisseur des tôles, sous peine de ne pas comprimer suffisamment le rivet, si leur écartement est trop grand, ou de briser l'appareil si elles sont trop rapprochées. Dans ces machines, comme dans celle du Creusot, il est absolument nécessaire d'opérer, par un moyen extérieur et indépendant de l'appareil, le rapprochement des deux feuilles de tôle pour éviter que, dans le refoulement du rivet, une partie de sa substance s'étale entre les deux tôles, dont le rapprochement ultérieur deviendrait alors impossible.

Dans la machine de M. Lemaitre, le rapprochement des deux tôles a lieu, non seulement avant, mais pendant la compression du rivet, ce qui rend absolument impossible toute interposition du métal entre les deux tôles. Ajoutons, en outre, que cette opération se fait sans aucune perte de temps.

On a vu plus haut que le perçage des seconds trous se fait à travers les premiers, condition qui les met exactement en regard, et qui économise un temps considérable; parce que, quelle que soit la précision des appareils à percer ordinaires, pour déterminer l'espacement des trous entre eux, la tôle joue toujours plus ou moins sous l'effort du poinçon, de sorte qu'il n'est pas rare de trouver de notables différences dans l'écartement des trous d'un bout à l'autre de la feuille. Si j'ajoute que la courbure qu'on donne ensuite à cette feuille rend encore plus difficile la rencontre des trous d'une feuille avec les trous de l'autre, on reconnaitra que, sous le rapport économique, les procédés de M. Lemaitre l'emportent notablement sur tous ceux connus.

Si, maintenant, faisant abstraction des procédés décrits, nous comparons le principe de la rivure par compression à la rivure au marteau, telle qu'on la pratique encore dans les ateliers de grosse chaudronnerie, nous lui trouverons encore une incontestable supériorité, comme conditions de solidité.

En effet, ceux de vos lecteurs qui possèdent le tome XII de la *Revue scientifique* y trouveront, page 278, un mémoire de M. Charles Hood, où il est démontré par des faits nombreux que le martelage du fer à froid le fait passer de l'état fibreux à l'état cristallin, et le rend d'une fragilité remarquable, quelle qu'ait été sa ténacité primitive. Or, dans la rivure au marteau, la tête du rivet ne reçoit sa forme définitive qu'après des coups multiplés, pendant la durée desquels s'opère le refroidissement : aussi, n'est-il pas sou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent difficile de faire sauter un rivet ordinaire d'un seul coup de marteau convenablement appliqué.

Si, enfin, à cette plus grande ténacité des rivets s'ajoute, comme dans le procédé de M. Lemaitre, l'énorme résistance de la double queue d'aronde formée par la superposition de la petite base des deux cônes, on sera convaincu que les procédés de M. Lemaitre sont un service immense rendu aux industries qui emploient la vapeur, puisqu'elles y trouvent réunis les avantages d'une économie notable, et d'une solidité beaucoup plus grande que partout ailleurs.

J'ai plusieurs fois cité M. Cavé; et, bien qu'il ne figurât que sur le livret de l'exposition, vos lecteurs mécaniciens ne seront probablement pas fâchés de trouver ici quelques mots sur ce que m'a permis d'apprendre une très courte visite que la polémique du Creuzot et de M. Nasmith m'a donné l'occasion de faire dans ses ateliers.

Tout le monde sait que M. Cavé était l'un des constructeurs de ces immenses *steamers* transatlantiques de 450 chevaux qui peuvent nous être d'une si importante utilité dans une lutte maritime avec l'Angleterre. La forge des grosses pièces de ces énormes machines ne paraît pas l'avoir beaucoup préoccupé; car, depuis longtemps, et je crois même qu'il est le premier qui l'ait tenté, il avait renoncé au système des mises successives pour augmenter la masse des pièces, et avait adopté la méthode qui consiste à forger d'un seul ensemble, et sous le martinet ordinaire, toutes les barres de fer qui doivent former la pièce. Il s'était imposé la solution d'un autre problème : celui de l'alézage des énormes cylindres de ces mêmes machines.

Dans les conditions ordinaires, les variations de la température atmosphérique sont de peu d'importance sur l'alézage des petits cylindres à vapeur; mais, lorsqu'il s'agit de ces grandes dimensions, les contractions ou les dilatations du cylindre pendant le travail de l'alézage peuvent avoir une notable influence sur la précision nécessaire de cette opération. Pour se mettre à l'abri des inconvénients qui pouvaient résulter des variations de température sur les cylindres de ces machines, variations qui pouvaient affecter, tantôt un point, tantôt un autre, sous l'influence des courants d'air qui sillonnent ses vastes ateliers, ou des coups de soleil qui pouvaient venir les frapper subitement par l'une des nombreuses fenêtres de la toiture, M. Cavé a tout simplement établi la machine à alézer dans une fosse assez profonde pour que l'air ne s'y renouvelât que difficilement, et surtout pour que le cylindre y fût à l'abri des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

variations extérieures de la température. Ces conditions ne seraient pas sans importance pour des cylindres de beaucoup plus petites dimensions, si l'on y ajoutait surtout celle de faire sans interruption une passe entière de l'alézage. J'ai fréquemment eu occasion d'observer qu'après une interruption d'une heure, pour le repas des ouvriers, la reprise de l'alézoir était très apparente, non seulement aux yeux, mais encore au toucher. L'échauffement produit par l'action de l'outil, pendant plusieurs heures, s'affaiblissait pendant la cessation du travail, et amenait, par conséquent, une contraction du cylindre. Il en résultait qu'à la reprise du travail, l'alézoir enlevait plus de matière qu'auparavant, ce qui produisait une zone creuse qui ne cessait de se produire que lorsque l'échauffement du cylindre était rétabli au degré primitif.

J'ai encore eu occasion de voir, chez M. Cavé, une presse hydrostatique d'une force énorme destinée à la fabrication des tuyaux de plomb pour l'usine de M. David, rue de Bercy.

On peut, au moyen de cet appareil, étirer des tuyaux de plomb d'une longueur indéfinie. Son principe est celui de la presse des vermicelliers, appliqué à la fabrication du macaroni.

Figurez-vous, en effet, qu'au lieu d'une plate-forme, comme dans les presses hydrostatiques ordinaires, on emploie un piston se mouvant dans un cylindre qu'on remplit de plomb fondu. Le fond de ce cylindre est percé d'une ouverture dont le diamètre est celui du diamètre extérieur du tuyau. Au centre de cette ouverture est placé un mandrin qui détermine le creux du tuyau à faire.

Si maintenant on fait agir la presse hydrostatique, le plomb figé, mais non refroidi entièrement, est obligé de sortir par l'espace annulaire laissé entre le mandrin et l'ouverture pratiquée au fond du cylindre ; mais, comme le mandrin ne pourrait pas se maintenir au centre de l'ouverture sans attaches extérieures, au lieu de sortir en tuyau cylindrique, le plomb se sépare d'abord en lanières plus ou moins nombreuses contre les attaches du mandrin. Mais, au-delà de ces attaches, elles rencontrent une forte douille qui les réunit, en comprimant leurs bords les uns contre les autres, de manière à les souder ensemble assez solidement pour que, dans les épreuves auxquelles le tuyau peut être soumis, la rupture se fasse indifféremment dans la largeur des lanières ou à leurs points de jonction.

Puisque je suis sorti un moment des salles de l'exposition, à la recherche de machines-outils qui n'y figuraient pas, permettez-moi encore une petite excursion de ce genre chez M. Carrillon, pour y jeter un coup d'œil sur une machine à dresser les glaces que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nos deux manufactures monopoleuses auraient bien dû se procurer pour le dressage des grandes pièces qui figuraient à l'exposition, et dont le dressage, à la main, était si mal exécuté, que lorsqu'on se plaçait dans la direction convenable pour y voir l'image des fenêtres de la galerie, ces images présentaient des effets de distorsion qui diminuaient notablement la valeur de ces belles pièces.

La machine de M. Carrillon peut dresser des glaces de $5^m,40$ sur $2^m,75$. Elle est fondée sur ce principe qu'une ligne droite qui se meut sur deux lignes droites parallèles, trace un plan. Comme application de ce principe, la machine se compose essentiellement de deux règles en fonte sur lesquelles marche un charriot, le long duquel marche à son tour un rodoir dont le centre est sans cesse alimenté par du sable et de l'eau. Ce rodoir peut s'élever pour passer sur les parties très saillantes de la glace, mais ne peut descendre que jusqu'à la hauteur qui lui a été fixée ; de sorte qu'on peut impunément laisser ce rodoir sur certains points, sans que pour cela il creuse la glace au-delà des limites déterminées, et que, par conséquent, le résultat du dressage ne peut être qu'un plan parfait.

Cette machine peut dresser 6 mètres carrés de glace en vingt-quatre heures. Le douci et le polissage peuvent être exécutés à la main, sans détruire sensiblement l'exactitude du plan obtenu par cette machine.

L'appareil dont je viens de vous donner un aperçu avait été commandé par la fabrique de Prémontré, appartenant alors à M. de Violaines, qui en avait déjà établi plusieurs. Mais les deux compagnies de Saint-Gobain et de Cirey, fidèles à leur pensée de monopole, viennent d'acheter, pour le détruire, ce bel établissement, dont le succès les menaçait d'une concurrence redoutable.

Mais retournons dans les salles de l'exposition.

L'outillage de petites dimensions y trouvait un digne représentant dans la maison Schwilgué, de Strasbourg, sur le compte de laquelle j'aurai probablement à revenir plus loin. Elle exposait un tour parallèle pouvant marcher au pied comme au moteur, et qui était un véritable chef-d'œuvre de fini et de précision.

On y remarquait également un banc à tirer, destiné à l'Hôtel des monnaies de Strasbourg, pour mettre d'épaisseur les bandes de métal dans lesquelles sont découpés les flancs. Ce banc avait cela de particulier, que la pince, portée sur quatre galets mobiles sur des glissières, ne pouvait, comme dans les appareils ordinaires, faire fléchir la pièce à tirer en faisant varier l'angle de traction à mesure de son déplacement, la bande restant toujours exactement paral-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lèle aux glissières. L'exécution de cette pièce était aussi irréprochable que celle du tour.

Je ne ferai pas le même éloge des machines-outils exposés par M. Pladis, car rien n'était moins coquet que celles qu'il montrait au public. J'ai peu compris les conditions nouvelles de ces machines à percer le fer à froid, et de son four économique pour réchauffer les jantes des roues de voiture; mais je puis dire quelques mots de celle destinée à cintrer à froid ces mêmes jantes, parce qu'elle a suffisamment fonctionné à l'exposition pour que j'aie pu acquérir la certitude d'une efficacité fort douteuse pour ceux qui ne l'ont pas vu marcher.

Figurez-vous deux cylindres horizontaux commandés par une série d'engrenages, au-dessus desquels est placé un troisième cylindre horizontal, partageant également la distance entre les deux premiers, et susceptible de s'élever ou de s'abaisser au besoin. Une barre de fer, de 5 centim. d'épaisseur sur 17 de largeur, reposant sur les deux cylindres inférieurs, recevant la pression du cylindre supérieur, abaissé de manière à déterminer une certaine courbure dans la barre, enfin une manivelle commandant le premier pignon de l'engrenage. Eh bien, cet appareil d'une si grande simplicité, d'une apparence plus que frêle, déterminait la courbure, en cercle parfait, de la barre de fer, au moyen d'un mouvement de rotation de la manivelle qui n'exigeait qu'un effort très modéré. Assurément il n'y a rien de bien nouveau dans cette combinaison; ces principes ont été souvent appliqués à des usages analogues; mais ce qui semblait incroyable, même après l'avoir vu, c'est que les cylindres et le bâti pussent résister à l'énorme pression qu'ils déterminaient sur la barre de fer.

Mais je vous signalerai, sans aucune restriction, les filières à fabriquer les vis de M. Waldeck, qui lui ont mérité de la Société d'encouragement un prix de 1,000 fr. en 1838. Contrairement aux filières ordinairement en usage, soit simples, soit à coussinets, celles de M. Waldeck ne coupent la vis que sur un point où se trouve une échancrure assez profonde pour recevoir un burin qui peut osciller autour de son extrémité, butant au fond de l'échancrure. Les filets de la filière n'ont d'autres fonctions que celles de guider la vis pour déterminer le rampant du pas. Il résulte de cette disposition que des vis de diamètres très différents peuvent être exécutées avec la même filière à coussinets; que la matière est franchement coupée, et non refoulée comme dans l'emploi des filières ordinaires, et qu'enfin les deux positions que peut prendre le burin, suivant qu'on tourne la filière à droite ou à gauche, pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

duisent un travail utile dans ces deux mouvements, et procurent une notable économie de temps. M Waldeck exposait aussi des tarauds établis sur un principe analogue, et permettant de tarauder des écrous de diamètres très différents.

J'arrive enfin, pour terminer le précis de mes études sur la question de l'outillage, à un appareil que M. Bréguet et moi avions exposé dans la salle des machines, et qui avait pour but l'exécution des engrenages héliçoïdes.

L'invention de ce genre d'engrenages est dû à l'ingénieur anglais James White, qui, domicilié en France, avait présenté à l'exposition de l'an x (1801) des roues dont la denture, au lieu d'être droite, comme dans les roues ordinaires, formait, avec l'arête de ces roues, un angle de 15°. En d'autres termes, chaque dent formait, sur la circonférence de ces roues, une portion d'hélice inclinée à 15°.

White attribuait à ses engrenages la propriété de se communiquer le mouvement d'une manière uniforme, de travailler sans frottement assignable, et de ne pas s'user sensiblement par un travail indéfini, lequel ne ferait que corriger les défauts dans la forme des dents, ou les inégalités dans la division qui auraient pu échapper à l'ouvrier.

Cette prétention fut alors mal accueillie, et reléguée, sans examen, parmi les impossibilités mécaniques analogues au mouvement perpétuel.

Découragé par cet abandon dédaigneux, White garda le silence jusqu'en 1812, époque à laquelle il publia, sans plus de succès, un mémoire sur ce nouveau système.

De retour dans sa patrie, il publia, en 1815, avec quelques additions, ce même mémoire, mais sans trouver plus de sympathie qu'en France; et cependant une démonstration pratique avait porté jusqu'à l'évidence la vérité de ses assertions.

Deux roues de sucre candi, taillées d'après son système, avaient travaillé pendant un temps considérable, sans que la moindre parcelle tombée sur un papier placé au-dessous vint accuser la plus petite usure dans les deux roues. D'autres roues, de la même matière, exécutées à la manière ordinaire, avaient à peine marché quelques minutes sans se briser.

Le mémoire de White m'était tombé entre les mains, et je fus frappé, en le lisant, de l'immense importance d'un principe dont l'application aux machines qui se meuvent par engrenages devait, en prévenant leur usure si rapide, utiliser encore une grande partie de la force motrice employée à vaincre la résistance due aux frottements des dents les unes contre les autres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En recherchant les causes de l'abandon dans lequel était restée si longtemps l'invention de White, je n'en pus trouver d'autres que celles des difficultés qui accompagnent l'exécution de ces engrenages, au moyen des machines exécutées par lui et décrites dans le mémoire publié en Angleterre ; car il me semblait que les assertions, quelque incroyables qu'elles parussent d'abord, d'un homme connu, comme White, par une foule d'inventions ingénieuses, méritaient au moins d'être examinées ; et l'absence de toute réfutation des principes sur lesquels il a fondé son système me portait à croire que, si on avait négligé d'en faire des applications pratiques, c'est que ces applications présentaient trop de difficultés.

Frappé des avantages que présenteraient, dans les machines, les engrenages de White, si on parvenait à les exécuter en fabrique aussi facilement que les engrenages ordinaires, je me suis donné cet important problème à résoudre ; puis, ayant fait part à M. Bréguet de mes idées à ce sujet, il les accueillit avec le plus vif empressement, et de notre travail mutuel sont résultés des appareils qui atteignent complétement le but, et dont les dispositions résultent des considérations suivantes.

Un principe fondamental des engrenages de précision est que l'action d'une dent sur l'autre doit toujours avoir lieu le plus près possible de la ligne qui réunit les centres des deux roues, et qu'en horlogerie on nomme la *ligne des centres*. Théoriquement, le meilleur engrenage serait celui où cette action n'aurait lieu que sur cette ligne.

On se rapproche le plus possible de cette condition théorique, en donnant aux deux roues le plus grand nombre de dents qu'on puisse y tailler sans trop affaiblir la denture. Mais il est évident que, quel que soit ce nombre, les deux dents en prise auront toujours dépassé la ligne des centres avant que les deux autres dents suivantes y soient parvenues.

Le résultat pratique s'éloignera donc d'autant plus de la théorie, qu'on voudra donner plus de force aux dents de l'engrenage, en augmentant leur épaisseur, puisque, avant que deux dents arrivent ensemble à la ligne des centres, il aura fallu que les deux dents précédentes aient marché de toute leur épaisseur, depuis cette ligne des centres jusqu'au moment où les deux autres y arriveront.

On peut atténuer cet inconvénient, et augmenter, pour ainsi dire indéfiniment, le nombre des dents d'une roue par les moyens suivants, dont l'application peut offrir de grands avantages dans les machines où l'on voudrait réunir à la fois une grande force et le plus de précision possible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Si, à une roue A, portant un certain nombre de dents, d'une force proportionnée à la résistance à vaincre, on accole une seconde roue B, du même nombre de dents, et entièrement semblable, mais dans une position relative telle, que la même arête de chaque dent coïncide avec le milieu de l'intervalle qui sépare deux dents de la roue A, il est évident que ce sera comme si l'on avait doublé le nombre des dents de la roue A, tout en leur conservant la même épaisseur; car, si nous supposons cette double roue engrenant avec une roue ou un pignon exécuté dans les mêmes conditions, nous verrons qu'une dent de la roue B arrivera à la ligne des centres après l'attaque d'une dent de la roue A, moitié plus vite que la dent suivante de cette roue A; et, réciproquement, que la seconde dent de la roue A arrivera à cette ligne moitié plus vite que la seconde dent de la roue B. Mais si, au lieu de deux roues, on en accole trois, de manière que chaque dent de la roue B s'avance d'un tiers sur la dent correspondante de la roue A, et que chaque dent de la roue C s'avance de la même quantité sur la dent correspondante de la roue B, ce sera comme si l'on avait triplé, tout en leur conservant la même force, le nombre des dents de la roue A, et leur passage par la ligne des centres se fera trois fois pour une.

Le même raisonnement s'applique à un nombre quelconque de roues, accolées dans les mêmes conditions, c'est-à-dire dont les dents se croiseraient d'une fraction représentée par le nombre des roues employées; et l'on se rapprochera d'autant plus du résultat théorique qu'on augmentera le nombre des roues.

Mais si, sans nous préoccuper, pour le moment, des résistances à vaincre par l'engrenage, nous supposons les roues accolées infiniment minces et leur nombre infini; au lieu d'une denture en escalier, on aura des courbes continues, formant chacune une portion d'hélice, et, par conséquent, une roue d'un nombre infini de dents. Cette roue est la *roue héliçoïde* de White.

Elle jouit évidemment de cette propriété, que chaque dent infiniment petite arrive à la ligne des centres au moment où la dent qui précède quitte cette ligne, et qu'elle y est remplacée immédiatement par la dent suivante, de sorte que la communication du mouvement d'une roue à l'autre a lieu d'une manière continue, sans choc, et par un frottement de roulement, puisque les deux roues ne peuvent être en contact que par une ligne ou même par un point, selon la forme donnée aux dents.

En effet, on comprendra facilement que, pour que l'engrenage puisse avoir lieu, il faut nécessairement que l'inclinaison des dents

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une roue soit en sens contraire de l'inclinaison des dents de l'autre, de sorte que, selon que l'une commande l'autre, les points de contact entre deux dents ont lieu successivement de haut en bas, ou bien de bas en haut, comme auraient lieu les points de contact de deux cercles roulant l'un contre l'autre.

Si nous comparons maintenant la résistance que peuvent offrir des engrenages ainsi exécutés, avec celle que présentent les engrenages ordinaires, nous verrons que, chez ces derniers, l'effort sur chaque dent s'exerce suivant une ligne variable de position, mais toujours parallèle à l'axe dont elle est plus ou moins éloignée, et ayant pour longueur l'épaisseur de la roue; et que, pendant toute la durée du contact entre deux dents, la tendance à la rupture de ces dents, quoique variable en intensité, persiste pour chaque point de la ligne où se ferait cette rupture, si l'effort était suffisant.

Au contraire, dans l'engrenage héliçoïde, supposant que la face des dents est le prolongement du rayon du cercle, le contact entre deux dents se fait sur une ligne variable de position, mais toujours perpendiculaire à l'axe, et dont la longueur est égale à la pénétration ou à l'engagement des roues.

Si nous supposons qu'on y applique le même effort qu'à l'engrenage ordinaire; dans l'état statique, cet effort sur la ligne attaquée sera en raison inverse de la grandeur de la ligne de pénétration, et, par exemple, dix fois plus grand que dans l'engrenage ordinaire, si nous supposons que la pénétration des dents est le dixième de l'épaisseur de la roue. Il faut toutefois en défalquer la portion de cet effort décomposé, qui a lieu dans la direction de l'épaisseur de la roue, et qui est d'autant plus grande, que l'inclinaison de la dent est plus considérable, de sorte qu'il serait de la moitié pour l'angle de 45°.

Mais, d'un côté, la tranche de la dent, ainsi attaquée, oppose à sa rupture la résistance solidaire des tranches voisines; et, de l'autre, si, au lieu de l'état statique, nous considérons l'état de mouvement, nous y trouverons de nouveaux éléments de résistance à la rupture, puisque chaque tranche ne supportera de pression directe que pendant un temps d'autant plus court, que la vitesse du mouvement sera plus grande : car, lorsqu'il n'y a pas de choc, l'effort doit durer un certain temps pour amener la rupture du corps qui le reçoit; et, si la vitesse du mouvement est telle que, pour chaque ligne successive qui reçoit cet effort, la durée de celui ci n'est pas celle qui amènerait la rupture dans l'état statique, la rupture n'aura pas lieu dans l'état de mouvement.

Il résulte donc des considérations qui précèdent que la résistance

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des dents héliçoïdes, à épaisseur égale, ne doit pas être beaucoup au-dessous de celle des dents droites, et que, pour un même diamètre, les roues héliçoïdes peuvent recevoir un nombre de dents presque égal à celui des roues ordinaires.

Les ateliers de M. Cavé offrent une heureuse et hardie application de cette théorie. Non seulement plusieurs de ses grandes machines à planer portent des crémaillères obliques parcourues par des pignons héliçoïdes; mais j'y ai vu, à ma vive satisfaction, le plateau d'un très grand tour mené par un pignon et une roue à denture intérieure de forme héliçoïde.

Il existe aussi, chez M. Farcot, une machine à fileter dont les engrenages sont héliçoïdes, et dont l long usage, sans usure sensible, témoigne suffisamment de la solidité et du mérite des propriétés du système de White.

Il résulte de tout ce qui précède qu'une roue héliçoïde n'est autre chose qu'un tronçon de vis, portant autant de filets que la roue comporte de dents, de sorte que toute machine à fileter les vis permet l'exécution de cette espèce d'engrenages.

On peut encore considérer une roue héliçoïde comme formée par l'enroulement, autour d'un cylindre, d'une crémaillère à dents inclinées. On conçoit que, pour une même crémaillère, chaque dent occupera sur la circonférence de ce cylindre un nombre d'autant plus grand de degrés que le diamètre du cylindre sera plus petit, et réciproquement.

Enfin, l'épaisseur de la roue doit être telle que le haut d'une dent se trouve sur la même arête que le bas de la dent suivante. C'est la plus petite épaisseur qu'on puisse donner à la roue, pour qu'il n'y ait pas de chute entre les dents. Mais il y a souvent avantage à la dépasser et même à la doubler, parce qu'alors on pourra avoir deux points de contact à la fois sur la ligne des centres.

L'angle d'inclinaison choisi par White était de 15°. C'est aussi celui que nous conseillons dans la pratique courante, sans toutefois exclure, surtout pour des engrenages de force, des angles plus grands, qui permettraient de diminuer l'épaisseur des roues, en faisant supporter par des contre-pivots la poussée latérale des axes, qui est d'autant plus grande que l'angle de la denture est plus grand.

Ces données posées, voici quelles étaient les conditions de la machine de White, telles qu'elles résultent de son mémoire.

L'outil destiné à tailler les dents était une espèce de foret tournant, conservant une position fixe.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La plate-forme était douée d'un double mouvement de rotation et de translation dans la direction de l'axe.

Un plan incliné en tôle, fixé au bord de la plate-forme, butait contre un galet qui déterminait ce mouvement de rotation, lorsqu'au moyen d'une pédale, l'ouvrier, soulevant la plate-forme, imprimait à l'axe un mouvement de translation vertical.

La roue à fendre, montée sur l'axe, participait, par conséquent, de ce double mouvement de translation et de rotation, et se présentait à l'outil pendant ce double mouvement, d'où résultait une fente en hélice.

Quand la roue avait le même diamètre que la plate-forme, l'angle de la denture était le même que celui du plan incliné fixé au bord de la plate-forme, soit l'angle de 15° choisi par White.

Mais, quand la roue était plus petite que la plate-forme, le même plan incliné ne pouvait plus produire le même angle sur la roue, puisque le mouvement de la circonférence de la plate-forme aurait alors été plus grand que celui de la roue, et que la condition essentielle à remplir était que la quantité de mouvement de la circonférence de la roue restât la même que dans le premier cas.

Il fallait donc, de toute nécessité, augmenter l'angle du plan incliné, en raison de la différence de diamètre entre la plate-forme et la roue à fendre, en d'autres termes, faire autant de plans inclinés qu'on pouvait avoir à fendre de roues de diamètres différents.

C'est, je pense, cette nécessité, plus encore que les difficultés de la manœuvre de la machine, qui ont empêché l'application pratique, dans les ateliers de mécaniciens, d'un système d'engrenage aussi avantageux. En effet, chaque roue d'un nouveau diamètre exigeait l'emploi du calcul pour déterminer l'angle du plan incliné convenable à cette roue; et si, aujourd'hui, nos ateliers comportent des hommes capables de ce calcul, il ne faut pas oublier qu'à l'époque où White proposa son système, bien peu de chefs d'ateliers eussent pu l'exécuter. Ajoutons qu'aujourd'hui encore cette nécessité serait un obstacle presque absolu à l'adoption de ce système, parce que le géomètre d'un atelier ne pourrait pas être dérangé chaque fois qu'un nouveau calcul serait nécessaire.

C'est donc à supprimer tout calcul dans l'exécution de ces engrenages que, M. Bréguet et moi, nous avons tendu tous nos efforts.

Trois systèmes nous ont paru pouvoir atteindre ce but, en n'exigeant, de la part de l'ouvrier, qu'une intelligence ordinaire. Chacun d'eux est susceptible de s'appliquer, sans dépense notable, à des appareils déjà existants dans les ateliers, et c'est ce qui m'engage à en donner ici la description succincte, que j'emprunte, pour les deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

premiers, au rapport qu'en a fait M. Calla à la Société d'encouragement.

« Dans le premier système, la roue à tailler est fixe dans le sens » de la longueur de l'axe de la plate-forme, et reçoit seulement un » mouvement de rotation, pendant que la fraise, ou l'outil taillant, » descend parallèlement à l'axe de la roue.

» Dans le deuxième et le troisième système, l'outil taillant est fixe, » et la roue reçoit à la fois un mouvement de translation dans le » sens de la longueur de l'axe, et un mouvement de rotation.

» C'est dans la relation entre l'amplitude de chacun de ces deux » mouvements, que consiste l'élément de l'exécution de la denture » héliçoïde. Dans le premier système, MM. Bréguet et Boquillon » établissent cette relation par les moyens suivants :

» Ils prennent une machine ordinaire à tailler les dents d'engre- » nage ; derrière la hache, ou porte-outil, qui doit exécuter la den- » ture par un mouvement vertical, ils établissent un arbre horizon- » tal, qui porte deux disques que nous désignerons par les lettres » A et B, et dont l'un, A, est exactement d'un diamètre triple de » celui de B. Une lame de ressort fort mince est attachée d'un bout » à la hache porte-outil, et de l'autre à la surface cylindrique du » disque A ; une autre lame de ressort enveloppe le disque B, et un » troisième disque C, fixé sur l'axe de la plate-forme divisée, axe » commun à la roue à fendre. Cette seconde lame est attachée d'une » manière invariable sur le disque B ; mais, au moyen d'une espèce » de pince avec vis de pression, on peut, à volonté, la rendre soli- » daire avec le disque C, ou permettre à ce disque de glisser dans » la lame qui l'enveloppe. Le disque C est d'un diamètre exactement » égal au diamètre de la roue à fendre.

» D'après ce qui précède, on conçoit facilement que, lorsque la » hache porte-outil descend pour opérer la fente d'une dent, elle » fait parcourir, à la circonférence du disque A, un espace égal à » celui qu'elle parcourt elle-même ; que le disque B, dont le dia- » mètre est trois fois plus petit que A, ne donne à la seconde » lame, et, par conséquent, au disque C, auquel le ressort est, dans » ce moment, fixé, qu'un mouvement trois fois moindre que celui » de la hache.

» Or, si le mouvement circulaire de la surface cylindrique à tail- » ler était égal au mouvement vertical de la hache, on produirait » une denture inclinée à 45 degrés. Le mouvement de cette surface » étant, au contraire, dans le mouvement vertical de l'outil, dans » le rapport de 1 à 3, il en résulte nécessairement que la denture » sera à l'inclinaison voulue de 15 degrés.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Lorsqu'une dent a été ainsi taillée, on desserre la pince pour » rendre le disque C libre dans la lame qui l'enveloppe, on change » la position de la roue à fendre au moyen de la division de la plate- » forme, et de l'alidade ordinairement employée à cet effet; on serre » la pince pour rendre de nouveau la lame solidaire avec le disque » C, et on recommence l'opération pour une autre dent.

» Le second système d'exécution, présenté par MM. Bréguet et » Boquillon, consiste, comme nous l'avons dit, à rendre l'outil » taillant entièrement fixe, et à donner à la fois, à la roue à tailler, » un mouvement de translation rectiligne, et un mouvement de ro- » tation. Voici comment ils ont réalisé cet autre système, en l'ap- » pliquant à une machine ordinaire à planer ou à canneler.

» Sur une plate-forme qui peut se mouvoir sur les glissières de la » machine, on établit une espèce de poupée de tour, dont l'arbre » porte à l'une de ses extrémités la roue à tailler, et à l'autre un » disque que nous désignerons par la lettre D. Sur la même plate- » forme, et parallèlement à l'axe de la roue à fendre, est un autre » arbre tournant dans deux collets. Cet arbre reçoit, d'un bout, un » disque E, d'une grandeur égale au tiers du disque D, et de » l'autre une roue d'angle. Un troisième arbre, perpendiculaire aux » deux premiers, porte une roue d'angle égale à la première et en- » grenant avec elle. Il reçoit aussi un disque F, dont le diamètre » doit toujours être égal à celui de la roue à fendre. Une lame de » ressort combiné avec une pince à vis de pression, comme dans le » premier système, unit les deux disques E et D, ou les laisse indé- » pendants, au choix de l'opérateur. Une autre lame de ressort fixée » à demeure par l'une de ses extrémités, sur un point *fixe* de la ma- » chine, est également invariablement attachée par l'autre bout au » disque F.

» Enfin une plate-forme divisée, ou une roue dentée ordinaire, » est fixée sur l'axe de la roue à fendre pour déterminer la quantité » et la distance des dents héliçoïdes qu'on veut tailler.

» Un cadre en fonte, assujetti sur les parties fixes de la machine, » est ouvert de manière à livrer passage à la roue à fendre, et il » porte, à la partie supérieure, le burin fixe qui doit tailler les dents

» De la combinaison des disques que nous venons d'expliquer, ré- » sultent les effets suivants :

» Lorsque l'on imprime à la plate-forme mobile un mouvement » rectiligne horizontal, pour amener la roue à fendre sous le burin, » la lame métallique qui est attachée à un point fixe, en se dévelop- » pant sur le disque F, détermine dans ce disque un mouvement de » rotation qui est transmis par les deux roues d'angle, et par les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» disques E et D à l'axe de la roue à fendre, et à cette roue elle-
» même.

» Nous avons dit que la grandeur du disque F était toujours dé-
» terminée par la grandeur de la roue à fendre, et égale à cette der-
» nière. Si les disques E et D étaient aussi égaux entre eux, il en
» résulterait que le mouvement donné au disque F par le développe-
» ment de la lame fixe, serait intégralement transmis à la roue à
» fendre; que cette roue à fendre recevrait un mouvement de
» rotation égal à son mouvement de translation rectiligne, et
» que la denture serait inclinée à 45 degrés. Mais comme le disque
» moteur F n'a pour diamètre que le tiers du disque commandé D,
» le mouvement rotatoire imprimé à la roue à fendre n'a pour am-
» plitude que le tiers de son mouvement rectiligne, et l'incli-
» naison de la denture n'est, comme dans le premier système, que
» de 15 degrés.

» Lorsqu'une dent a été taillée, on dégage la lame métallique mo-
» bile en desserrant la pince, et on dirige la position de la roue,
» comme cela a lieu pour le premier système.

» Vous le voyez, messieurs, les combinaisons de MM. Boquillon
» et Bréguet sont simples; elles offrent ce mode particulier, que
» quelles que soient les dimensions en diamètre ou en largeur de la
» roue à fendre (entre les limites toutefois que comporte la ma-
» chine qu'on emploie), aucun changement n'est nécessaire dans
» les organes du mécanisme, si ce n'est un disque à substituer à
» un autre; aucun calcul, aucune opération graphique n'est néces-
» saire; il suffit de mesurer exactement le diamètre de la roue sur
» laquelle il s'agit d'opérer et de placer, sur l'appareil, un disque
» d'un égal diamètre. La simplicité de cette opération est d'une
» grande importance, et nous paraît propre à généraliser l'emploi
» des roues à dentures héliçoïdes. Qui ne sait, en effet, combien
» peu d'ouvriers se détermineraient à prendre la peine de tracer une
» épure, quelque simple qu'elle soit, pour l'exécution d'une roue
» dentée, travail qui se fait depuis tant d'années sans aucune opé-
» ration géométrique, et cependant le système employé par Withe
» exige ce travail préliminaire?

. . . . . .

» Nous sommes donc d'avis qu'il y a lieu de féliciter MM. Bréguet
» et Boquillon de s'être attachés à rendre plus facile l'exécution des
» dentures héliçoïdes, et nous pensons aussi qu'ils ont rendu un vé-
» ritable service à l'industrie. Ils ne se sont pas bornés, d'ailleurs, à
» de simples combinaisons de cabinet; les deux systèmes que nous
» venons de décrire ont reçu des applications, et nous avons vu,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» dans deux ateliers différents, des appareils construits sur leur » principe.

. . . . . .

» Lors de l'examen du procédé de MM. Bréguet et Boquillon » par le comité des arts mécaniques, notre collègue, M. Théod. » Olivier, qui s'est spécialement occupé de la théorie des engre- » nages, nous a fait remarquer que, dans l'un et l'autre système » employés par MM. Bréguet et Boquillon pour tailler les engre- » nages cylindriques à dents héliçoïdales, on pourrait, très facile- » ment, dans le premier où l'outil se meut, diriger cet outil, non » seulement parallèlement à l'axe du cylindre à tailler, comme ces » messieurs le font, mais que l'on pourrait le diriger de manière » qu'il parcourût une droite coupant l'axe de la rondelle à tailler, » sous un angle dont l'amplitude pourrait être aussi petite ou aussi » grande qu'on voudrait, et alors on taillerait un engrenage co- » nique.

» Si l'on faisait parcourir à l'outil une ligne qui, tout en faisant, » avec l'axe de la rondelle à tailler, un angle dont la grandeur » pourrait varier à volonté, ne couperait pas l'axe de la rondelle, » on pourrait exécuter un engrenage hyperboloïdique.

» Dans le second système, où l'outil est fixe, et où le chariot » qui porte la rondelle à tailler a un mouvement de translation, on » pourrait très facilement construire ce chariot, et placer l'axe de » la roue à fendre de manière que l'outil agît, dans le second sys- » tème, comme nous l'avons dit ci-dessus.

» C'est la facilité de compléter les systèmes de MM. Bréguet et » Boquillon qui doit les faire distinguer de celui employé par » White : car, pour chaque espèce d'engrenages, il faudrait, d'a- » près le système de White, une machine spéciale ; tandis qu'une » seule machine peut être facilement disposée, dans les systèmes » présentés par MM. Bréguet et Boquillon, de manière à donner » des engrenages, ou cylindriques, ou coniques, ou hyperboloï- » diques. »

En conséquence de ce rapport, la Société, dans sa séance du 6 septembre 1843, nous a décerné une médaille d'argent.

La machine, qui était exposée sous notre nom appartenait à M. Aug. Pihet : elle était exécutée d'après le second système décrit dans le rapport de M. Calla, avec cette différence que l'emploi des ressorts était remplacé par des engrenages et une crémaillère qui en remplissaient les fonctions. Mais, dans cette condition, la machine exigeait l'emploi d'une roue à denture droite du diamètre exact de celui de la roue à fendre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette disposition fut remplacée, pendant le cours de l'exposition, par la suivante, qui offre un beaucoup plus grand degré de simplicité. L'axe de la roue à fendre, portant en même temps la plate-forme, est terminé en arrière de celle-ci par un disque portant un coulisseau diamétral susceptible d'être fixé dans toutes les positions convenables. L'une des extrémités de ce coulisseau porte un plan incliné à 15 degrés, perpendiculaire à ce coulisseau, et reposant sur un galet terminant une potence fixée sur le bâti. Un contre-poids maintient le butage du plan incliné contre le galet.

L'opération de la fente d'une roue consiste tout simplement à prendre avec un compas le rayon de cette roue, et à faire marcher le coulisseau jusqu'à ce que le plan incliné vienne rencontrer l'une des pointes de ce compas, dont l'autre pointe doit être placée au centre de l'axe commun, et à fixer le coulisseau en ce point.

Il est évident qu'en faisant marcher le chariot, le plan incliné fait tourner la circonférence de la roue à fendre d'une quantité égale à sa propre inclinaison, puisqu'il est lui-même à l'extrémité du rayon de cette même circonférence, et que, par là, le problème est entièrement résolu, sans qu'il soit besoin d'exécuter un disque ou une roue du diamètre de la roue à fendre, comme dans les systèmes précédemment décrits.

Toutefois, si l'on veut atteindre un plus grand degré de précision, il est nécessaire de donner à ce plan incliné, formé d'un morceau de tôle, la courbure même de la circonférence de la roue à fendre. Cette précaution n'est nullement nécessaire pour les roues d'un certain diamètre, parce que la courbure de la dent se confond sensiblement avec la ligne droite, et que les petites irrégularités se corrigent rapidement par l'usure jusqu'au moment où la perfection est atteinte, et qu'aucune usure n'est plus possible.

Vos lecteurs me pardonneront sans doute cette note un peu longue sur un sujet qui m'est tout personnel ; et, si j'avais besoin d'une autre excuse que celle de l'importance que j'attache depuis longtemps à cette matière, je pourrais leur faire remarquer que, de tous les sujets qui ont pu faire l'objet de ces *Etudes techniques*, il n'en est pas un que j'aie pu étudier plus longuement, et qu'il est par conséquent tout naturel que ma description s'en ressente.

J'ajouterai que la plupart des mécaniciens, qui ont examiné notre appareil, m'ont paru comprendre l'importance des engrenages héliçoïdes, et que beaucoup d'entre eux m'ont annoncé l'intention de les employer, maintenant que leur exécution peut être confiée au premier ouvrier venu ; qu'enfin, quelques jours avant la clôture de l'exposition, M. Deshays, l'un de nos plus habiles horlogers, dont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

j'aurai occasion de signaler plus loin les ingénieuses inventions en mécanique, avait apporté une petite machine atteignant le même but par des moyens tout différents, et d'une application pratique plus complète que les nôtres, puisque l'ouvrier n'a aucun préparatif à faire, aucune condition nouvelle à remplir.

En voici la description succincte.

Dans toutes les machines à fendre, le chariot porte-hache peut se mouvoir sur une ligne horizontale, tendant au centre de la plate-forme, afin de placer la fraise ou le burin tournant, à une distance de ce centre égale au rayon de la roue à fendre.

C'est ce mouvement de translation qui a servi à M. Deshays à déterminer la vitesse relative de la hache et de la roue à fendre.

Le levier qui doit faire mouvoir la hache est ici placé parallèlement à la course du chariot. Il prend son mouvement de rotation sur un axe fixe, à partir duquel il se prolonge au-delà de la hache. Ce bras prolongé porte une rainure, dans laquelle s'engage d'abord un galet fixé sur la hache, dont le mouvement est par conséquent proportionnel à la distance de ce galet au centre de rotation du levier. Les choses sont disposées de manière que cette distance soit toujours égale au rayon de la roue à fendre, ce qui donnera toujours la même inclinaison à la denture, quel que soit le diamètre de cette roue.

L'extrémité de la rainure reçoit un autre galet fixé sur une crémaillère verticale que le mouvement du levier fait monter ou descendre, d'un mouvement rectiligne et parallèle à celui de la hache.

Cette crémaillère détermine, au moyen d'engrenages convenables, le mouvement circulaire d'un arc de cercle concentrique à la plate-forme, et qui porte l'alidade. Lorsque celle-ci est piquée dans un trou des divisions, l'arc de cercle et la plate-forme sont solidaires.

Les engrenages, qui déterminent le mouvement de cet arc de cercle, sont nombrés de manière que ce mouvement détermine l'inclinaison de 15 degrés dans la denture.

Pour que la distance du galet de la hache à l'axe de rotation du levier, soit toujours égale au rayon de la roue à fendre, les dispositions d'organes de la machine sont telles que, lorsque la fraise touche le centre de la plate-forme, le galet de la hache et l'axe du levier sont sur une même droite, de sorte que, dans cette position, la hache ne peut prendre aucun mouvement.

Enfin, une autre disposition qu'il m'est impossible de faire comprendre sans figures, permet de tenir compte des diamètres variables des fraises dont on peut se servir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il résulte, de ces dispositions, que la vitesse de descente de la hache sera d'autant moindre, relativement à la vitesse de rotation de l'arc de cercle mû par la crémaillère, que la hache sera plus rapprochée du centre de mouvement du levier, et réciproquement; et que cette vitesse restera proportionnelle à celle de la circonférence de la roue à fendre, puisque la position de la hache est déterminée par le diamètre de celle-ci.

Je me félicite, pour mon compte, de ce que la présence de notre machine à l'exposition ait fait trouver, à M. Deshays, une autre solution aussi ingénieuse et aussi pratique du problème. Elle ne pourra qu'accélérer l'emploi, dans les machines, d'un mode d'engrenage, dont j'ai plus haut essayé de faire comprendre toute l'importance.

J'ajouterai toutefois, comme un nouveau motif d'application de cet engrenage, que son usure, même dans les plus grandes vitesses, pouvant être considérée comme sensiblement nulle, on peut, en horlogerie, exécuter tous les mobiles en cuivre; condition qui offre une très grande économie, sans présenter aucun inconvénient, ainsi que j'aurai occasion de le démontrer plus loin.

Je ferai remarquer, en outre, que ces engrenages présentent l'avantage caractéristique de permettre l'emploi de tous les nombres possibles dans les dentures, puisqu'un pignon d'une dent peut engrener parfaitement avec une roue de deux ou de mille.

Enfin, je ne quitterai pas ce sujet sans féliciter M. Piat d'être entré, avec nous, dans cette voie utile, en exposant de magnifiques spécimens de roues héliçoïdes qui, bien qu'obtenues par des moyens moins économiques que les nôtres, auront, je l'espère, puissamment concouru à porter la conviction dans l'esprit de nos mécaniciens.

J'aurai occasion de revenir sur le compte de M. Piat.

Machines à vapeur.

Ces utiles moteurs se pressaient, nombreux, sous toutes les formes et de toutes les dimensions, dans la salle des machines. Je voudrais pouvoir ajouter que chacune de ces formes si variées était le résultat d'un perfectionnement ou d'une simplification dans le mécanisme. Malheureusement il n'en était pas ainsi, et la plupart de ces conditions extérieures d'exécution peuvent se résumer dans l'intention de faire autrement, dans le seul but de faire autrement, en acceptant au hasard les inconvénients, sans compensation, qu'une forme nouvelle peut apporter dans les fonctions d'une machine. Toutefois, hâtons-nous de le dire, si on rencontrait un trop

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grand nombre de machines construites uniquement dans le but de frapper les regards par l'originalité ou la nouveauté des combinaisons, la plupart révélaient un progrès réel dans la bonne exécution et l'ingénieux agencement des organes mécaniques.

Je n'ai pas été plus heureux auprès des constructeurs de machines à vapeur qu'auprès du plus grand nombre des exposants. Mes études n'ont pu, là comme ailleurs, porter que sur le plus petit nombre, et ce sont encore des glanures que je puis offrir à vos lecteurs.

La première machine à vapeur, dont je les entretiendrai, est celle de M. Carrillon (1). Elle est de très petites dimensions, et seulement de la force de trois chevaux, pouvant, à volonté, ne fonctionner que pour celle d'un cheval et demi. Mais, avant d'en faire la description, je crois utile d'exposer ici l'opinion très logique de M. Carrillon sur l'emploi des petites machines, même dans les grands ateliers, tels que les filatures, les ateliers de mécaniciens, et généralement dans tous ceux où les résistances sont, pour ainsi dire, individuelles, c'est-à-dire produites séparément par un certain nombre d'appareils indépendants les uns des autres, et susceptibles de s'arrêter ou de se mouvoir sans que leur état particulier influe sur celui des autres appareils.

L'emploi d'une forte machine à vapeur pour conduire tous les organes mécaniques d'un grand atelier, exige, pour la distribution de la force, des arbres de couche, des arbres verticaux pour la porter d'étage en étage, de nombreux renvois de mouvement, etc. Le tassement des murs, l'ébranlement des planchers, font fréquemment varier la position relative de ces énormes pièces, brident leurs mouvements, et absorbent, par conséquent, une force motrice considérable.

Si un accident arrive à la machine, il en résulte un chômage forcé de tout l'établissement; si les commandes diminuent, la grande machine n'en fonctionne pas moins, avec presque les mêmes frais, pour ne conduire qu'un petit nombre d'appareils, et en dépensant la même force motrice pour vaincre des résistances inutilement actives.

Prenant, pour exemple, une filature, dont la marche complète exigerait une force de trente chevaux, M. Carrillon propose d'y établir une chaudière de cette force; mais, au lieu d'avoir une machine de la même puissance, il emploierait dix machines de trois chevaux, distribuées à tous les étages. Un tuyau principal porterait

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la vapeur à toutes ces machines, et remplacerait avantageusement tous les arbres de couches, et autres organes de transmission, dont la force motrice n'aurait plus à vaincre la résistance. Une seule de ces machines serait munie d'une pompe alimentaire assez puissante alors pour alimenter la chaudière : cette machine serait dirigée par le chauffeur ; toutes les autres seraient dirigées par les chefs de chaque salle.

On comprend les avantages qu'on peut tirer d'une disposition qui permet de ne faire mouvoir qu'une très petite fraction de la puissance dont on peut disposer, en cas de diminution temporaire des travaux, par une cause quelconque.

La vapeur de toutes ces machines serait recueillie dans un même tuyau, qui pourrait alimenter une machine à basse pression de quinze chevaux.

Ce système, qui, au premier aperçu, semble paradoxal, a cependant reçu la sanction d'une longue expérience dans plusieurs ateliers. Je l'ai vu appliqué très avantageusement dans la filature de M. Griolet, où une forte machine à haute pression fait marcher, par sa vapeur perdue, une autre machine de seize chevaux. M. Carrillon l'a également appliqué chez M. de Violaines, où deux machines à vapeur, de la force de huit chevaux, sont mues par la vapeur perdue d'une machine de trente, et chacune de ces machines fait mouvoir trois machines à dresser les glaces.

Le régime de ces machines, alimentées les unes par les autres, a une précision remarquable. J'ai plusieurs fois constaté, dans les ateliers de M. Griolet, qu'une éprouvette placée sur le trajet de la vapeur d'une machine dans l'autre, n'y reçoit que des oscillations aussi rares qu'insignifiantes.

Mais revenons aux machines de M. Carrillon. Elles se composent chacune, en réalité, de deux petites machines accouplées, pouvant fonctionner ensemble ou séparément. Les appareils de distribution sont cylindriques. M. Carrillon pense que les tiroirs actuels des machines à haute pression sont défectueux. En effet, lorsque la vapeur a une pression de cinq atmosphères, chaque centimètre carré de la surface de ces tiroirs supporte une pression de plus de 5 kil., et, dans une machine, même très petite, chaque tiroir a bien des centimètres carrés ; c'est une voiture sans roues, très chargée, qu'il faut faire mouvoir. Une distribution cylindrique n'a pas cet inconvénient.

La détente de vapeur est cylindrique aussi. M. Carrillon a choisi cette forme, non seulement par le même motif, mais parce qu'il est plus facile d'alézer un cylindre que de faire une boîte à tiroir.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Plus loin, lorsque je m'occuperai plus particulièrement des divers systèmes de détente qu'a révélés l'exposition, j'entrerai dans quelques détails sur celle qu'a adoptée M. Carrillon.

M. Carrillon place son volant entre les deux systèmes qui composent une seule machine, ce qui lui permet de le faire moitié moins lourd que dans les dispositions ordinaires. Les manivelles étant croisées, la machine n'a pas de points morts, et les deux cylindres lui impriment plus de régularité dans sa marche.

Dans une machine à détente, lorsque la vapeur pénètre dans le cylindre, elle imprime au piston une vitesse qui diminue sensiblement lorsque la vapeur cesse d'entrer. Mais comme les machines de M. Carillon sont à deux cylindres, et qu'il établit ordinairement sa détente à moitié course, au moment où la vapeur cesse d'arriver dans l'un des cylindres, elle est admise dans l'autre, de sorte qu'il y a toujours équilibre.

On voit, d'après ce qui précède, qu'il n'est pas étonnant que la machine exposée par M. Carillon ait occupé l'attention des mécaniciens, et surtout des industriels, qui désirent appliquer le plus économiquement possible une force motrice aussi dispendieuse que celle de la vapeur.

M. Lotz, de Nantes, avait exposé un dessin de machine à vapeur d'une originalité qui n'excluait nullement une pensée logique de progrès. Voici en quoi consiste cette machine, autant que mes souvenirs sont fidèles.

Deux corps de pompes, l'un moitié plus petit que l'autre, sont superposés, et les deux pistons sont réunis par une seule tige. Une chemise en fonte enveloppe le tout; c'est dans cette chemise que s'introduit d'abord la vapeur, de sorte que les deux cylindres et les principaux organes qui s'y rattachent sont maintenus extérieurement à la même température qu'à l'intérieur.

La machine est à simple effet pour les deux pistons, c'est-à-dire que la vapeur n'agit sur chacun d'eux que d'un seul côté.

Lorsque la vapeur, introduite sur le petit piston supérieur, a fait son effet, elle passe sous le grand piston inférieur, où elle agit par détente, puis passe dans une petite chambre d'où elle s'échappe, soit dans l'air libre, soit dans un condenseur.

La détente ainsi opérée d'un petit cylindre dans un grand, permet la suppression des organes spéciaux de la détente, et diminue d'autant les frais d'établissement.

La chemise qui enveloppe tout le système procure nécessairement une économie notable, en empêchant le refroidissement des cylindres et des passages de la vapeur, surtout si, comme dans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'un des dessins exposés, la machine est placée sur la chaudière elle-même.

Je dois, toutefois, faire remarquer ici que cette dernière disposition n'est pas nouvelle; elle a été appliquée par M. Rouffet fils à une petite machine qui figurait à l'exposition de 1839.

Je n'ai aucun renseignement sur les résultats que l'industrie a pu obtenir des machines de M. Lotz; mais, autant qu'il est possible d'en juger par un simple dessin, elles me paraissent mériter l'attention des ingénieurs qui seraient à même de les voir fonctionner.

On sait que, dans toutes les machines à vapeur, la condition la plus essentielle à remplir est le maintien de la tige du piston dans une direction constante. C'est dans ce but que Watt a inventé son admirable parallélogramme appliqué aux machines à balancier; que, depuis, on a obligé la tête de cette tige à rester dans cette direction constante, au moyen de galets engagés dans des guides.

Vers 1836 ou 1837, M. Francis Humphry tenta, en Angleterre, de s'affranchir de cette nécessité, en articulant la tige sur le piston, et en lui permettant un mouvement oscillatoire dans un tube ovale ouvert par en haut. Cette tentative faite sur *le Dartford* paraît n'avoir eu que peu de succès; car, si je ne me trompe, *le Dartford* n'aurait fait qu'un voyage en Amérique. Ce tube, occupant au-dessus du piston un emplacement considérable, déterminait des pressions très inégales de la vapeur, suivant qu'elle attaquait le piston par-dessus ou par-dessous, ce qui occasionnait des soubresauts dans les mouvements de transmission.

Il paraît qu'à la même époque, M. Legendre s'occupait du même problème, dont la solution figurait à l'exposition sous la forme d'une machine à vapeur d'une simplicité remarquable.

Figurez-vous, en effet, la tige du piston articulée sur ce même piston, et traversant une boîte à étoupe, mobile elle-même par une rotule, ou genou, dans une plaque métallique parfaitement rodée et appliquée sous le fond supérieur du cylindre, qui se trouve percé d'une fente longitudinale hermétiquement fermée par cette plaque; enfin, l'extrémité supérieure de la tige du piston articulée directement à une très courte manivelle fixée sur l'arbre du volant.

On voit, d'après cette description succincte, que les diverses positions que peut prendre la manivelle déterminent dans la tige du piston des positions obliques que lui permet le glissement de la plaque et le mouvement de la rotule. Toutefois, cette obliquité de la tige n'est que de 7 à 8 degrés, parce que la manivelle est très courte.

Deux objections principales se présentaient contre le système de M. Legendre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La première, celle de la possibilité de la fuite de la vapeur entre la plaque et le fond supérieur du cylindre ; M. Legendre y répondait par le récit d'une expérience dans laquelle la pression, poussée jusqu'à 4 atmosphères, n'avait déterminé aucune fuite, propriété qu'il expliquait par cette cause, que plus la pression de la vapeur est considérable, plus la plaque est rendue jointive contre le fond du cylindre.

La seconde objection résultait précisément de cette dernière observation ; on en tirait la conséquence que plus la pression de la plaque serait considérable, plus le frottement augmenterait, et produirait, par conséquent, plus de raideur dans les mouvements de la plaque et de toute la machine.

M. Legendre y répondait par l'expérience même. Dans une machine de la force de dix chevaux, le frottement de la plaque s'est trouvé représenté par 37 kil. ou un demi-cheval-vapeur. Or, disait-il, on calcule toujours la force d'une machine sur une puissance théorique double de celle qu'on veut lui donner ; ce n'est donc que 1/40 de cette force théorique que mon tiroir absorbe, tandis que je supprime toutes les autres résistances passives que les machines ordinaires ont à vaincre. Il ajoutait que le très petit angle d'inclinaison, formé par les positions extrêmes de la tige, excluait toute cause de raideur due à cette cause.

Il énonçait formellement que sa machine avait été acquise par un des plus savants manufacturiers de Lyon, M. Vidalin, après l'avoir vu fonctionner en présence de plusieurs ingénieurs et de plus de quarante personnes parfaitement compétentes. Il ajoutait, enfin, qu'en ce moment même, on appliquait ce système en grand sur un bateau à vapeur, de deux cent vingt chevaux, construit pour le compte du roi de Naples dans les ateliers de la Ciotat.

Je n'ai, pour mon compte, aucune objection à faire aux arguments de M. Legendre, et ne puis que me borner à émettre le vœu bien sincère que son système supporte l'épreuve d'une plus longue expérience. Son succès serait un important progrès vers la simplicité et, par conséquent, vers l'économie dans l'application de la vapeur comme force motrice.

J'ai signalé tout-à-l'heure la chemise qui enveloppe les cylindres de la machine de M. Lotz, pour les maintenir constamment à la même température au moyen de la vapeur qu'on y introduit.

Cette condition est depuis longtemps appliquée par M. Farcot (1), l'un de nos plus habiles ingénieurs, aux nombreuses machines à

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vapeur qui sortent de ses ateliers. Elles sont même à double enveloppe, dont la première est formée par la vapeur qui arrive de la chaudière, avant de parvenir au tiroir de distribution. La seconde est formée d'un matelas d'air stagnant ou de poussier de charbon, retenu par un entourage en fonte.

Les fonds des cylindres et les couvercles sont dans les mêmes conditions. Tous les conduits, tant pour l'arrivée de la vapeur que pour l'échappement, sont pratiqués dans la fonte même du cylindre. Le cylindre à vapeur et sa première enveloppe sont fondus d'une seule pièce.

Des expériences directes, faites sur une de ces machines par M. Combes, ingénieur des mines, et consignées dans un mémoire lu à l'Académie des sciences, dans sa séance du 20 novembre 1843, prouvent, jusqu'à l'évidence, l'importante utilité de cette disposition.

La vapeur est admise librement de la chaudière dans l'espace annulaire, compris entre l'enveloppe et le cylindre, et passe de là dans la boîte du tiroir de distribution.

L'enveloppe d'une machine de M. Farcot, placée dans la manufacture de M. Albinet, ayant éprouvé une avarie accidentelle, on fut obligé de conduire la vapeur directement à la boîte de distribution, et de marcher ainsi pendant plusieurs jours consécutifs. Le résultat avait été une augmentation de combustible, dans le rapport de 6 à 10. Un fait analogue avait été observé dans une machine du même constructeur, placée dans les environs de Sedan.

Voulant constater ces faits par des observations directes plus complètes, M. Combes a fait marcher pendant quatre jours consécutifs la machine de M. Albinet dans les circonstances où elle est habituellement, c'est-à-dire la vapeur de la chaudière passant par l'enveloppe pour arriver à la boîte de distribution. On a mesuré exactement la quantité d'eau injectée dans la chaudière; on a pesé soigneusement la quantité de houille consommée; on a recueilli l'eau condensée dans l'enveloppe. Les ateliers marchaient d'ailleurs comme à l'ordinaire, et les expériences n'ont en rien modifié le travail. La consommation moyenne de l'eau par heure de travail s'est trouvée de 87,95 kil., dont 18,79 kil. ont été recueillis de l'eau de condensation extraite de l'enveloppe, ce qui réduit à 79,16 kil. la quantité d'eau réellement admise dans le cylindre. Enfin, il est résulté, du poids du charbon consommé, qu'un kil. de ce dernier avait vaporisé 5,66 kil. d'eau.

Dans une seconde série d'expériences, qui a duré trois jours, M. Farcot a conduit directement la vapeur de la chaudière à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

boite de distribution, l'enveloppe ne fonctionnant plus, et n'agissant que comme obstacle au contact direct du cylindre avec l'atmosphère ambiante.

150,44 kil. de vapeur ont été admis par heure dans le cylindre, et chaque kil. de charbon a vaporisé 5,61 kil. d'eau.

Enfin, dans une dernière série d'observations qui ont été continuées aussi pendant trois jours, la vapeur arrivait encore directement de la chaudière dans la boite de distribution; mais l'enveloppe était mise en communication avec la chaudière, et, par conséquent, le cylindre était entouré de vapeurs.

Dans cette troisième série, il a été employé par heure 109,16 kil. d'eau, dont 10,91 kil. ont été extraits de l'enveloppe, ce qui réduit à 98,25 kil. le poids de l'eau réellement admis dans le cylindre.

Enfin, chaque kil. de charbon n'a vaporisé que 5,32 kil. d'eau, circonstance qui s'explique probablement par un changement de chaudière.

Dans les trois séries d'expériences, la charge moyenne de la machine est restée complétement la même.

L'excès de dépense de combustible que M. Farcot avait remarqué dans sa pratique, lorsque l'enveloppe ne fonctionnait pas, est donc un fait bien positif, et qui doit être attribué à l'économie d'eau considérable résultant de ce que, lorsque le cylindre est exposé à une source de chaleur extérieure, la liquéfaction de vapeur qui se produit, au moment de l'admission, est, ou nulle, ou beaucoup moins considérable que lorsque le cylindre n'est pas réchauffé. Il ne suffirait pas de protéger celui-ci contre le refroidissement dû au rayonnement, ou au contact du milieu environnant. L'enveloppe sert à réparer les pertes provenant de ce refroidissement, qui est la suite de la mise en communication avec le condenseur, ou plutôt à prévenir les causes de ce refroidissement.

« On ne saurait expliquer, ajoute en terminant M. Combes, les » différences que nous avons observées sur la machine de M. Albi- » net, par un entraînement d'eau liquide, venant de la chaudière. » D'une part, on ne voit pas pourquoi il y aurait eu plus ou moins » d'eau entraînée, suivant que l'on faisait ou que l'on ne fai- » sait pas passer la vapeur par l'enveloppe, pour la conduire à la » boite du tiroir de distribution. D'un autre côté, les quantités » d'eau vaporisées par kilogr. de houille, sont sensiblement les » mêmes dans les deux premières séries d'expériences. »

La question principale à l'ordre du jour, pendant toute la durée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'exposition, en tant qu'il s'agissait de machines à vapeur, a été celle de la *détente*.

Elle a été soulevée par un modèle, parfaitement exécuté, d'un mécanisme de détente inventé par M. Trezel (1), constructeur à Saint-Quentin, et qui fait maintenant partie des collections du Conservatoire des arts et métiers.

L'intérêt qui s'attacha bientôt à cet appareil fit surgir de nombreuses prétentions, plus ou moins justifiées par l'exhibition d'une foule de modèles, parmi lesquels j'ai choisi ceux qui m'ont paru mériter l'attention sérieuse des constructeurs. Mais, avant d'entrer dans les détails techniques auxquels ce sujet m'oblige de recourir, permettez-moi une petite digression historique sur l'origine de la détente appliquée aux machines à vapeur ; elle me fera plus facilement comprendre de ceux de vos lecteurs qui ne sont pas familiarisés avec la matière.

On sait que l'une des idées capitales qui ont immortalisé le nom de Watt est celle qui consiste à admettre la vapeur alternativement au-dessus et au-dessous du cylindre, tandis qu'avant lui elle n'était admise qu'au-dessous, puis condensée dans le cylindre même, et que la descente du piston s'opérait sous l'action de la pression atmosphérique. On sait aussi qu'une autre idée, non moins capitale, fut d'opérer la condensation en dehors du cylindre pour éviter le refroidissement de celui-ci.

La vapeur fut admise d'abord pendant toute la durée de la course du piston, et on n'opérait la condensation que lorsque toute la course était parcourue.

Watt, comprit qu'on détruisait ainsi, en pure perte, une partie de la puissance du moteur. Il régla le mouvement du robinet d'admission de la vapeur dans le cylindre, de manière à fermer le passage avant la fin de la course du piston, et il laissa achever cette course par l'expansion de la vapeur renfermée dans le cylindre. Il parvint ainsi à économiser une partie de la vapeur, sans diminuer l'effet utile ; et, dès 1782, il exécuta des machines à vapeur à détente.

Soit que Watt n'ait appliqué cette condition que dans des limites très restreintes, soit que, suivant certaines traditions, il en eût fait longtemps mystère, toujours est-il vrai qu'on ne commença à s'occuper sérieusement de la détente que lorsque Wolf eut imaginé, vers 1804, sa machine à double cylindre, dans le plus petit des-

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quels la vapeur est introduite à trois ou quatre atmosphères de pression, et passe ensuite dans le plus grand, où elle se détend.

Depuis, on est revenu à l'idée primitive de Watt de n'employer qu'un seul cylindre, et de faire détendre la vapeur lorsque le piston a parcouru une certaine portion de son trajet.

On peut, au moyen de la détente, proportionner la dépense aux résistances à vaincre, en admettant la vapeur pendant un temps plus ou moins long avant de lui fermer le passage.

Rien n'est plus facile à accomplir quand cette résistance est sensiblement la même dans un atelier pendant tout le cours de l'année, et on adopte alors un mécanisme très simple qui produit ce qu'on appelle la *détente fixe*.

Mais, comme ce cas est le plus rare, on a dû rechercher les moyens de faire varier à volonté le moment où le passage de la vapeur est interrompu, pour proportionner la force de la machine aux résistances variables qu'elle peut avoir à vaincre. Il a fallu surtout, pour éviter les chômages, s'arranger de manière que ces modifications pussent se faire facilement, et, autant que possible, sans arrêter la machine.

On a été plus loin, et presque toutes les combinaisons dont j'ai maintenant à entretenir vos lecteurs ont ou peuvent avoir pour résultat de faire déterminer par la machine elle-même l'occlusion du passage de la vapeur plus ou moins promptement, selon que les résistances actuelles sont plus ou moins grandes.

J'ai personnellement trop peu de pratique dans la conduite des machines à vapeur pour que je me permette de prononcer sur le mérite relatif des différents systèmes qui se sont révélés à l'exposition. Je me bornerai donc à exposer, le plus clairement qu'il me sera possible, les prétentions des concurrents et les arguments dont ils les appuyaient.

J'ai dit, plus haut, que le modèle exposé par M. Trezel avait été l'occasion de l'active polémique dont les principaux champions vont emprunter ma plume; c'est donc par M. Trezel que je vais commencer.

On pouvait facilement remarquer, dans le modèle exposé, que la vapeur est introduite sur le piston par une seule ouverture, et, pour ainsi dire, à la tension même qu'elle possède dans la chaudière, le plus directement possible, sans avance au tiroir de distribution, sans division des ouvertures d'entrée, comme sans contraction ni rétrécissement de ces ouvertures, et, par conséquent, sans détente préalable à son action sur le piston.

En faisant fonctionner le modèle, on reconnaissait que l'on peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

admettre la vapeur, à volonté, pendant toute la course, et produire la détente depuis les 14/100 jusqu'aux 74/100 de la course du piston, ou, en d'autres termes, aux 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/2, 2/3, 3/4, etc., en introduisant exactement le même volume de vapeur, d'un côté comme de l'autre du piston, en compensant la différence de surface résultant de la section de la tige.

Ces avantages sont obtenus par un mécanisme très simple, au moyen de deux tiroirs, dont les dispositions sont telles, qu'on n'a besoin ni de ressort ni de touche d'arrêt pour les maintenir. L'un de ces tiroirs sert à la distribution de la vapeur, tant au-dessus qu'au-dessous du piston ; l'autre, nommé tiroir d'arrêt, a pour but de fermer le passage de la vapeur au moment qu'on a fixé.

Ces deux tiroirs sont juxtaposés, et mis en mouvement par deux excentriques, indépendants l'un de l'autre, de formes semblables, mais de courses différentes.

Le premier se meut dans un cadre rectangulaire; le second, dans un cadre formé de quatre courbes, dont une supérieure et trois inférieures, toutes géométriques et disposées symétriquement.

Ces courbes peuvent varier en raison de trois conditions variables dans les diverses machines. Ces conditions sont, d'une part, l'épaisseur du piston ; de l'autre, la longueur de la bielle, et, enfin, la longueur de la manivelle.

Les dispositions de la distribution ont cela de particulier que les ouvertures d'entrée sont complétement ouvertes lorsque la manivelle a parcouru un angle de 37 degrés, et le piston les 7/100 de sa course, quelle que soit la détente que l'on veuille obtenir, ce qui n'a pas lieu avec des excentriques circulaires qui n'ouvrent complétement les orifices que lorsque la manivelle a parcouru un angle de 95 degrés, et le piston les 45/100 de sa course.

Les courbes, qui forment le cadre dans lequel se meut l'excentrique du tiroir d'arrêt, sont calculées de manière à racheter une différence de position du piston que l'on observe dans sa marche descendante et sa marche ascendante.

Cette différence importante est variable, suivant la longueur de la bielle. En effet, si la bielle pouvait se mouvoir parallèlement à elle-même, il n'existerait aucune différence dans les positions du piston, pour le même angle de la manivelle, à droite et à gauche de la verticale. Mais il n'en est pas ainsi, à cause de l'obliquité que prend la bielle ; et, dans les machines de dix chevaux, représentées par les dimensions du modèle, cette différence est telle que, dans le mouvement de descente, lorsque la manivelle a parcouru un angle de 90 degrés, le piston est aux 41/100 de sa course; tandis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que, dans le mouvement ascensionnel, en ne faisant parcourir que le même angle à la manivelle, le piston est arrivé aux 56/100 de sa course. D'autres angles donnent des rapports analogues.

M. Trezel ajoute qu'avec une forme quelconque d'excentrique, on ne peut compenser cette différence avec un seul tiroir d'arrêt, ni obtenir la condition que cet excentrique ait, avec le cadre, deux génératrices en contact et diamétralement opposées, quelle que soit d'ailleurs sa position dans son mouvement de rotation, parce que cet excentrique, ayant un mouvement circulaire continu, ne peut donner que des mouvements alternativement égaux pour des points opposés.

Les courbes en question ont encore pour propriété de modifier la différence de surface de l'un et de l'autre côté du piston, résultant de la surface occupée par la tige.

On comprendra facilement, continue M. Trezel, que, plus la vapeur arrivera avec facilité sur le piston, plus elle produira d'effet utile; qu'il était donc de la plus grande importance, pour profiter de sa propriété expansible, de chercher à la faire arriver dans le cylindre, de manière qu'elle perde le moins possible de la tension qu'elle possède dans le générateur, ce qui n'a pas lieu dans la plupart des machines où le tiroir de distribution ne découvre les orifices qu'avec lenteur, et où le passage de la vapeur est intercepté avant que l'orifice soit complétement ouvert. Dans presque toutes, le volume de vapeur n'est pas égal en dessus et en dessous du piston; il y a perte dans l'emploi du volume de la vapeur, et irrégularité dans la marche. Dans quelques unes, la vapeur est obligée, par des dispositions particulières et compliquées, de circuler à travers plusieurs ouvertures, avant son action sur le piston; dans d'autres, enfin, la vapeur n'est admise que par des ouvertures plus ou moins rétrécies, sans lui donner une libre entrée.

Ces dispositions, plus ou moins vicieuses, font subir à la vapeur un laminage, une division ou un allongement, qui n'est autre chose qu'une détente préalable à son action sur le piston; ce qui nécessairement détruit une grande partie de son expansibilité, d'où il résulte que la vapeur qu'on aura élevée dans un générateur à quatre ou cinq atmosphères n'arrivera plus sur le piston qu'à trois ou quatre.

Ce sont ces graves inconvénients que M. Trezel a cherché à faire disparaître, en donnant à son appareil les avantages suivants :

1° Admettre la vapeur à volonté pendant toute la course;

2° Pouvoir obtenir la détente, à tous les points du cylindre, en rapport avec des effets utiles;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

3° Admettre la vapeur sur le piston par une seule ouverture complétement ouverte aux 7/10 de sa course, quelle que soit la détente ;

4° Faire arriver la vapeur dans le cylindre par le plus court chemin, sans avance au tiroir, sans déviation, ni division, comme sans rétrécissement des ouvertures, et, par conséquent, sans détente préalable à son action utile;

5° Admettre le même volume de vapeur en dessus comme en dessous du piston, en égalisant la surface de celui-ci par rapport à la section de la tige;

6° Laisser échapper la vapeur après l'effet utile, avant la fin de la course;

7° Laisser un recouvrement suffisant aux tiroirs pour qu'une usure, même sensible, ne nuise pas à la marche de la machine;

8° Adapter cette détente à toutes les espèces de machines, et remplacer avantageusement, par un seul cylindre, les machines à deux cylindres du système de Wolff, en faisant remplir à la vapeur les mêmes conditions, et en faisant, à volonté, marcher les machines avec ou sans condensation, pour faire varier la force et pouvoir utiliser la vapeur, après l'effet mécanique, au chauffage des ateliers pendant l'hiver;

9° De pouvoir enfin faire varier la détente pendant la marche même de la machine.

M. Trezel ne m'ayant point autorisé, comme l'ont fait quelques uns de ses concurrents, à publier un croquis des dispositions mécaniques au moyen desquelles il obtient les résultats indiqués ci-dessus, je me bornerai, pour mettre plus de clarté dans cette description, à y ajouter que la seule condition à remplir, pour déterminer les différents effets annoncés, consiste à amener une aiguille sur certaines divisions d'un cadran, correspondantes à l'effet désiré.

Je crois utile aux propriétaires de machines à vapeur, qui voudraient se rendre compte des effets divers de leur machine, soit sous le rapport de la détente, soit sous celui des autres conditions signalées dans la note de M. Trezel, de publier ici quelques renseignements que m'a remis ce constructeur sur un procédé facile d'obtenir ces indications.

On dispose deux règles méplates en bois, de la hauteur du cylindre, et maintenues parallèles entre elles par des traverses, en réservant, entre ces règles, un écartement de 12 ou 15 centimètres. On fixe, d'une manière quelconque, ce châssis dans un plan vertical contre le cylindre. On représente, sur ces règles,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en haut et en bas, et dans les mêmes plans, les orifices d'entrée de vapeur qui se trouvent dans le cylindre. On dispose encore une troisième règle pour figurer la tige du piston.

On prend ensuite trois morceaux de bois, de l'épaisseur des règles, ayant pour largeur l'épaisseur exacte du piston de la machine. L'un de ces morceaux aura pour longueur l'écartement entre les règles, et les deux autres, 4 centim. de plus. Ces deux morceaux, fixés de chaque côté du premier, forment nécessairement coulisse à leurs extrémités, et on conçoit que cet assemblage, représentant le piston, pourra glisser verticalement entre les règles du châssis fixé contre le cylindre.

Si alors on fixe à cette coulisse l'une des extrémités de la troisième règle, dont il a été question plus haut, et qu'on attache cette règle par son extrémité supérieure à la traverse de la tige du piston de la machine, en lui donnant la longueur exacte de cette tige, on comprend qu'en faisant tourner le volant à bras dans le sens du mouvement normal, on pourra se rendre compte de la marche du piston de bois, représentant exactement celle du piston de la machine.

Lorsque le piston sera au haut de sa course, on tracera sur la règle de gauche un trait à fleur de la face supérieure du piston, et, sur celle de droite, un trait à fleur de sa face inférieure. Mettant ensuite le piston au bas de sa course, on tracera également sur la règle de gauche un trait à fleur de la face supérieure du piston, et, sur celle de droite, un autre trait à fleur de sa face inférieure. L'intervalle compris entre ces traits sera précisément la course du piston sur la règle de gauche pour son mouvement de descente, et, sur celle de droite, pour son mouvement d'ascension. On divisera ces intervalles, ou la course sur chaque règle, en cent parties égales, ou, si on le préfère, par fractions ordinaires, telles que 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, etc.

Pour opérer avec toute la précision possible, on placera derrière la manivelle de la machine un cercle de bois, que l'on fixera de manière que son centre corresponde à la roue de volée. Le diamètre de ce cercle sera assez grand pour qu'un style, fixé au centre et derrière le prisonnier de la manivelle, indique les 360 divisions que l'on tracera sur ce cercle (la première division partant de la verticale, passant par le centre du cercle). On aura ainsi tous les angles que décrira la manivelle dans la marche ascendante et descendante du piston.

Ces dispositions étant bien établies, on enlèvera la coquille qui recouvre les tiroirs ou glissières, pour observer, en faisant tourner

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lentement le volant, comment les orifices d'entrée et de sortie se découvrent et se ferment par rapport, d'une part, à la marche du piston, et, de l'autre, aux angles parcourus par la manivelle.

On se rendra encore mieux compte des différents effets, en tenant noté des positions du piston, par rapport aux divisions tracées sur les règles et aux angles décrits par la manivelle, lorsque les orifices seront ou complétement fermés, ou complétement ouverts.

Les conditions au moyen desquelles M. Farcot est parvenu à rendre la détente variable à volonté seront beaucoup plus intelligibles pour vos lecteurs que celles de M. Trezel, grâce à l'obligeance avec laquelle M. Farcot m'a permis de les représenter par quelques croquis.

Fig. 2.

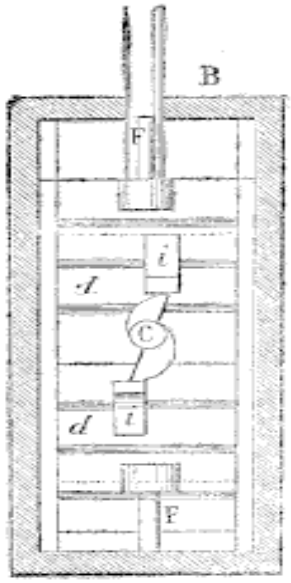
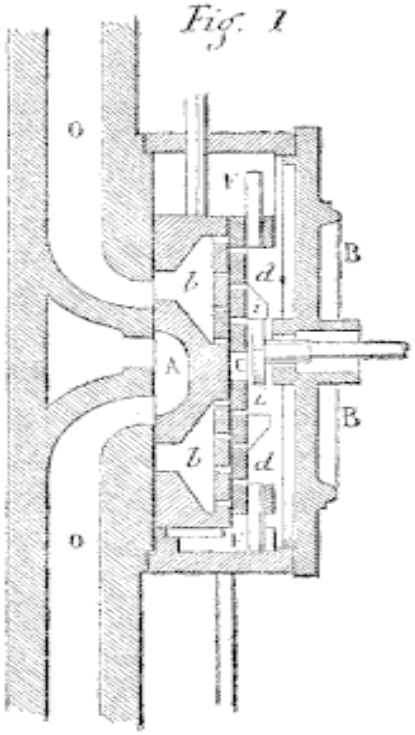


Fig. 1



L'organe principal de la distribution dans les machines de M. Farcot est un tiroir A, fig. 1, sur lequel se placent deux glissières *dd*, fig. 1 et 2, percées de plusieurs ouvertures qui doivent correspondre à d'autres ouvertures, pratiquées dans le dos du tiroir, et communiquant dans des cabinets *bb*.

Lorsque les ouvertures des glissières sont en regard avec les ouvertures du dos du tiroir, la vapeur entre dans les cabinets *bb*, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut arriver aux cheminées OO qui conduisent au piston, quand elles sont découvertes par le mouvement alternatif du tiroir A.

Les glissières *dd* sont entraînées avec le tiroir tant qu'elles ne sont pas arrêtées, soit par les goujons FF qui touchent les extrémités de la boite à vapeur B, soit par les talons *ii*, lorsqu'ils rencontrent la touche C.

La longueur des goujons FF est calculée pour replacer les ouvertures des glissières en face de celle du tiroir, chaque fois que ce dernier, dans son mouvement alternatif, arrive à la fin de sa course.

La touche C est une double came qui, suivant sa position angulaire, touche, plus tôt ou plus tard, les talons *ii*, et, par conséquent, intercepte, plus tôt ou plus tard, la communication des cabinets *bb* avec la boite à vapeur, ainsi qu'avec le cylindre. C'est donc en faisant varier la position de la double came C que l'on fait varier le moment ou la durée de la détente.

Pour que les longueurs d'introduction soient égales de chaque côté du piston, indépendamment de l'obliquité des bielles qui transmettent son mouvement, les courbures, des deux côtés de la double came C, ne sont pas semblables : elles ont un tracé spécial pour chaque côté du piston.

Lorsque le piston commence à marcher, le tiroir A est arrivé aux cinq dixièmes ou à la moitié de la course, et ne peut plus continuer à porter l'un des talons *i i* de la glissière *d d*, vers la double came C, que pendant les cinq derniers dixièmes qui correspondent aux cinq premiers dixièmes de la course du piston.

Si donc les ouvertures des cabinets *bb* ne sont pas fermées aux 0,5 de la course du piston, la vapeur entrera pendant tout ce temps, et la machine marchera sans détente. Ce n'est donc que de 0 à 0,5, qu'au moyen du tiroir représenté fig. 1re, on peut faire varier la détente. Cette latitude est bien suffisante pour le plus grand nombre des machines, lorsque l'on veut qu'elles fonctionnent avec économie de combustible.

Pour faire varier à volonté la détente pendant toute la durée de la course du piston, il faut aussi que, pendant toute cette durée, les talons *i i* marchent vers la double came *c*, et par conséquent aussi le tiroir qui les porte. Ce résultat est obtenu par les dispositions représentées fig. 3 et 4. Le tiroir A commence sa course en même temps que le piston, au moyen d'un excentrique placé à 90 degrés de l'excentrique qui commande l'excentrique du deuxième tiroir A'. Comme dans les dispositions précédemment décrites, les branches

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la double lame C sont configurées de manière à produire des introductions égales de chaque côté du piston.

Fig. 4.

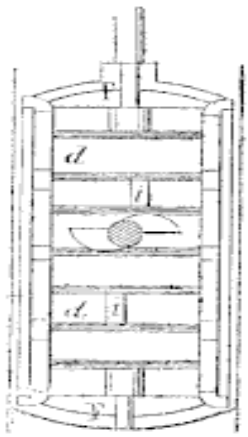
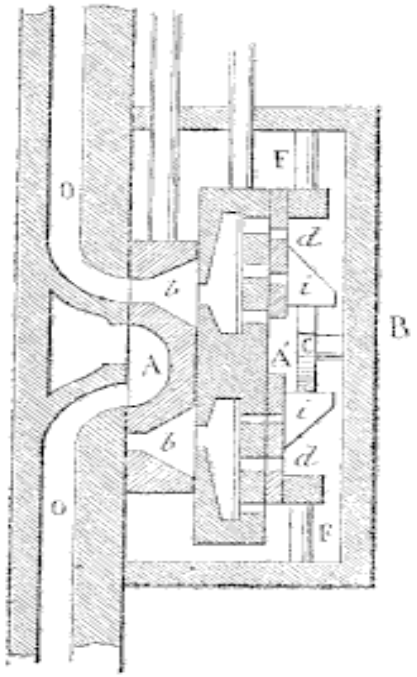


Fig. 3.



Avant d'employer des glissières rectangulaires, M. Farcot se servait, en 1834, de plateaux circulaires A, fig. 5, qu'il appelait

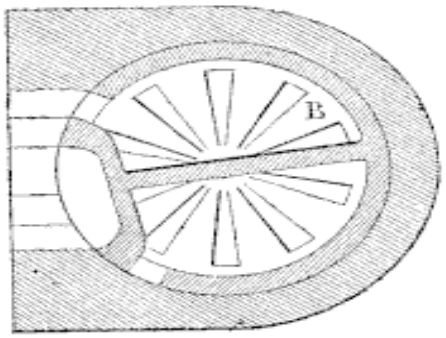


Fig. 7.

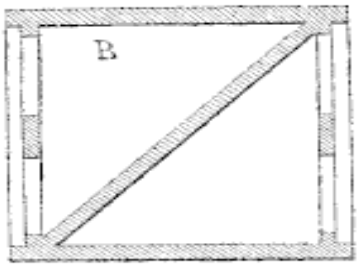


Fig. 6.

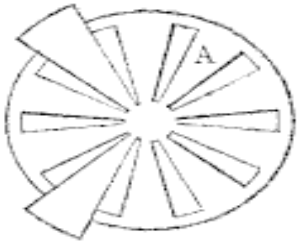


Fig. 5.

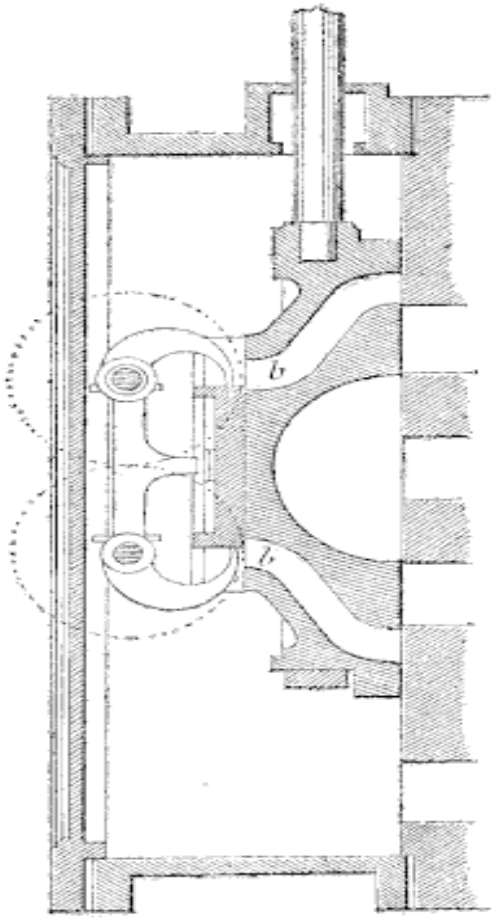
des *cocardes*. Ils étaient percés de plusieurs ouvertures dont la somme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

était équivalente aux passages pratiqués sur les *glaces* des tiroirs. Ces cocardes étaient d'abord placées sur les deux fonds d'un cylindre B, fig. 6 et 7, lequel, animé d'un mouvement circulaire alternatif, faisait les fonctions de tiroir. M. Farcot avait adopté cette disposition pour ne pas empiéter sur les droits que M. Edwards s'était attribués dans un brevet de 1833, dont la spécification comportait des glissières rectangulaires. Mais ayant acquis la certitude que, dès 1831, M. Tamisier (1) avait, dans le même but, employé le tiroir qui fait l'objet du brevet Edwards, M. Farcot put compléter son œuvre par des glissières rectangulaires.

Quelques personnes pensent qu'un tiroir à une seule glissière, comme dans la fig. 8, et sans ouvertures, comme celui qui fait l'objet

Fig. 8.



(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

du brevet Edwards, aurait les mêmes propriétés que le tiroir à deux glissières ou à deux cocardes à plusieurs ouvertures.

M. Farcot fait remarquer qu'en examinant attentivement ces deux tiroirs, on reconnaitra qu'ils sont bien différents l'un de l'autre dans leurs combinaisons, et surtout dans leurs effets.

En effet, dit-il, les deux glissières ou les deux cocardes à plusieurs ouvertures laissent facilement passer la vapeur, qui peut ainsi arriver sur le piston à une pression voisine de celle du générateur. Elles interceptent rapidement le passage au moment où on veut commencer la détente; elles permettent de faire varier la détente à la main ou à l'aide du modérateur pendant la marche de la machine. Les longueurs d'introduction qu'elles procurent sont, à volonté, égales de chaque côté du piston, ou inégales si l'on veut avoir égard à la surface perdue par la tige du piston. Enfin, au moyen de deux tiroirs superposés fig. 3, les deux glissières ou les cocardes peuvent introduire depuis 0 jusqu'aux 19/20; et, si l'on veut avoir des fermetures plus rapides que celle que donne l'excentrique circulaire, on les obtient au moyen d'un excentrique à bosses, conseillé à M. Farcot par M. le baron Séguier.

La glissière unique ne laisse entrer la vapeur dans le cylindre que par une seule ouverture *b b*. très rétrécie. Elle ferme lentement le passage lorsque l'on veut commencer la détente, et elle ne peut servir que pour introduire à moitié course du piston. Enfin, si, pour faire varier la détente, on emploie les conditions du brevet Edwards, on introduit deux fois la vapeur par course du piston, une fois au commencement et une fois à la fin, ce qui détruit toute l'économie que l'on a voulu obtenir.

Les graves inconvénients de la distribution à une seule glissière ont déterminé à l'abandonner, d'abord M. Tamisier, ensuite M. Charpin, puis M. Bensi; on l'a supprimée également aux machines de M. Edwards.

Il en a été tout autrement pour la distribution à deux glissières, ou à deux cocardes. Non seulement M. Farcot n'a cessé de l'employer avec un grand succès depuis 1834, mais son brevet étant expiré en 1841, plusieurs constructeurs l'ont appliquée avec non moins d'avantages. M. Meyer, de Mulhouse, l'a appliquée pour la détente variable de ses locomotives, dont on apprécie aujourd'hui les excellents résultats. MM. Derosne et Cail l'avaient employée pour leur machine à balancier qui figurait à l'exposition.

M. Farcot, répondant à l'objection soulevée par M. Trezel, que, dans les appareils de détente qui nous occupent, le passage à la condensation n'est pas assez longtemps ouvert en entier, fait remar-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

quer que cette objection disparaîtra, si on considère que dans une machine bien construite, la vapeur, à la fin de la course du piston, doit avoir une pression bien voisine de celle du condenseur, et que cette pression se trouve presque subitement détruite dès que la vapeur commence à communiquer avec le condenseur.

Il fait aussi remarquer que l'excentrique est à sa plus grande vitesse quand les ouvertures se découvrent, et qu'alors le piston est à ses points morts et marche lentement.

Si l'on a besoin, dans quelques cas particuliers, d'ouvrir promptement les passages, et de donner aux tiroirs des temps de repos, on obtiendra cet effet au moyen des excentriques à bosses conseillés par M. le baron Séguier.

Pour ne pas distraire l'attention de vos lecteurs de la question qui nous occupe, je décrirai plus loin le *modérateur à compensation* de M. Farcot, et je passe à la description de la détente de M. Carillon.

La figure 9 est une section verticale de l'appareil.

La figure 10 en est la section horizontale.

Les mêmes lettres dans les figures indiquent les mêmes pièces :

A, cylindre alézé remplissant les fonctions d'une boîte à tiroir.

B, tubulure communiquant au générateur.

CC, ouvertures rectangulaires communiquant au cylindre distributeur. La distance du centre au centre de ses deux ouvertures est égale à la course de l'excentrique qui mène le tiroir.

DD, deux parties du tiroir superposées.

E, tringle communiquant à l'excentrique par une bielle. La partie inférieure est cylindrique et porte une languette dans toute sa longueur. Ces deux parties DD du tiroir sont percées d'un trou cylindrique et d'une rainure, et sont enfilées sur la tringle. Elles peuvent glisser, mais non tourner sur cette tringle.

F, est un second trou percé dans les tiroirs. Ce trou est taraudé à droite dans sa partie supérieure, et à gauche dans sa partie inférieure. Une tige taraudée de même à droite et à gauche est fixée dans ces tiroirs. Elle a dans son milieu deux embases et une chape. Des coussinets la maintiennent après la tringle E, de manière à l'empêcher de changer de hauteur. A sa partie supérieure est fixé un pignon G, qui engrène avec un autre pignon faisant partie d'une douille H, qui enveloppe la tringle E dans sa partie supérieure. Cette douille, qui glisse dans la boîte à étoupes, sort du cylindre et est maintenue sur la tige par un écrou et une rondelle. L'extrémité de la douille est une pièce à six pans I, qui sert à la faire tourner,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et par conséquent à faire tourner le pignon G, pour écarter ou rapprocher les parties DD du tiroir.

Fig. 9.

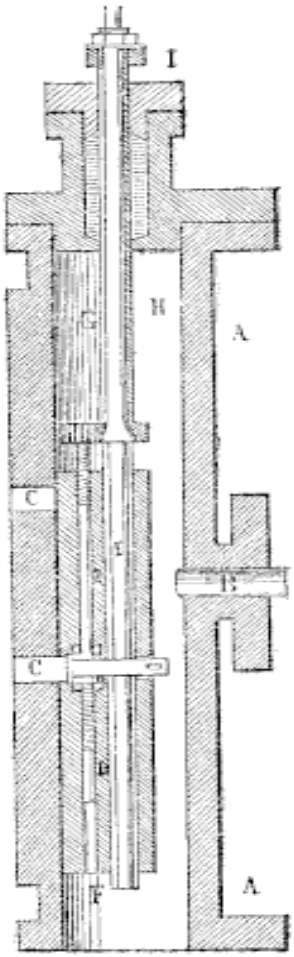
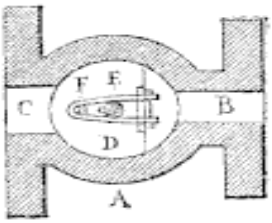


Fig. 10.



Dans la position représentée par la fig. 9, la vapeur serait distribuée aux 3/8 de la course du piston. Et en augmentant l'ouverture au moyen des deux vis, jusqu'au point de faire toucher au pignon G la partie supérieure du tiroir, la distribution se ferait aux 5/8. Des ouvertures moindres que celle représentée, ou intermé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diaires avec la plus grande possible, produiraient des détentes proportionnelles.

Cette détente a été appliquée pour la première fois, en 1840, à une machine fournie par M. Carillon à la verrerie de Saint-Louis.

La détente appliquée par M. J.-J. Meyer (1), de Mulhouse, à la jolie machine qu'il avait présentée à l'exposition, repose sur un principe tout-à-fait différent de ceux qui ont guidé les constructeurs dont je viens de vous entretenir.

Malheureusement je suis réduit, pour la décrire, à mes seuls souvenirs; les occupations de M. Meyer ne lui ayant pas permis de me faire remettre la note et les croquis qu'il m'avait promis. Toutefois, son extrême simplicité me fait espérer d'en donner une idée suffisamment claire à vos lecteurs.

On sait que toutes les machines à vapeur ont un régulateur inventé par Watt, et formé de deux boules articulées à un système de leviers formant un losange qui se rapproche d'autant plus du carré que les boules s'écartent davantage par la force centrifuge qu'elles acquièrent dans leur mouvement plus ou moins rapide de rotation. Une tringle, articulée à la bague qui réunit les deux leviers inférieurs, commande une valve qui diminue ou augmente le passage de la vapeur au cylindre, selon que les boules, en s'écartant davantage, soulèvent cette douille ou la laissent descendre en se rapprochant.

C'est ce soulèvement ou cet abaissement de la douille par le plus ou moins d'écartement des boules que M. Meyer a fait servir à la production plus ou moins prompte de la détente, en raison du plus ou moins de vitesse que peuvent prendre les boules du régulateur, vitesse qui est toujours en rapport avec celle de la machine.

Deux cames en hélice sont placées diamétralement sur la douille. Elles varient en outre de largeur depuis leur point le plus haut jusqu'au point le plus bas.

Une tige horizontale, portant un anneau traversé par la douille à cames, est terminée, à l'une de ses extrémités, par une soupape conique, qui s'engage dans un cône creux, faisant partie du passage de la vapeur au cylindre. Enfin un ressort tend constamment à pousser le cône plein dans le cône vide. Mais à chaque tour des boules, correspondant à chaque tour du volant, ou, si l'on veut, à l'allée et au retour du piston, les deux cames, agissant sur une contre-came placée dans l'anneau qui les enveloppe, retirent deux fois le cône plein du cône creux, et laissent pénétrer la vapeur dans le cylindre pendant un temps qui est mesuré, par la surface en contact. Lorsque cette

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

came cesse d'agir, le cône plein rentre dans le cône creux pour fermer le passage de la vapeur et produire la détente.

On conçoit maintenant que si, par une accélération de vitesse de la machine, les boules viennent à s'écarter, la douille portant les cames s'élèvera ; mais alors la portion des cames qui agira sur le cône plein, étant moins large, la durée de l'introduction de vapeur sera moins grande, et, par conséquent, la détente se fera plus tôt, ce qui diminuera la vitesse de la machine, ainsi que celle des boules qui, en se rapprochant, remettront les choses dans leur premier état pour relever de nouveau la douille et produire une détente plus prompte, si les causes qui avaient amené une accélération de vitesse ont persisté.

On voit que, dans cette ingénieuse disposition, ce n'est pas, comme dans les machines ordinaires, par un rétrécissement plus ou moins grand du passage de la vapeur que la vitesse normale de la machine est conservée, condition qui détermine une détente préalable, en pure perte pour l'effet utile. La vapeur arrive, au contraire, avec toute la tension qu'elle peut avoir, et la détente ne s'opère que dans le cylindre, en des points variables, en raison du plus ou moins de vitesse que la machine a acquise.

L'appareil de démonstration pour la détente variable, exposé par M. Eugène Bourdon (1), est représenté dans les figures 11 et 12.

La figure 11 est une vue latérale, en coupe par le milieu du tiroir.

La figure 12, une vue de face du tiroir, la plaque de fermeture étant enlevée.

Les mêmes lettres indiquent les mêmes pièces.

A Partie antérieure du cylindre avec les orifices d'introduction et d'échappement de la vapeur.

B Boîte de recouvrement du tiroir, surmontée de sa boîte à étoupes.

C Tiroir percé de quatre orifices accouplés deux à deux.

DD Petites plaques de fermeture pivotant sur des axes en acier.

E Bascule dont les extrémités sont terminées par des palettes. Elle oscille sur un axe à rodage conique, dont le bout sort en dehors de la boîte à vapeur, et est mû par un petit levier qui peut, à volonté, être manœuvré à la main, ou être lié avec le mécanisme régulateur dont il sera question plus loin.

FF, butoirs, dont la longueur est réglée de manière à ouvrir entièrement les orifices d'introduction, à chaque oscillation du tiroir.

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

G, tuyau d'admission de la vapeur.

Le jeu de cet appareil est extrêmement simple. Si on incline la

Fig. 11.

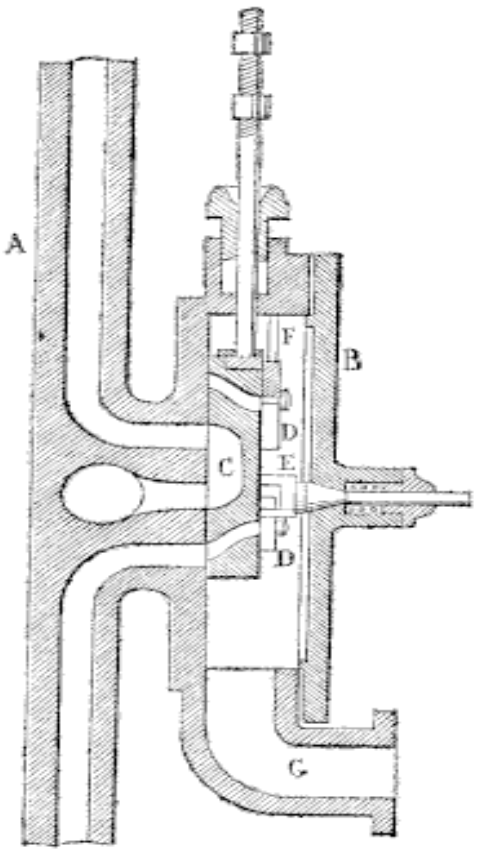
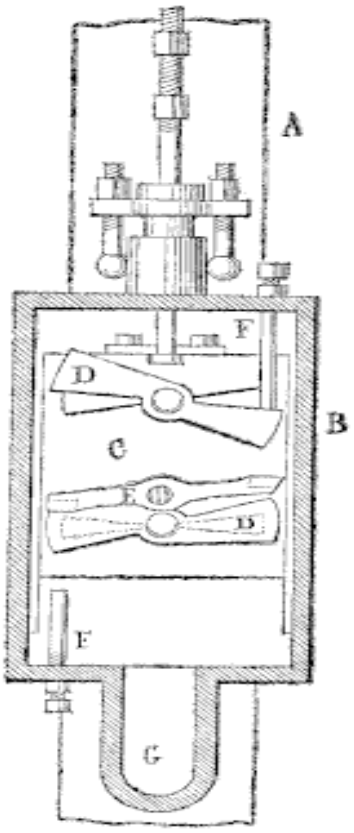


Fig. 12.



bascule E de façon que ses palettes ne rencontrent pas les talons des plaques mobiles DD, la vapeur entrera pendant toute la course du piston. Si on l'incline en sens inverse, la fermeture des orifices aura lieu d'autant plus promptement que les palettes viendront rencontrer plus tôt les talons des plaques DD.

Par ce moyen, on peut faire varier la détente dans telle proportion que l'on voudra, depuis 1/20 jusqu'à 5/10 de la course du piston.

Lorsqu'on veut pousser la détente au-delà des 5/10, aux 7/10, par exemple, il suffit d'employer un excentrique à courbes combinées qui permet de prolonger la durée de l'introduction de la vapeur jusqu'à cette limite.

Il n'est d'aucun intérêt de la prolonger au-delà; car la détente,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

passé ce point, ne produit plus qu'une économie insignifiante dans la consommation du combustible ; et du moment que, pour faciliter la mise en train, ou pour donner pendant quelques instants un peu plus de puissance à la machine, on peut supprimer complétement l'effet de la détente, et laisser arriver la vapeur à plein cylindre, le but qu'on se propose doit être suffisamment atteint.

Indépendamment des avantages qui sont propres aux autres systèmes, et que M. Bourdon revendique également pour le sien, celui-ci présente de plus les suivants :

1° La construction des pièces qui le composent est plus simple et moins coûteuse.

2° Les plaques de fermeture, étant maintenues sur le tiroir par un axe qui se trouve justement au milieu de leur longueur, restent constamment dans la position que leur fait prendre la petite bascule, et n'ont, par conséquent, besoin ni de coulisseau ni de ressort pour les empêcher de se déranger pendant la marche du tiroir.

3° La détente variable, jusqu'aux 7/10 de la course du piston, est obtenue avec un seul excentrique.

Tels sont les principaux systèmes de détente qui ont surgi à l'exposition ; et si, comme je l'ai annoncé, je ne me prononce point ici sur leur mérite relatif, je ne crois pouvoir être démenti par personne, en les signalant tous comme des résultats aussi remarquables qu'utiles, et comme faisant preuve pour leurs auteurs d'autant d'intelligence que de capacité.

M. Eugène Bourdon exposait aussi un régulateur à vapeur, auquel il avait ajouté un mécanisme qui a pour but d'obtenir une vitesse tout-à-fait constante dans la marche de la machine, et de réaliser la plus grande économie possible dans l'emploi du combustible, en mettant la dépense de vapeur toujours en proportion exacte avec la résistance appliquée à la machine.

Voici en quoi consiste ce mécanisme, représenté fig. 13.

Sur l'arbre du régulateur sont fixés deux manchons en fer CC′, dont l'un porte un pas de vis à droite, l'autre un pas de vis à gauche.

Deux petits bras DD, terminés par des arcs de cercle dentés, et articulés avec deux petits leviers EE′, forment un parallélogramme brisé aux quatre angles.

B, support en fonte qui se fixe au bâti de la machine.

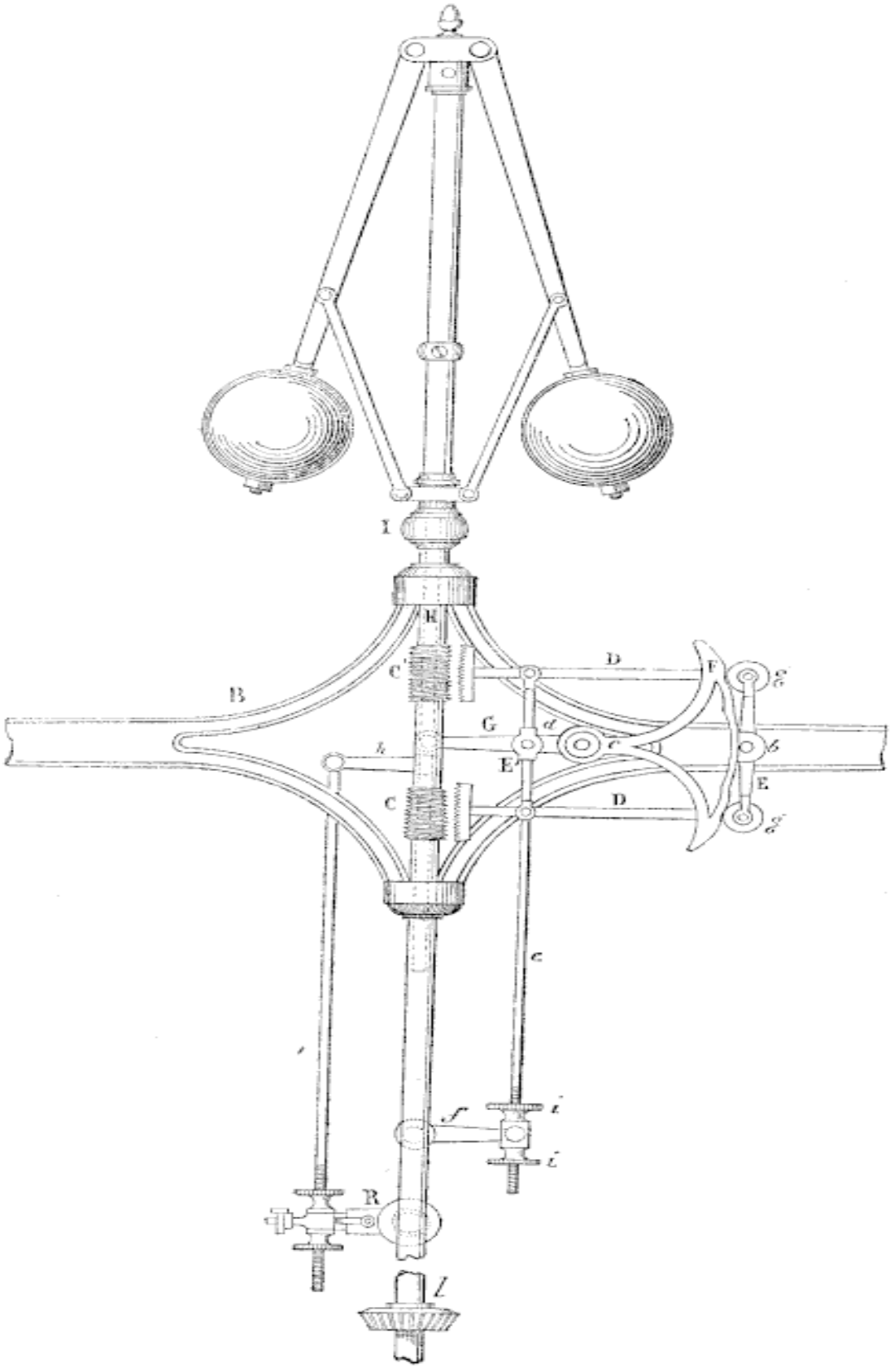
b, axe sur lequel oscille le levier E, qui sert à porter le parallélogramme.

gg′, galets en fer.

d, point d'attache de la tringle *e*. L'extrémité inférieure de cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 13.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tringle est liée au levier *f* de la détente, dont on peut faire varier la position au moyen des deux écrous de rappel *i i*.

F, came mobile, liée par l'axe *c* au levier G, qui se trouve placé derrière le support B.

L'autre extrémité de ce levier est articulée avec une petite bielle H, que l'on voit ponctuée derrière l'arbre du régulateur.

Cette bielle est attachée, par l'autre bout, au collier I, qui tourne librement sur la douille du régulateur, de manière qu'il suit tous ses mouvements d'oscillation, sans tourner avec lui.

La bielle H porte aussi un petit bras *h*, destiné à faire mouvoir la soupape tournante R.

l, pignon d'angle commandé par l'arbre de la machine.

Lorsque, par suite d'une accélération dans le mouvement de la machine, les boules du régulateur, obéissant à la force centrifuge, s'écartent l'une de l'autre, la came F, qui est liée à la douille I, par les pièces GH, s'abaisse, et, par la disposition des bosses qui y sont ménagées, pousse le galet *g*.

Le peigne du bas vient alors engrener avec le manchon C. Celui-ci, en tournant, entraîne le peigne de bas en haut, et déplace, par ce mouvement, le levier de la détente, jusqu'à ce que, l'admission de la vapeur ayant été suffisamment diminuée, la machine reprenne sa vitesse normale.

Alors, le modérateur est ramené naturellement à sa position moyenne, et les deux peignes restent entièrement dégrenés, jusqu'à ce qu'un nouveau changement, survenant dans la résistance appliquée au moteur, l'un des deux peignes vienne engrener de nouveau, soit pour augmenter, soit pour diminuer la durée de l'introduction de la vapeur.

En effet, on conçoit facilement que si, par suite d'un ralentissement dans la marche de la machine, les boules du régulateur se rapprochent, les mêmes effets se produiront en sens inverse; et, dans l'un comme dans l'autre cas, la détente sera toujours modifiée exactement dans la proportion convenable pour que la quantité de vapeur admise dans le cylindre soit parfaitement en rapport avec la résistance que la machine aura à vaincre.

Il est à remarquer que, par les dispositions données à cet appareil, le régulateur ne sert plus qu'à produire un effet d'embrayage et de débrayage, qui n'exige presque pas de force, et que la résistance que peut présenter le déplacement du levier de la détente est surmontée par la machine elle-même, mais non par le régulateur.

On pourrait, dans quelques circonstances, supprimer la soupape tournante qui est figurée ici. Mais lorsqu'il s'agit de régulariser

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

complétement le mouvement d'une machine à vapeur, dont l'effort doit varier fréquemment dans des limites très étendues, il devient indispensable de faire usage de cette soupape, parce qu'elle sert à modérer l'accélération de vitesse que la machine pourrait prendre pendant l'instant très court que la détente emploie à revenir à sa position normale.

M. Farcot exposait également un *modérateur* qu'il appelle *à compensation*, et qui, comme celui de M. Bourdon, est destiné à agir sur la détente.

Il est représenté fig. 14.

a, arbre du modérateur. Il est formé d'un tube en fer.

b, tige unie à une douille mobile commandée par le modérateur.

d, longue virole ayant un renflement vers son milieu : elle est montée sur l'arbre du modérateur (1).

ee, boîte portant un réservoir d'huile : elle est réunie à la virole *d* par des vis.

o, virole renfermée dans la boîte *e* : elle est liée, par une clavette, à la tige *b*.

ff', freins pouvant tourner librement sur la virole *d*.

gg', roues d'angle fixées aux freins *ff'*.

hh', cônes liés à l'arbre *a* par les clavettes *ii* et tournant avec lui. Ils peuvent s'écarter l'un de l'autre, les mortaises des clavettes étant assez allongées pour leur permettre ce mouvement. Ces cônes ne peuvent se rapprocher l'un de l'autre qu'autant que le permettent les rainures de l'arbre et les clavettes qui traversent les moyeux. C'est pour avoir la facilité de faire varier ce *maximum* de rapprochement que le moyeu du cône supérieur *h'* porte une douille mobile munie d'une vis de rappel.

n, tube placé dans l'intérieur de l'arbre *a* : il est fermé à sa partie inférieure, et contient un ressort à boudin, tendu entre le fond et le goujon *m*, traversé par la clavette *i*.

k, roue d'angle engrenant à la fois avec les deux roues *gg'*.

l, arbre de la roue précédente. Il forme en même temps un levier dont le centre de mouvement est en *j*.

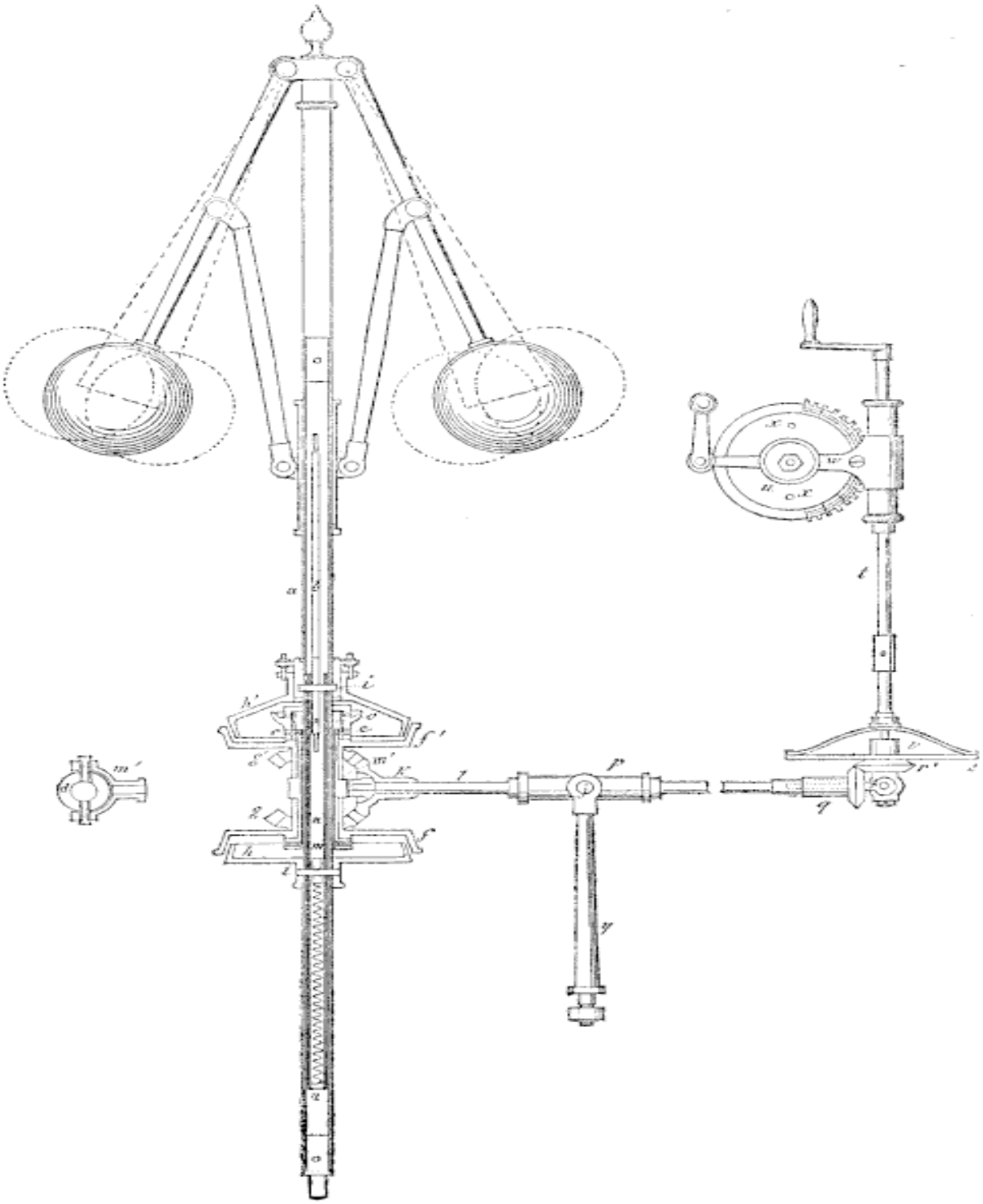
m', fourchette emmanchée à frottement doux sur l'arbre *l*. Les

(1) Le graveur a omis cette lettre *d* dans la coupe verticale, mais elle est reproduite dans la petite coupe horizontale, placée en regard de cette même virole *d*.

Le lecteur est prié de suppléer aussi aux filets de la vis sans fin qui devraient figurer sur le cylindre qui est tangent à la roue *u*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fig. 14.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

deux branches de cette fourchette sont liées par des goujons au renflement de la virole *d*.

p, longue virole servant de coussinet à l'arbre *l*.

q, autre roue d'angle fixée sur l'arbre *b*.

r, fourchette dont la tige entre dans un trou pratiqué à l'extrémité de l'arbre *l*.

r', roue d'angle engrenant avec la précédente.

s, disque lié à cette roue.

t, tige portant une vis sans fin.

u, roue commandée par la vis sans fin. Elle est fixée sur l'arbre de la double came de la détente, ou sur l'axe d'une valve.

v, frein élastique qui permet à la roue *r'* de tourner sans entraîner la tige *t*, quand les goujons *xx* butent contre le support *w* pour limiter le mouvement de la came.

Voici maintenant quel est le jeu du *modérateur à compensation* de M. Farcot.

On a pu voir, par l'inspection de la figure, que le modérateur agit à la manière ordinaire sur le levier *l*, qui soulève la tige *t*. La vis sans fin agit comme crémaillère sur la roue *u*.

En même temps que la virole *d* fait mouvoir le levier *l*, elle porte les cônes *hh'* vers l'un ou l'autre des freins *ff'*, et, par le frottement que produit la pression, l'un des cônes se trouve entraîné, et tourne avec l'arbre *e*, au moyen des trois roues d'angle *gg'* et *k*. Quand le frein supérieur est embrayé, l'arbre tourne dans un sens, et dans le sens opposé quand c'est le frein inférieur.

Le ressort à boudin a pour objet de laisser reculer les cônes *hh'* autant que le demande le mouvement du levier. Le même ressort agit pour les deux cônes.

Pour le cône inférieur, le tube qui porte le ressort le comprime sur le fond au moyen du goujon *m*. Si le cône supérieur s'élève, le tube s'élève avec lui, et il comprime le ressort contre le goujon *m*, qui devient point d'appui, en s'arrêtant, par la clavette, dans le fond de la rainure.

Les viroles *d* et *o*, ainsi que la boîte *l*, sont montées avec un jeu sensible sur l'arbre du modérateur pour éviter le frottement. Le mouvement de rotation est empêché par la fourchette *m'*.

Les dents des roues coniques sont en développantes pour rester toujours bien engrenées, malgré les mouvements de l'arbre-levier *l*.

Dans les circonstances où les articulations du levier *l* ne sont pas utiles, le régulateur est simplifié par la suppression du ressort à boudin, du tube *n*, de la virole *o*, de la boîte *p*, et du support *y*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans ce cas, la tige est prolongée, et réunie par deux clavettes aux cônes hh'.

On voit, par les descriptions précédentes du modérateur à compensation de M. Farcot, du régulateur de M. E. Bourdon, et, enfin, des conditions de détente de M. Meyer, que ces trois appareils, dont les dispositions sont aussi ingénieuses que sûres dans leurs effets, ne fonctionnent que sous l'influence du régulateur à force centrifuge de Watt. C'est-à-dire que, quand une variation de vitesse est survenue, par une cause quelconque, dans la machine, les boules du régulateur, en s'écartant ou en se rapprochant, permettent une durée d'introduction de la vapeur plus ou moins longue pour ramener la machine à sa vitesse normale.

Or, il est évident que, pour l'y ramener, il faut qu'elle s'en soit écartée ; que les trois appareils ne font que remédier à un mal déjà fait, et que tout ce qu'ils peuvent faire est d'apporter ce remède le plus tôt possible pour empêcher le mal de continuer ou même de s'aggraver.

Je reconnais bien franchement que, sous ce rapport, les trois appareils atteignent parfaitement leur but, et, qu'exécutés par les mains habiles qui en font l'application, le mal est presque aussitôt réparé que produit. Mais toujours est-il vrai que, malgré ces ingénieuses dispositions, une machine à vapeur doit, surtout dans les ateliers où un grand nombre de mécanismes divers peuvent être à chaque instant embrayés ou désembrayés, prendre des vitesses très variables qui ne peuvent être ramenées à l'état normal qu'après un temps d'autant plus grand que les masses à mouvoir sont plus considérables.

D'un autre côté, on sait que, dans la plupart des ateliers mus par la vapeur, un changement de vitesse dans les machines est presque toujours accompagné d'une différence dans le travail produit. Ainsi, ce ne serait pas impunément que, dans l'alézage d'un grand cylindre, la vitesse de l'outil viendrait à varier.

Dans les filatures, on distingue facilement, surtout pour les numéros élevés, les aiguillées qui ont été étirées et tordues plus rapidement que les autres ; en un mot, la régularité absolue du travail ne pourra jamais être obtenue, dans beaucoup de cas, qu'à la condition d'une vitesse parfaitement uniforme, encore inconnue dans tous les ateliers où un moteur mécanique est employé.

En d'autres termes, un moteur quelconque étant donné, il faudrait que sa vitesse ne variât jamais, quelles que fussent d'ailleurs les variations de la force qui l'anime, ou celles des résistances qu'il peut avoir à vaincre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Or, c'est ce qui n'existe pas d'une manière absolue dans les trois mécanismes en question, les plus parfaits que je connaisse, et, vos lecteurs me permettront-ils de le dire? ce que je crois avoir réalisé dans des dispositions d'appareils fondées sur le principe d'un régulateur à gaz comprimé, que j'ai inventé en 1836. Cet appareil jouit de cette propriété remarquable, mille fois éprouvée sous toutes les formes, que, quelle que soit la pression dans le récipient, l'écoulement du fluide aériforme se fait sous une pression rigoureusement constante.

Des expériences, faites par feu Savart, ont constaté, de la manière la plus irrécusable, qu'appliqué à une *syrène*, un son de 16,000 vibrations par seconde est resté d'une constance absolue, pour des pressions qui ont varié, dans le récipient, de 60 atmosphères à 0.

Enfin, d'autres dispositions que les circonstances ne m'ont point encore permis de réaliser matériellement, me font croire à la possibilité de rendre la pression d'écoulement instantanément et rigoureusement proportionnelle aux résistances qui se trouveraient opposées à la machine.

Je vous demanderai peut-être quelque jour l'autorisation de faire connaître à vos lecteurs l'histoire *authentique* de ce régulateur, qui a fait gagner des millions aux loups cerviers de la Bourse, et ne m'a produit que des pertes.

Mais rentrons dans les salles de l'exposition.

Les détails dans lesquels je suis entré plus haut sur la question de la détente feront naturellement apprécier l'importance d'un instrument qui donnerait, à volonté, des indications précises du régime actuel de la vapeur dans le cylindre des machines, en d'autres termes, qui laisserait des traces permanentes de l'action de la vapeur pour chaque position du piston.

L'importance de semblables indications n'avait pas échappé à l'incroyable sagacité de Watt, qui avait imaginé un *indicateur* spécialement destiné à ce résultat. Mais l'instrument de Watt présentait des difficultés d'application qui en rendirent l'emploi à peu près insignifiant. Vers 1831, M. Macnaught inventa en Angleterre un instrument qui, fondé sur le même principe, offrait beaucoup plus de commodités dans son usage.

Qu'on se figure un petit corps de pompe, dans lequel se meut un piston parfaitement alézé, et placé sur le robinet à graisse d'un cylindre à vapeur. Un ressort à boudin, dont la force est convenablement déterminée, est adapté à la tige du piston qui ne peut se mouvoir sans comprimer ou sans tendre ce ressort. Autour du corps de pompe, ou à côté, est placé un cylindre vertical, mobile

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur son centre de figure, et au bas duquel est fixée une poulie. Sur cette poulie s'enroule une corde qui, passant sur une autre poulie de renvoi, va se fixer sur l'une des tringles du parallélogramme de Watt, ou après la traverse du piston de la machine. Le diamètre de la poulie fixée au bas du cylindre doit être tel, que le tirage de la corde, entraînée par l'élévation totale du piston de la machine, ne fasse pas faire un tour entier au cylindre sur lequel on enroule une feuille de papier. Il résulte de cette disposition que, si le cylindre renferme un ressort intérieur, dont l'action s'oppose au déroulement de la corde de la poulie, ou bien si celle-ci est entraînée par un contre-poids, le mouvement d'ascension et de descente du piston de la machine déterminera, pour le cylindre, un mouvement de rotation alternatif correspondant au mouvement vertical, alternatif, du piston.

Si maintenant nous supposons qu'on fixe, après la tige du petit piston, un crayon qu'on puisse, à volonté, mettre en contact avec le papier enroulé sur le cylindre, l'appareil sera prêt à fonctionner.

En effet, si on applique la pointe du crayon contre le papier, sans admettre la vapeur dans le petit corps de pompe, cette pointe tracera, sur le papier, une ligne droite autour du cylindre, parce que le petit piston est alors, dans le corps de pompe, au point où son ressort est dans l'état d'équilibre, c'est-à-dire ni comprimé ni distendu. La ligne que le crayon tracera dans cette position s'appelle la *ligne atmosphérique*, parce que, dans ce moment, le petit piston n'éprouve d'action que de la part de l'atmosphère extérieure.

Mais, si l'on introduit la vapeur sous ce petit piston, en ouvrant le robinet qui fait communiquer son corps de pompe avec le haut du cylindre de la machine, tout se passera, dans ce petit corps de pompe, comme dans le grand. Supposons, par exemple, que cette communication s'établisse au moment où le grand piston, recevant la vapeur par dessus, va commencer sa course descendante: la vapeur, admise sous le petit piston, le soulève rapidement, le maintient, pendant toute la durée de son admission, à une hauteur proportionnelle à sa tension, et mesurée par la compression du ressort à boudin, d'où résulte, sur le papier, une ligne droite, horizontale, produite par le mouvement du cylindre dans le sens déterminé par la descente du grand piston. Mais, si la machine est à détente, lorsque la vapeur cesse d'arriver, sa tension diminue graduellement sous le petit piston comme sur le grand; le petit piston s'abaisse proportionnellement, et la ligne tracée sur le papier, au lieu de rester horizontale, s'abaisse dans le même rapport, pour regagner la ligne atmosphérique au-dessous de laquelle elle descend presque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toujours, parce que, dans la plupart des machines, la vapeur commence à s'échapper avant que le piston soit arrivé à l'extrémité de sa course, d'où résulte, sous le petit piston, comme sur le grand, une pression moindre que celle de l'atmosphère qui, devenant prépondérante sur le petit piston, le force à s'abaisser au-dessous de la ligne atmosphérique.

Lorsque le grand piston a atteint le point extrême de sa course descendante, et qu'il commence à remonter, le mouvement du cylindre, sur lequel le papier est enroulé, change de direction, et le crayon trace sur le papier, et sous la première, une autre ligne qui continue à descendre tant que le vide dû à la condensation ou à la sortie de vapeur n'a pas atteint son maximum; après quoi, la ligne qu'il trace devient horizontale et parallèle à la première.

Enfin, lorsque la réadmission de la vapeur a lieu sur le grand piston, le petit est chassé de nouveau jusqu'à la ligne supérieure, où il recommence à tracer la même figure, si le régime de la vapeur est resté le même pour cette seconde introduction sur le grand piston.

Telle est la disposition générale de l'appareil de M. Macnaught, qui, dans la brochure publiée par lui en 1831, me paraît en avoir un peu exagéré l'utilité, d'ailleurs incontestable.

Au moyen de cet appareil, suivant M. Macnaught, le propriétaire d'une machine à vapeur peut, en une minute, constater la condition dans laquelle travaille sa machine; il peut découvrir les négligences de son machiniste, déterminer la portion de force employée à vaincre les frottements ou à mouvoir les diverses parties de ses mécanismes; s'il loue de la force, il peut mesurer, en tout temps, la quantité prise par son locataire; il peut déterminer l'influence des différentes espèces d'huile sur l'intensité des frottements, et choisir les meilleures. Il peut déterminer la dépense de vapeur correspondante à des températures diverses de l'eau d'alimentation, et comparer l'économie qui résulte de l'emploi de l'eau froide avec la dépense nécessaire pour se la procurer. En définitive, cet instrument lui permet, non seulement de trouver le moyen le plus convenable de faire travailler sa machine, mais encore de mesurer la dépense, et de régler, à volonté, la distribution de sa force.

Voici comment M. Macnaught indique les moyens de faire servir la figure tracée par le crayon aux divers buts énoncés plus haut.

Quand le diagramme est tracé, on enlève la feuille de papier, et on divise la figure par des lignes équidistantes perpendiculaires à la ligne atmosphérique; on prend la longueur des coordonnées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moyennes dans chaque division à l'échelle de l'instrument, on en fait la somme, on la divise par le nombre des parties fermées dans la figure, et on obtient la pression moyenne d'après laquelle, connaissant la surface du grand et du petit piston, on peut calculer la force développée par la machine pendant le tracé de la figure.

Si l'on fait marcher la machine à vide, le diagramme tracé permettra de calculer la force absorbée par les seuls frottements de ses parties. On pourra mesurer de même le frottement des diverses parties des mécanismes que la machine fait mouvoir, la quantité de force employée par un locataire seul, etc., etc.

Sans accepter aveuglément toutes les propriétés que M. Macnaught attribue à son appareil, il a évidemment l'avantage de constater les conditions dans lesquelles fonctionne la machine, en indiquant le déréglement de la distribution de la vapeur, l'état du piston, et la somme des forces perdues par des déréglements qui, sans cet instrument, resteraient inaperçus.

Depuis son invention, MM. Combes et A. Morin y ont fait des modifications notables. Mais les plus importantes y ont été apportées par M. Paul Garnier (1), que j'aurai plus d'une fois à signaler à vos lecteurs comme l'un de nos plus habiles horlogers.

Dans l'instrument anglais, dont le prix est très élevé, un seul ressort, agissant par compression et par extension, se détériore rapidement, et n'offre plus, au bout de quelque temps de service, que des indications sans précision. M. Garnier y a substitué deux ressorts agissant toujours par compression ; l'un servant pour les positions du piston au-dessus de la ligne atmosphérique, l'autre pour ses positions au-dessous (2).

Les difficultés que l'on éprouve, lorsque la machine fonctionne, pour changer le papier où se tracent les figures représentant le régime de la vapeur, ont engagé M. Garnier à employer deux cylindres, sur lesquels s'enroule une longue bande de papier qui peut recevoir un certain nombre de figures successives avant de la changer ; de sorte qu'on peut comparer commodément des séries d'observations faites successivement, ou à des intervalles de temps quelconque.

Malgré d'autres améliorations de détail qui donnent aux fonctions de l'appareil la plus complète certitude, l'instrument construit par M. Garnier est d'un prix moitié moindre que celui de l'instrument

(1) Médaille d'or.

(2) Leur échelle est déterminée par les mêmes procédés que celle des pesons à ressorts, et varie avec la force du ressort employé sur le petit piston.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

anglais. Déjà les indicateurs de M. Garnier ont trouvé place chez un certain nombre de constructeurs. Je pense qu'il ne tardera pas à être considéré comme un accessoire indispensable de toutes les machines à vapeur, ainsi qu'un *compteur à horloge* simultanée, du même artiste, dont je vais essayer une description sommaire, et dont j'emprunte la plus grande partie à un rapport fait par M. Combes à la Société d'encouragement.

Ce compteur sert à enregistrer à la fois le nombre de coups de piston d'une machine à vapeur, ou, plus généralement, le nombre de périodes de mouvement d'une machine quelconque, et la durée totale du jeu de la machine.

L'appareil se compose d'un compteur et d'une horloge qui peuvent être, à volonté, mis en rapport, de manière que la seconde s'arrête lorsque le premier cesse de marcher.

Le compteur, en lui-même, a beaucoup d'analogie avec les compteurs appliqués depuis longtemps aux machines à vapeur ou autres pour enregistrer le nombre des périodes de mouvement, avec cette différence cependant qu'au lieu d'indiquer les nombres par la position variée de diverses aiguilles, ces nombres s'y lisent directement sans aucun tâtonnement. Il se compose de six cadrans mobiles, dont chacun porte les chiffres 1, 2, 3, etc., jusqu'à 9. Le premier cadran, à droite, marque les unités simples; le dernier, les centaines de mille; de sorte que l'instrument peut accuser jusqu'à 999,999 périodes de mouvement. Ces cadrans sont appliqués contre la face interne de la boîte de l'instrument : celle-ci est percée de six trous correspondant aux six cadrans. Tous les cadrans étant amenés, à l'origine, dans une position telle que le zéro de chacun d'eux soit vis-à-vis du trou correspondant de la plaque, le nombre total des périodes de mouvement se trouve écrit à chaque instant, suivant les principes ordinaires de la numération décimale, et exprimé par l'ensemble des chiffres que les ouvertures de la plaque laissent apercevoir, les zéros qui sont à gauche des chiffres significatifs n'ayant aucune valeur.

L'horloge est placée dans la même boîte que le compteur et à sa droite; elle est à ressort, à balancier circulaire, et pourvue d'un échappement à repos, inventé par M. Garnier, en 1830, et dont j'entretiendrai plus particulièrement vos lecteurs quand je traiterai de l'horlogerie.

La communication, entre le premier mobile à droite du compteur et l'horloge, est établie, à volonté, au moyen d'un petit râteau qui tombe en vertu de son poids, et dont les dents viennent s'engager

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans celles d'une roue montée sur l'axe de la roue de champ. Cette roue est folle sur son axe ; mais, au moyen d'un appareil très léger, construit sur le principe de l'encliquetage Dobo, elle ne peut prendre un mouvement de rotation sur son axe que dans un seul sens, qui est précisément opposé à celui dans lequel le poids du râteau tend à la faire tourner.

Lorsque les dents du râteau viennent s'engager dans celles de la roue, celle-ci se trouve fixée sur son axe par l'encliquetage, et entraine le râteau. L'axe sur lequel celui-ci est monté porte un bras qui, dans ce mouvement, se rapproche du balancier, et vient finalement s'appliquer contre le cercle de ce balancier, ce qui arrête son mouvement et celui de l'horloge.

On voit qu'il s'écoule une certaine durée entre le moment où les dents du râteau s'engagent dans celles de la roue, et celui où l'horloge s'arrête. Cette durée varie depuis deux secondes jusqu'à douze, suivant la distance initiale du bras au cercle du balancier, à l'instant où le râteau se met en prise avec la roue. Or, cette distance peut être réglée à volonté par le mécanisme, au moyen duquel on met en relation le râteau et l'horloge. En établissant cette relation, on règle la durée dont on vient de parler, de façon qu'elle soit plus longue que la durée maximum d'une période de mouvement de la machine à laquelle le compteur est appliqué.

Or, chaque fois que le cadran des unités du compteur tourne d'une division sur son axe, un petit mécanisme relève le râteau : ce relèvement ayant lieu avant que le bras soit venu s'appliquer contre le cercle du balancier, l'horloge continue à marcher, comme si elle était indépendante du compteur, tant que celui-ci marche ; mais, si celui-ci s'arrête, l'horloge s'arrêtera également après une durée égale à celle d'une période de mouvement de la machine.

Le nombre de révolutions complètes de l'aiguille des heures de l'horloge est totalisé par une aiguille mobile devant un second cadran. L'appareil enregistrera donc à la fois la durée effective de la marche d'une machine et le nombre de périodes de mouvement pendant cette durée.

Le compteur à horloge de M. Garnier a déjà reçu de nombreuses et utiles applications, dont la première a été faite sur la locomotive à détente variable la *Mulhouse*, de M. J.-J. Meyer, lors des expériences auxquelles cette machine fut soumise par ordre du ministre des travaux publics, et qui eurent lieu à la fin de novembre dernier. Il a depuis été appliqué à d'autres locomotives sur le chemin d'Orléans pour concourir à l'appréciation pratique qu'une commission est chargée d'en faire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En effet, cet ingénieux instrument donne le nombre de tours de roues, et par conséquent l'espace parcouru par leur circonférence. Il constate aussi la différence entre cet espace et la distance réellement parcourue par les machines, différence dont on déduit le glissement. Il détermine encore le travail qui a lieu dans les gares pour le service, et pour l'alimentation des machines.

Avec l'horloge simultanée, le compteur constate le nombre de tours et le temps pendant lequel la machine a fonctionné.

A l'arrivée d'un convoi, dont l'heure de départ a été notée sur la feuille du conducteur, l'instrument indique : par l'horloge, le temps pendant lequel la machine a fonctionné; par le compteur, l'espace parcouru par les roues.

La différence avec le total du trajet donne la durée totale du temps d'arrêt aux stations intermédiaires, et fait connaître la vitesse moyenne du train.

On conçoit, tout d'abord, que ce sont là d'utiles indications pour la régularisation du service sur les lignes de longue étendue.

Le compteur à horloge permet de comparer, en tout temps, le combustible fourni à une machine avec l'espace qu'elle a parcouru, et son temps total de travail.

Pour les bâtiments à vapeur, le compteur à horloge indique le nombre de tours et l'espace parcouru par les aubes dans un temps donné, ainsi que le temps du travail de la machine.

Les variations d'effets de la machine causées par un courant, ou par un tirant d'eau différent, sont aussi indiquées par lui.

Le temps dépensé aux stations, et le temps que le bâtiment a marché à la voile, sont indiqués par l'horloge, qui donne ainsi la différence entre le temps total de marche de la machine et celui du trajet.

Par rapport à la distance parcourue par le bâtiment, il donne la vitesse des aubes, et permet la comparaison avec celle du navire; par rapport à la dépense de vapeur, il donne le nombre des cylindrées; par rapport à la consommation du combustible, il donne la dépense par heure de travail réel par cylindrée ou tour de roues; par rapport au travail de la vapeur, s'il est accompagné d'un indicateur, le compteur donnera la quantité d'eau vaporisée déduite du poids spécifique de la vapeur, à la pression indiquée dans le cylindre.

L'instrument, mis en communication avec le plongeur, donnera le volume d'eau entré dans la chaudière dans un temps donné, et permettra de comparer ce volume d'eau avec la vapeur fournie aux cylindres, d'où l'on pourra déduire la proportion du mélange d'eau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans cette vapeur, et vérifier s'il n'y a pas de fuite de vapeur ou d'eau dans la chaudière.

Pour les machines fixes, l'instrument donnera les mêmes indications, par rapport à la consommation du combustible, à l'emploi de la vapeur, au temps du travail, etc.

Dans chaque emploi spécial, le compteur donnera la somme du travail de la machine par rapport aux produits.

Pour les machines d'épuisement ou d'élévation d'eau, le volume fourni étant connu, on aura le nombre des coups de piston ; et la comparaison du travail, par rapport au temps, indiquera les variations survenues dans l'état des appareils.

Pour les moulins, la comparaison de la quantité de mouture, avec la vitesse des meules, déterminée par un nombre de tours dans un temps donné, et l'indication de différentes consommations.

Pour les extractions, les laminoirs, la filature, etc., les données relatives à la consommation, et au travail de la machine, pourront toujours être comparées avec le travail effectué.

Le compteur à horloge préviendra les difficultés trop fréquentes qui s'élèvent à propos des locations de force motrice qui ont lieu dans les grands centres d'industrie. En effet, le compteur indiquant avec une incontestable précision, d'une part, la quantité des révolutions de la machine, et, de l'autre, la durée du temps pendant lequel elle a fonctionné, le propriétaire et le locataire trouveront, dans son emploi, une garantie réciproque qui rendra impossible toute équivoque, toute contestation plausible.

MM. Schneider, du Creuzot, en ont fait la première application sur les bâtiments transatlantiques, et en ont adopté l'usage dans leurs ateliers. Ils peuvent aujourd'hui se rendre un compte exact du travail et du produit des différentes machines sur lesquelles l'instrument fonctionne.

L'administration des tabacs l'a également appliquée aux manufactures du Havre et du Gros-Caillou.

Les appareils de sûreté contre l'explosion des chaudières se présentaient en foule à l'exposition. Bon nombre d'entre eux n'offraient que la répétition plus ou moins déguisée d'appareils connus depuis longtemps.

Je me bornerai à signaler ici ceux sur lesquels l'expérience paraît avoir prononcé, et qu'il m'a été possible d'étudier avec quelque soin.

Je placerai à leur tête ceux de M. Chaussenot aîné (1), parce

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que, depuis 1837, ils ont constamment fonctionné avec une précision et une facilité qui résultent évidemment de la bonté des principes qui ont présidé à leur exécution, et qu'ils me paraissent offrir une complète garantie de sécurité.

Une première condition, appliquée par M. Chaussenot à ses appareils de sûreté, consiste à donner une certaine longueur à l'axe de rotation des leviers qu'il emploie, et à faire pivoter cet axe entre deux pointes.

Cette condition présente le double avantage de donner au levier la plus grande mobilité possible, et d'empêcher en même temps tout mouvement autre qu'un mouvement de rotation autour de cet axe.

Les points de jonction entre la soupape de sûreté et son siége forment un espace annulaire d'un millimètre au plus de largeur, d'où résulte l'impossibilité d'aucune adhérence entre le siége et la soupape.

La forme de la soupape est telle que son contact, avec le levier qui la presse contre le siége, est sur le même plan horizontal que la surface de jonction entre elle et le siége et le centre de rotation du levier.

Il résulte de ces diverses dispositions que la soupape est toujours soulevée verticalement, et ne peut se déplacer, ni à droite, ni à gauche, lorsqu'elle retombe sur son siége, avec lequel sa jonction reste toujours hermétique. Ces mouvements s'opèrent sans aucune espèce de guide, de sorte que la vapeur s'échappe avec une entière liberté au plus petit soulèvement de la soupape, qui, comme nous l'avons vu, est douée d'une extrême mobilité.

A sa soupape de sûreté, M. Chaussenot avait joint un *flotteur avertisseur* ou *d'alarme*, dont les conditions reposent sur les principes précédemment énoncés.

A l'extrémité d'un très long levier, dont l'axe de rotation, également très long, est mobile entre deux pointes, est suspendu un flotteur métallique très fort, qui maintient appuyée contre son siége une soupape semblable à celle que j'ai décrite plus haut, tant que le niveau de l'eau dans la chaudière est au-dessus d'un *minimum* déterminé d'avance. Mais, quand le niveau s'abaisse jusqu'à la ligne correspondant au point où le flotteur se trouve en équilibre avec le volume d'eau qu'il déplace, il suit la progression de cet abaissement, et la vapeur commence à se diriger par la soupape dans le sifflet qui se trouve au-dessus d'elle, et produit un bruit d'autant plus intense que le niveau s'abaisse davantage, en préve-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nant au loin qu'il a dépassé les limites dans lesquelles il devait être maintenu.

Cet effet ayant lieu avant que le niveau soit arrivé à sa limite extrême, c'est-à-dire à la ligne des carneaux où circule la flamme, doit nécessairement faire éviter tous les accidents dus à l'abaissement du niveau.

La soupape de sûreté contre l'excès de tension progressif de la vapeur, et le flotteur avertisseur ou d'alarme, peuvent être séparés l'un de l'autre. Mais M. Chaussenot a cru devoir les réunir pour les chaudières fixes, de manière à ne former qu'un seul et même appareil, bien que la soupape et le flotteur continuent de rester dans une entière indépendance.

M. Chaussenot a également inventé un *flotteur indicateur* du niveau de l'eau, qui, par son extrême mobilité, due également à l'emploi d'un grand axe de rotation pour le levier, fait voir constamment au-dehors de la chaudière les plus petits changements qui s'opèrent à la surface du liquide.

Ces indications sont données sur un tableau, au moyen d'un fil métallique articulé au levier du flotteur, et qui, passant dans une boite à étoupes, n'y éprouve qu'une résistance insensible, due à la petitesse des surfaces de frottement, bien que la boîte soit serrée de manière à ne laisser sortir aucune portion de vapeur.

La mobilité de cet appareil est telle que les plus petits mouvements ou oscillations de l'eau, déterminés par l'ébullition du liquide, sont rigoureusement reproduits au-dehors, et mesurés par l'indicateur sur le tableau, qui, dans ce but, porte des divisions avec un *maximum* et un *minimum* de niveau. Ce tableau est élevé au-dessus de la chaudière, de manière que les chauffeurs puissent, sans quitter leur poste habituel auprès du fourneau, voir, à chaque instant, la hauteur du niveau.

On sait que les ordonnances actuellement en vigueur exigent sur chaque chaudière deux soupapes de sûreté, dont l'une est constamment sous clef. M. Chaussenot a remplacé la seconde soupape par deux soupapes plus petites, mais ayant entre elles la même section d'écoulement que la soupape mise sous clef.

Ces soupapes sont chargées de manière à se soulever avant celle renfermée dans la boite. L'écoulement de la vapeur résultant de ce soulèvement, et qui suffit au service ordinaire des chaudières, fait éviter toute élasticité dangereuse, et avertit, en même temps, que la tension est arrivée près de sa limite extrême. Si ces soupapes venaient à être surchargées volontairement, cette surcharge ne serait nullement à redouter; car la soupape indépendante, et à l'abri

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de toute atteinte, laisserait immédiatement s'échapper la vapeur qui dépasserait le *maximum* de tension déterminé.

L'aire de l'orifice d'écoulement des petites soupapes, prises séparément, étant moins considérable que celui d'une soupape unique conforme aux règlements, leur soulèvement à la main ne saurait produire une dépression capable de faire changer notablement l'état habituel du niveau de l'eau dans les chaudières. Cet effet est d'autant moins possible que la distance à laquelle elles peuvent s'éloigner de leur siége est limitée par un arrêt que rencontre leur levier, disposition qui les garantit, en même temps, d'être renversées soit volontairement, soit accidentellement.

Une ordonnance impériale du 13 novembre 1842 a prescrit en Russie l'emploi des appareils de sûreté de M. Chaussenot, ou ceux de M. Galy-Cazalat. Bien que ces derniers ne figurassent pas à l'exposition, ils présentent des dispositions assez ingénieuses pour que je ne résiste pas au désir d'en faire connaître une partie à vos lecteurs.

La chaudière est traversée, d'outre en outre, par un tube vertical, dont le diamètre est proportionnel aux dimensions de cette chaudière. L'extrémité inférieure de ce tube est terminée par un cône tronqué, où vient se loger un bouchon de métal fusible, également conique, dont la petite section est en contact immédiat avec la flamme du foyer dans sa portion la plus active. Au-dessus du niveau de l'eau, dans la chaudière, le tube est percé de quelques fentes, dont l'aire égale au moins celui de la petite section du cône creux qui termine inférieurement le tube. Enfin, ce même tube, à son extrémité supérieure, en dehors de la chaudière, porte un robinet, dans la clef duquel est pratiquée une cavité qui reçoit un autre bouchon conique en métal fusible.

Les choses étant en cet état, si l'activité du foyer devient telle qu'il élève la température du bouchon conique au point de le faire fondre, la vapeur, pénétrant dans le tube par les fentes pratiquées au-dessus du niveau de l'eau, s'élance dans le foyer avec un sifflement aigu, et ne tarde pas à diminuer notablement l'activité de la combustion, cause de la fusion du bouchon. Le chauffeur, averti par le sifflement, n'a qu'à tourner la clef du robinet, dont le bouchon tombe dans le tube où la vapeur le précipite contre le cône creux avec une violence qui lui en fait parfaitement épouser toutes les formes et fermer hermétiquement tout passage à la vapeur.

Cette disposition me paraît infiniment préférable à l'emploi des rondelles fusibles ordinaires, qui exigent beaucoup de temps pour les remplacer, quand elles fondent : ce qui détermine un chômage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

forcé dans les ateliers ; et, sur les bateaux à vapeur, peut fréquemment compromettre le salut du navire, privé de toute force motrice pendant le temps nécessaire au remplacement de la rondelle fondue. Avec l'appareil de M. Galy-Cazalat, un tour de clef suffit pour rétablir tout dans l'état normal, sans arrêter aucunement l'action de la machine.

Ajoutons que ce même appareil, outre l'enlèvement de la vapeur surabondante, détruit immédiatement la cause du mal en diminuant, sans éteindre le feu, l'activité de la combustion.

Un appareil, ayant le même but, était exposé par M. de Maupeou. Il reposait sur les principes suivants :

Toutes choses égales d'ailleurs, la ténacité du plomb est un 85e de celle du fer. Une plaque de plomb, de 15 centim. de diamètre sur 2/10 de millim. d'épaisseur, soumise à une demi-atmosphère de pression, s'étire en demi-sphère, et finit par s'ouvrir en laissant s'écouler la vapeur. Une plaque, du même diamètre sur 32/10 de millimètres d'épaisseur, se comporte de la même manière sous sept atmosphères de pression. Des épaisseurs intermédiaires donneront les mêmes résultats pour des pressions également intermédiaires.

M. de Maupeou place, en conséquence, des rondelles de plomb, d'un diamètre et d'une épaisseur en rapport avec la pression *maximum* que la chaudière devra supporter sur une espèce de coupe, dont le fond communique avec l'intérieur de la chaudière, au moyen d'un tube muni d'un robinet.

Si un excès de tension fait crever la rondelle de plomb, le chauffeur, averti par le sifflement de la vapeur, ferme le robinet, et, sans arrêter la machine, remplace la rondelle crevée.

M. de Maupeou exposait également un flotteur-avertisseur, composé d'une lentille flottante surmontée d'une tige guidée, dont l'extrémité supérieure, faisant soupape, s'applique contre une ouverture convenable, pratiquée dans la paroi supérieure de la chaudière. Tant que l'eau n'est pas descendue au-dessous du niveau *minimum*, la pression qu'elle exerce de bas en haut sur la lentille tient la soupape appliquée contre l'ouverture ; mais, quand le niveau est dépassé, la lentille s'abaisse avec lui, et débouche l'ouverture qui laisse passer la vapeur dans un sifflet d'alarme qui avertit, avant que le danger soit imminent, le chauffeur de la nécessité de rétablir le niveau de l'eau dans la chaudière.

MM. Sorel et Cordier-Lalande exposaient également des appareils de sûreté, autres appendices des machines à vapeur. Mais leur note, trop tardivement remise, ne m'a pas permis d'en vérifier toutes les assertions. Je puis, toutefois, sans craindre d'être démenti

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par l'expérience, donner des éloges sans restriction à l'appareil qu'ils nomment *dégage-grille*, et qui se compose d'un levier articulé à une petite bielle fixée au-devant du foyer, sous la grille duquel le levier se prolonge, et porte une série de lames que son mouvement, déterminé au dehors par la main du chauffeur, introduit entre les barreaux de la grille, pour y soulever le combustible, et livrer à l'air les passages obstrués par le ramollissement de la houille. Cet appareil doit évidemment activer la combustion d'une manière notable, et déterminer une vaporisation beaucoup plus rapide. M. Sorel annonce qu'il peut doubler, par ce dispositif, la production de vapeur dans un générateur; qu'il peut, dans beaucoup de cas, remplacer les machines soufflantes; permettre de supprimer, dans les locomotives, le tuyau d'échappement de vapeur qui absorberait, d'après l'évaluation de plusieurs ingénieurs, une quantité de travail égal à la force de 15 chevaux. Il pense encore que cette application permettra de diminuer le poids et les dimensions des générateurs à bord des bateaux à vapeur.

Des essais de cet appareil ont été ordonnés, dans plusieurs ports de l'État, par le ministre de la marine.

La note de M. Sorel contient l'indication d'un régulateur modérateur qui aurait cette propriété, que les boules du régulateur de Watt, après avoir déterminé une position de la valve d'entrée de la vapeur, en rapport avec la vitesse normale de la machine, peuvent reprendre leur position sans déranger la valve, de manière à maintenir constante la vitesse de la machine, nonobstant les variations de la pression et celles de la résistance.

J'y trouve également que M. Sorel serait le premier qui ait songé à employer le sifflet des locomotives pour avertir de l'abaissement du niveau de l'eau dans les chaudières à vapeur. Le temps me manque pour vérifier les droits de M. Sorel à cette application importante, aujourd'hui prescrite par l'ordonnance du 22 mai 1843.

Cette note comporte, en outre, l'application de soupapes à surfaces croissantes, c'est-à-dire disposées de manière qu'après un premier soulèvement, la vapeur agit sur une surface plus grande, et assure ainsi son effet d'une manière plus complète. Le dessin de cette soupape, que m'a fait voir M. Sorel, rend très probable l'utilité de cette condition, qui a, en outre, cela de remarquable que la surface de contact, entre la soupape et son siége, n'en est pas augmentée.

Une autre soupape, en donnant l'éveil, a la propriété de fermer le registre de la cheminée pour diminuer l'activité de la combustion.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une autre disposition m'a paru également remarquable. Elle consiste en un levier portant deux flotteurs. L'abaissement de l'un, par la diminution de l'eau dans la chaudière, produit, comme à l'ordinaire, l'ouverture d'une soupape à sifflet; l'autre flotteur, soulevé quand l'eau est au-dessus de son niveau normal, détermine également l'ouverture d'une soupape à sifflet.

Une autre disposition manque d'actualité, aujourd'hui que les rondelles fusibles ne sont plus exigées sur les chaudières. Elle consiste en une espèce de robinet à deux entrées sur chacune desquelles est une rondelle fusible. La position de la clef ne permettant l'arrivée de la vapeur que contre une seule, si celle-ci vient à fondre, il suffit de faire faire un quart de tour au robinet pour faire servir la seconde, pendant qu'on remplace la première. Nous avons vu plus haut que les conditions, bien antérieures, de M. Galy-Cazalat atteignent le mêmebut.

On sait que, dans les locomotives surtout, l'arrivée de la vapeur dans le cylindre est fréquemment accompagnée d'eau liquide. M. Sorel a imaginé une disposition pour vaporiser cette eau avant son introduction dans le cylindre. Elle consiste à faire passer un tuyau, partant de la chambre à vapeur, dans un des carneaux du foyer, pour y suréchauffer la vapeur, qui, se mélangeant ensuite à l'eau entraînée dans le tiroir de distribution, y détermine sa transformation en vapeur. M. Sorel annonce que des expériences faites, avec cet appareil, sur une machine fixe de 6 chevaux, ont produit une économie de combustible de 18 p. c. Il pense que son application aux locomotives et aux bateaux produira une économie plus considérable encore.

Un appendice indispensable à toutes les machines à vapeur est le *manomètre*, ou l'indicateur de la pression intérieure qu'éprouve à chaque instant la chaudière. Les ordonnances administratives sur la matière en exigent impérieusement l'application, et l'intérêt bien entendu du propriétaire d'une machine est de pouvoir connaître à chaque instant sous quelle pression cette machine travaille.

De nombreuses dispositions ont été imaginées pour donner à cet instrument, soit des formes plus simples ou plus commodes, soit plus de précision et de certitude dans la marche. Elles peuvent se résumer dans l'exposé des principes suivants.

Si on applique à la chaudière un siphon renversé, dans les branches duquel on a introduit une certaine quantité de mercure, la pression exercée dans la chaudière se fera sentir sur le mercure de la branche en communication directe avec elle; le mercure s'abaissera dans cette branche, et s'élèvera dans l'autre: et la différence

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre les deux niveaux mesurera la pression dans la chaudière. La dénivellation de 76 centim. correspond à une atmosphère de pression dans la chaudière; et on compte autant d'atmosphères de pression que la dénivellation comporte de fois 76 centim.

Le second principe est l'application d'une loi découverte par Mariotte, et en vertu de laquelle le volume des gaz est en raison inverse de la pression qu'ils supportent.

Dans cette application, la seconde branche du siphon est fermée au lieu d'être ouverte comme dans le premier cas. Lorsque aucune pression ne s'exerce dans la chaudière, et que le mercure est au même niveau dans les deux branches, le volume de l'air renfermé dans la seconde est celui qu'il doit à la pression atmosphérique seule, et le manomètre est dit *à zéro*. Mais, si on développe de la vapeur dans la chaudière, lorsque la pression équivaudra à une atmosphère, le mercure dans la branche fermée se sera élevé à moitié de la hauteur précédemment remplie d'air de cette branche, et le volume de cet air sera réduit à moitié; si la pression s'élève à deux atmosphères, le volume de l'air renfermé sera réduit à un tiers, puis au quart, au cinquième, etc., etc., si la pression dans la chaudière s'élève à trois, quatre, etc., atmospheres.

On voit que, dans ce cas, la pression ne se mesure plus par la différence du niveau dans les deux branches, mais par la réduction du volume de l'air renfermé, réduction mesurée au moyen d'une échelle empiriquement tracée sur le tube de verre de la seconde branche. On voit aussi que cette forme de manomètre présente l'avantage de pouvoir s'exécuter dans de très petites dimensions, même pour mesurer des pressions élevées, tandis que la première espèce de manomètres, dits *manomètres à air libre*, exige une hauteur considérable, aussitôt qu'on veut lui faire mesurer cinq à six atmosphères de pression. C'est aussi au *manomètre à air comprimé* que les propriétaires de machines à vapeur donnaient généralement la préférence, avant qu'une ordonnance récente prescrivit impérieusement l'emploi des manomètres à air libre.

La proscription des manomètres à air comprimé a dû être motivée par plusieurs inconvénients, dont voici les principaux :

Presque toujours, dans les fluctuations du mercure, une certaine quantité de vapeur passe dans la branche fermée, et vient s'y condenser en partie, en entraînant avec elle une portion de l'huile qui résulte de la lubrification du piston, et qui a passé dans la chaudière quand la pompe alimentaire y renvoie l'eau de condensation. Le tube de verre ne tarde pas à se salir, et les indications du mer-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cure ne sont plus si facilement appréciables que lorsque l'instrument est dans sa nouveauté.

D'un autre côté, la rupture du verre, qui est très fréquente sous les alternatives de pressions et de températures très différentes, devenait la source de dépenses souvent répétées, auxquelles les propriétaires se soustrayaient en ne remplaçant pas le manomètre cassé; enfin la tension de la vapeur mélangée à l'air dans la branche fermée diminuait quelquefois d'une manière notable la précision des indications données par l'instrument.

Ces inconvénients n'existent pas dans les manomètres à air libre, qui se composent ordinairement d'un grand tube de fer, recourbé en siphon renversé, et dans la branche ouverte duquel descend un flotteur suspendu à un fil passant sur une poulie, terminé inférieurement par un index formant contre-poids, et qui se promène devant une échelle verticale suivant l'élévation ou l'abaissement du flotteur qui suit les oscillations du mercure.

On a quelquefois fait ces manomètres entièrement en verre; mais leur fragilité en a fait rejeter l'emploi.

Toutefois le manomètre à flotteur n'est pas exempt de graves inconvénients. Plusieurs causes physiques ou même chimiques rendent inconstante l'immersion du flotteur, d'où résultent des indications inexactes de l'index sur l'échelle.

Le fil de suspension du flotteur et de l'index peut varier de longueur sous les influences atmosphériques, en raison de ses propriétés hygrométriques.

La destruction inévitable de ce fil sous les mêmes influences en exige le remplacement fréquent. Un nouveau fil peut ne pas avoir la longueur exacte de l'ancien; ses propriétés hygrométriques peuvent être différentes; et enfin si, par accident, une portion du mercure a été enlevée, rien n'indique si elle a été exactement remplacée.

Toutes ces considérations ont engagé M. Desbordes (1), habile constructeur d'instruments de précision, à exécuter des manomètres qui, rentrant dans les conditions de l'ordonnance, fussent cependant exempts des imperfections que je viens de signaler plus haut.

L'instrument se compose d'un tube en fer formant siphon renversé et fortement renflé dans son extrémité la plus voisine de la chaudière. La portion de la branche ouverte qui se trouve vis-à-vis ce renflement est formée d'un tube de verre, dont le diamètre est

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de beaucoup plus grand que celui du tube en fer. A son extrémité supérieure est adapté un autre petit tube, qui, en se recourbant de bas en haut, plonge son extrémité dans un cylindre de métal destiné à recevoir le mercure qui pourrait être projeté par une action trop grande de la vapeur. Un robinet, placé au bas de ce cylindre, permet d'y reprendre ce mercure pour rétablir l'instrument dans son état normal. On remplit le tube de mercure, jusqu'à ce que ce liquide effleure le zéro de l'échelle empiriquement tracée sur la planchette qui porte l'instrument, et cette condition, rétablie toutes les fois qu'un accident l'a fait disparaître, rétablit, avec la plus entière certitude, la fidélité des indications.

Si l'on s'est bien pénétré de la courte description que je viens de donner de cet instrument, on verra que le diamètre du tube de verre étant beaucoup plus grand que celui du tube de fer, le mercure descend beaucoup plus rapidement dans celui-ci qu'il ne monte dans celui-là; que si, par exemple, la section du tube de verre est dix fois plus grande que celle du tube de fer, un dénivellement de 76 centimètres ou d'une atmosphère ne fera monter le mercure que d'un vingtième, ou de 38 millimètres dans le tube de verre, tandis qu'il se sera abaissé de 722 millimètres dans le tube de fer. Cette condition permet donc de réduire considérablement l'échelle de l'instrument.

Le renflement du tube de fer, dans son extrémité voisine de la chaudière, a pour but d'y recevoir le mercure, lorsque, par une circonstance fortuite, le vide se fait dans la chaudière, et que le mercure est poussé de ce côté par la pression atmosphérique. Il en résulte qu'il ne peut pas être projeté jusque dans la chaudière, et que l'instrument reste en état de marcher après cet accident.

Le même constructeur exposait aussi un très petit manomètre à air libre, de l'invention de M. Galy-Cazalat, dont je vous ai signalé plus haut l'ingénieux moyen de sûreté contre les explosions. Il consiste en principe dans l'emploi d'un tube de verre d'environ 40 cent., débouchant inférieurement dans une capacité remplie de mercure et dont la base élastique offre une grande surface comparée à la section du tube, dans lequel, pour une pression donnée, le mercure s'élève à une hauteur proportionnelle à la différence des deux sections.

J'ai encore à vous signaler un manomètre à air libre exposé par M. Richard, de Lyon, que je vous ai déjà fait connaître à l'occasion de son ingénieux battant brocheur.

Ce manomètre, construit sur le principe du baromètre raccourci de Huygens, se compose d'une série plus ou moins nombreuse de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tubes verticaux en verre, communiquant les uns avec les autres par leurs extrémités, de manière à former un certain nombre de siphons renversés, alternativement réunis par leurs extrémités supérieures. Le coude inférieur de chaque siphon contient une certaine quantité de mercure, surmonté par de l'alcool coloré qui remplit exactement le reste de l'appareil, sans aucune interposition d'air ou d'un gaz quelconque, de manière à former une parfaite continuité de liquide. De sorte que le mercure de l'une des branches ne peut se déniveler sans amener le dénivellement du mercure dans toutes les autres branches, poussé qu'il est par l'alcool interposé entre toutes les portions de mercure. Ces conditions bien comprises, on se rendra compte comment la pression de la vapeur, agissant sur le mercure de la première branche, celui-ci s'y abaissera, pour remonter dans la branche suivante ; mais son ascension ne pourra y avoir lieu qu'autant qu'il chassera devant lui l'alcool qui le surmonte, et qui, passant par le coude supérieur, repose également sur le mercure de la première branche du second siphon. Là, le mercure se trouvera encore déprimé, puis relevé dans la branche voisine, et ainsi de suite jusqu'au dernier siphon.

Or, il est évident, d'abord, que tous ces dénivellements sont égaux entre eux, et que leur somme représente la pression exercée sur le mercure du premier siphon. Il suffira donc, pour la mesurer, de prendre la hauteur de l'un de ces dénivellements, et de la multiplier par le nombre des siphons de l'appareil. Si, par hypothèse, ce nombre est de dix, un dénivellement de 76 millimètres équivaudra à une pression d'une atmosphère dans la chaudière.

Cet instrument me paraît devoir atteindre le but que lui a assigné M. Richard, de donner des évaluations approximatives suffisantes pour la pratique, et de n'occuper que peu de place ; mais il ne me paraît pas susceptible d'une application utile dans les cas très rares où l'on voudrait des indications d'une grande exactitude. En effet, il suppose que l'alcool n'a, par son propre poids, aucune influence sur la marche de l'instrument, ce qui n'est pas vrai ; toutefois, ce poids comparé à celui du mercure, peut se négliger dans la plupart des cas. Mais ce qui n'est pas aussi négligeable, c'est l'influence de la grande dilatabilité de l'alcool sur la marche de l'instrument, dont le zéro sera constamment variable avec les variations de la température.

Si, par exemple, on donne, par siphon, 50 centimètres de longueur à la portion occupée par l'alcool, on aura, pour dix siphons, 5 mètres d'alcool, dont la dilatabilité étant d'environ un millième par degré centigrade, dénivellera les deux colonnes extrêmes du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mercure de $2^{mill.},5$ pour chaque degré centigrade de variation dans la température ; et, si nous portons le maximum de cette variation à 32 degrés, le dénivellement des extrémités de l'appareil pourra aller jusqu'à 75 millimètres. J'ai exagéré, il est vrai, les dimensions de l'instrument pour mieux faire comprendre mon objection, qui ne s'est pas présentée à mon esprit lorsque M. Richard m'a expliqué son instrument, et à laquelle par conséquent il n'a pas fait de réponse que je puisse communiquer à vos lecteurs.

Moteurs et machines hydrauliques.

Des moteurs dont le feu est le principal agent, nous passons naturellement à ceux dont l'eau est l'agent non moins efficace. Leur nombre à l'exposition était peu considérable, et, sous ce point de vue, je n'aurai guère à vous entretenir que des cinq turbines de MM. Fourneyron, Fontaine - Baron, André Kœchlin, Passot, Mellet et Sarrus, et enfin de la roue à piston de M. de Lamolère.

La *turbine*, dont M. Fourneyron a rendu le nom populaire, grâce aux résultats importants que l'industrie tire aujourd'hui des appareils construits par cet habile ingénieur, est une roue hydraulique qui, au contraire des moteurs ordinaires de cette classe, a son arbre vertical, et est par conséquent douée d'un mouvement de rotation horizontal. Elle se classe parmi les *roues à réaction*, c'est-à-dire que son mouvement est plutôt dû à la réaction du liquide moteur qu'au mouvement direct de celui-ci.

Son principe, qu'on peut faire remonter jusqu'à Héron d'Alexandrie, est celui-ci :

Qu'on suppose un axe vertical creux terminé vers le bas par un tube horizontal fermé à son extrémité, mais percé latéralement, de manière que si tout l'appareil est rempli d'eau, la direction du jet liquide, sortant par cette ouverture, soit horizontale, mais perpendiculaire à ce même tube horizontal.

Si, pour un instant, nous supposons l'orifice inférieur fermé et l'appareil rempli d'eau, aucun mouvement ne se manifestera, parce que la pression du liquide s'équilibrera dans tous les points du tube horizontal. Mais, si on débouche l'orifice, l'écoulement du liquide détruira en ce point l'équilibre de pression, et la machine se mettra à tourner avec une force ou une vitesse proportionnelle à l'aire de l'orifice d'écoulement, et à la hauteur du liquide dans l'arbre vertical que nous supposerons constamment alimenté au même niveau.

En effet, la pression qui a cessé sur la section débouchée de l'orifice d'écoulement continue à se faire sentir sur la paroi du tube

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

opposée à cet orifice, et, n'étant plus contre-balancée en ce point, pousse cette paroi et entraîne avec elle le reste de l'appareil.

Si celui-ci est supposé parfaitement mobile et ne supporte aucune charge, sa vitesse de rotation, d'abord très lente, s'accélérera de plus en plus jusqu'à devenir égale à celle que l'eau prendrait par l'orifice, si celui-ci était maintenu immobile.

D'un autre côté, la vitesse avec laquelle l'eau sortira de l'orifice diminuera de plus en plus, à mesure que le mouvement de l'appareil s'accélérera; et enfin, lorsqu'il aura pris toute la vitesse due à la hauteur du liquide, l'eau ne fera plus que tomber simplement par l'orifice sans avoir aucune vitesse en avant pour s'éloigner de l'appareil.

Deux ou plusieurs branches horizontales, fixées à l'arbre vertical creux, peuvent contribuer à augmenter la force de la machine, pourvu que la surface totale des orifices d'écoulement puisse être alimentée par le liquide affluent dans l'arbre vertical.

Jusqu'en 1824, toutes les tentatives faites pour perfectionner ce genre de moteurs étaient restées à peu près sans résultats utiles à la pratique, lorsque M. Burdin, ingénieur des mines, présenta à l'Académie des sciences un mémoire *sur des turbines hydrauliques ou machines rotatoires à grande vitesse*. Ce mémoire ayant fait quelque sensation, la Société d'encouragement proposa, en 1826, un prix pour l'application en grand des turbines hydrauliques dans les usines et manufactures.

M. Burdin se présenta au concours; mais, comme il s'était beaucoup plus occupé de théorie que de pratique, il n'obtint qu'un encouragement de 2,000 fr., et le prix fut enfin obtenu, en 1833, par M. Fourneyron, dont la turbine, après avoir subi les expériences les plus nombreuses, et obtenu la sanction d'une longue expérience, a acquis aujourd'hui une juste et imposante célébrité.

Le principe fondamental de la turbine Fourneyron consiste à faire passer le liquide dans une série de canaux fixes, dont les parois présentent une certaine courbure qui donne à l'eau une direction telle, qu'en sortant de ces canaux elle presse normalement tous les éléments d'autres courbes mobiles qui fuient devant le liquide, de manière qu'au moment où l'eau quitte ces dernières elle ait épuisé toute sa vitesse, ou, en d'autres termes, qu'elle ait produit le plus grand effet utile, possible.

Les formes sous lesquelles M. Fourneyron applique le plus généralement ce principe sont les suivantes :

A fleur d'un plancher élevé au-dessus du sol d'aval, à une hauteur suffisante pour le placement de l'appareil, il dispose un système de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

courbes fixes disposées autour d'un cylindre, de manière que l'eau qui arrive dans la chambre élevée sur ce plancher n'ait d'autre issue que l'espace latéral laissé entre les courbes, dont l'arête inférieure repose sur un plateau circulaire.

Un axe vertical, traversant le cylindre, supporte, au-dessous du premier, un autre plateau mobile, sur la circonférence duquel repose une couronne de courbes, inclinées en sens contraire des courbes fixes qu'elles enveloppent complétement. Enfin une série de courbes en bois disposées entre les courbes fixes, permet, par leur soulèvement ou leur abaissement, de livrer au liquide un passage plus ou moins grand, pour proportionner la quantité d'écoulement, soit à la résistance à vaincre, soit à l'abondance de l'eau dont on peut disposer.

On conçoit maintenant que, si on laisse arriver l'eau d'amont dans la chambre de la turbine, elle s'écoulera par les intervalles entre les aubes fixes; la courbure propre de ces aubes lui fera prendre une direction horizontale telle, qu'en atteignant les aubes de la couronne mobile, elle pressera chacune de ces aubes dans une direction normale à chaque élément de la courbe donnée aux aubes mobiles, et par conséquent produira le plus grand effet utile, si les deux espèces de courbes ont été convenablement exécutées.

Les principaux avantages de la turbine Fourneyron résultent de ce que l'action de l'eau s'y produit sans choc, et par un mouvement continu; que l'eau, en la quittant, a perdu toute sa vitesse et a par conséquent épuisé toute son action contre les aubes; que l'espace qu'elle occupe est toujours très petit comparativement à la force de la machine; que, pour une même force, cet espace diminue d'autant plus que la chute est plus grande, que la rapidité de son mouvement augmente avec la hauteur de la chute, et surtout qu'elle utilise, lorsqu'elle est complétement immergée dans l'eau d'aval, une fraction du travail absolu au moins aussi grande que lorsqu'elle est élevée au-dessus de la surface de cette eau.

Cet avantage d'utiliser la même fraction de travail absolu, malgré les variations qui surviennent dans le niveau d'aval, est peut-être le plus précieux de cette machine, surtout dans les situations où le niveau d'aval est soumis à des variations fréquentes et considérables.

Ses bons effets se reproduisent sous les plus petites chutes comme sous les chutes les plus considérables. Une turbine placée à Gisors a donné, pour une chute de 30 cent., jusqu'à 60 p. c. du travail moteur absolu. Une autre turbine, établie à Saint-Blaise, dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Forêt-Noire, et qui n'a que 55 centimètres de diamètre, présente une force de 40 chevaux sous une chute de 108 mètres.

L'immersion constante du pivot de l'axe vertical dans l'eau d'aval rendait difficile la lubrification de ce pivot. M. Fourneyron y est parvenu par les moyens suivants :

L'extrémité de cet axe, au lieu de se terminer par un pivot, est en forme de cloche, au fond supérieur de laquelle est une crapaudine qui reçoit un pivot supporté par un levier, au moyen duquel on peut soulever l'appareil lorsque l'usure du pivot ou de la crapaudine a laissé un peu descendre la machine. Un tube recourbé, dont l'extrémité inférieure s'engage sous la cloche qui termine l'axe vertical, porte, dans cette cavité, l'huile qu'on y introduit par l'extrémité supérieure. Le poids spécifique de l'huile étant moindre que celui de l'eau, fait surnager la première qui occupe le sommet de la cloche, et lubrifie constamment la crapaudine et le pivot.

Nous avons vu que, dans la turbine-Fourneyron, la direction de l'eau, déterminée par les aubes fixes, est horizontale, en d'autres termes, que la couronne mobile enveloppe les aubes fixes et tourne autour d'elles. Il en est autrement dans la turbine de M. Fontaine-Baron. Les aubes mobiles sont placées au-dessous des aubes fixes, et la direction du liquide, au lieu d'être horizontale, a lieu de haut en bas. Comme dans la turbine-Fourneyron, la courbure des aubes mobiles est en sens contraire de celle des aubes fixes, et elles doivent être calculées de manière que l'eau, qui s'échappe des aubes fixes, presse normalement chaque élément de la courbe des aubes mobiles. On voit que c'est, sous une autre forme, l'application du principe fondamental que j'ai posé précédemment.

Toutefois, une condition particulière distingue encore la turbine-Fontaine de la turbine-Fourneyron.

Nous avons vu que le pivot de cette dernière est constamment immergé, et j'ai indiqué l'ingénieuse disposition au moyen de laquelle M. Fourneyron est parvenu à assurer sa lubrification ; mais, en cas d'altération du pivot, on comprend qu'il est nécessaire, soit pour le visiter, soit pour le réparer ou le remplacer, de le mettre à sec, condition souvent difficile à remplir, surtout lorsque l'accident arrive pendant les hautes eaux.

Dans la turbine-Fontaine, le pivot est toujours hors de l'eau, et d'un abord facile en tout temps. Un arbre vertical est fixé solidement sur le sol, et c'est sur le point supérieur de cet arbre que s'opère le mouvement de rotation de la machine, au moyen de bandes de fer qui, partant du pivot, renversé sur la crapaudine qui occupe le sommet de l'arbre vertical, vont se réunir à la couronne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mobile. Il résulte de cette disposition beaucoup moins de dépense pour établir la machine, et plus de facilité dans les réparations, quand elles ont lieu vers le pivot de l'appareil.

De nombreuses expériences faites sur les turbines de M. Fontaine paraissent avoir constaté qu'elles ne sont point inférieures aux turbines-Fourneyron.

J'ai le regret d'annoncer à vos lecteurs que M. Fourneyron, croyant trouver dans la turbine-Fontaine l'application de principes et de conditions dont il s'est assuré la propriété par un brevet, a intenté à M. Fontaine un procès en contrefaçon, et que les parties sont en ce moment renvoyées devant experts.

Les dispositions d'aubes fixes et mobiles de la turbine de M. Kœchlin ont une grande analogie avec celles de la turbine-Fontaine, c'est-à-dire que les courbes fixes ou directrices sont placées au-dessus des courbes mobiles. Mais ce qui la distingue surtout des deux appareils que je viens de décrire, c'est qu'elle n'a pas besoin d'être placée au bas de la chute, et qu'elle peut, sans aucune altération sensible dans son effet utile, être placée presque à la hauteur du niveau d'amont, du moins dans les limites expérimentées jusqu'à présent.

Qu'on se figure, en effet, un tube vertical d'un diamètre proportionnel à la force de la machine, et d'une hauteur un peu moindre que celle du niveau d'amont qui doit constamment fournir le liquide nécessaire à la marche de la machine.

En un point quelconque de ce tube sont placées les aubes fixes, et, immédiatement au-dessous, les aubes mobiles dont l'axe vertical traverse le centre des premières. Au bas du tube est un tuyau horizontal très court fermé par une vanne dont l'élévation ou l'abaissement détermine l'ouverture convenable à l'écoulement du liquide, soit en raison de la résistance à vaincre, soit en raison de l'abondance de l'eau en amont.

Eh bien, quelle qu'ait été, dans le tube, la hauteur à laquelle on ait placé le système de courbes fixes et mobiles qui constitue ce genre d'appareil, l'effet utile, pour une même dépense d'eau, s'est trouvé constamment le même, que la turbine ait été placée tout en bas ou tout en haut du tube.

Un petit modèle de cette turbine fonctionnait à l'exposition et fera probablement partie des collections du Conservatoire des arts et métiers, auquel appartient le modèle de la turbine-Fourneyron, qui figurait dans la salle des machines.

De nombreuses discussions se sont élevées sur l'explication du phénomène presque paradoxal que présente cet appareil.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il faut, en effet, pour s'en rendre compte, accepter que le mouvement du liquide au-dessous des aubes mobiles concourt à l'effet utile aussi bien que le liquide placé au-dessus; ou, en d'autres termes, que l'action du liquide sur les aubes mobiles continue après les avoir quittées. C'est donc seulement à la vitesse du déplacement du liquide, déplacement qui ne peut avoir lieu sans déplacer les aubes mobiles, qu'il faut rapporter tout l'effet produit.

Mais il faut aussi accepter que la vitesse est la même dans toute la hauteur du tube, ce qui semble paradoxal.

Il est bien constaté, par de nombreuses expériences, que la vitesse d'écoulement d'un liquide par un orifice quelconque est, à cet orifice, celle qu'un corps acquerrait en tombant dans le vide de la hauteur du niveau supérieur du liquide, c'est-à-dire proportionnelle à la racine carrée de la hauteur de ce niveau. Si l'orifice est très grand par rapport aux dimensions du vase, la théorie indique qu'au commencement de l'écoulement, la vitesse du liquide à sa sortie est infiniment petite pour la première tranche inférieure, et qu'elle augmente, pour les tranches supérieures, en raison du temps qu'elles ont mis pour arriver au niveau du fond. La vitesse, après l'écoulement du liquide primitivement contenu dans le vase, devient uniforme, parce que les nouvelles tranches qui sont supposées arriver successivement à l'orifice partent toutes du niveau supérieur. Cette vitesse est évidemment la même que celle qu'un corps pesant acquiert en tombant d'une hauteur égale à celle du liquide contenu dans le vase. Mais, évidemment, d'après cette théorie même, les tranches supérieures ne devraient pas avoir la même vitesse, puisque, en quelque point qu'on les suppose au-dessus de la branche inférieure, elles ne devraient avoir que la vitesse due à une hauteur moindre; et, cependant, le vase reste plein, on n'y aperçoit aucune solution de continuité, et les phénomènes de la turbine Kœchlin, au moins dans les limites des expériences faites, semblent indiquer que la vitesse des tranches est la même dans toute la hauteur de la colonne, puisque la vitesse de la turbine est la même, en quelque point de cette colonne qu'on la place.

A la vérité, on ne peut pas dire ici que l'orifice d'écoulement soit égal aux dimensions du tube qui contient la turbine. Le liquide y est plus ou moins gêné dans sa marche, et ses tranches ne peuvent plus être supposées tomber, sans obstacle, de la hauteur du niveau.

Examinons cette nouvelle condition d'après la théorie admise.

D'après cette théorie, lorsque l'orifice d'écoulement est plus petit que le fond du vase, le liquide ne peut plus tomber en masse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et comme un corps solide. Il faut que ses molécules se présentent successivement à l'ouverture, qu'il s'établisse dans l'intérieur un mouvement, à la faveur duquel celles qui sont le plus éloignées puissent arriver à leur tour. La force qui fait naître ce mouvement est l'inégalité de pression dans les différents points de la hauteur. Dans ce cas, l'action de la pesanteur sur la masse du liquide se trouve gênée, et d'autant plus que l'orifice est plus petit. Il n'y a que les molécules mêmes, qui répondent à cet orifice et qui sont sans appui, qui puissent lui obéir librement. Mais, comme elles y arrivent toutes successivement, elles sont toutes saisies par la même force les unes après les autres, et la pesanteur ne commence à agir sur elles, sans obstacle, qu'à compter de ce point-là. Il semble donc d'abord que les molécules du liquide ne devraient avoir à leur sortie que la vitesse infiniment petite que la pesanteur imprime à un corps dans le premier instant de sa chute. Mais si, jusque là, la résistance du fond s'est opposée à l'action de la pesanteur sur les molécules du liquide, cette résistance a donné naissance à une nouvelle force qui est la *pression du liquide supérieur*.

Les molécules, arrivées à l'orifice de quelque manière que ce soit, retardent nécessairement la chute de la colonne qui est au-dessus d'elles, et doivent, par conséquent, supporter tout l'effort que celle-ci fait pour tomber Cette *poussée* de haut en bas doit s'ajouter à l'action que la pesanteur exerce sur les molécules, au moment où elles sont parvenues à l'orifice; ou plutôt, c'est cette poussée seule qui produit toute la vitesse de l'écoulement.

On considère généralement le liquide sortant comme chassé par *la pression de toute la colonne verticale qui est au-dessus de l'orifice*. Voyons donc quelle est la vitesse que cette force produit dans le liquide sortant.

Supposons un vase rempli d'eau, à la hauteur d'un mètre, par exemple, au-dessus d'un orifice assez petit pour que l'écoulement puisse être considéré comme entièrement produit par la pression du liquide supérieur. Dans ce cas, il est évident que la vitesse du liquide, à sa sortie, sera le résultat de la pression d'une colonne d'un mètre de hauteur. Si l'on suppose que la hauteur de la colonne augmente, la vitesse de l'écoulement augmentera aussi, mais non pas dans la même proportion, car cette vitesse ne sera que double quand la hauteur du liquide sera quadruple.

En effet, dans cette dernière supposition, quand la hauteur du liquide est quadruple, la pression est bien quadruple aussi, et le produit de son action doit être aussi quatre fois plus grand; mais c'est justement ce qui a lieu lorsque la vitesse du fluide sortant est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seulement double ; car alors la masse chassée dans un temps donné se trouve double, et la vitesse dont elle est animée se trouve pareillement double, ce qui rend l'effet quadruple et, par conséquent, proportionnel à la cause.

Dans ce cas, comme dans l'autre, la vitesse de l'écoulement est donc en raison de la racine carrée de la hauteur du niveau, ou, en d'autres termes, est égale à celle qu'acquerrait, dans le vide, un corps tombant de la hauteur de ce niveau.

Les conditions de la turbine-Kœchlin participent des deux hypothèses que je viens d'examiner ; c'est-à-dire que, bien que le liquide soit gêné dans sa marche, il ne l'est pas assez pour qu'une portion de son mouvement ne soit pas due à la descente libre des molécules, tandis qu'une autre portion est due à la pression des couches supérieures. Mais nous avons vu que, dans les deux cas, la vitesse de l'écoulement à l'orifice reste la même ; il est donc indifférent que le mouvement de la turbine soit dû à la descente libre ou à la pression. La difficulté reste donc la même, puisque, quand la turbine est au haut du tube, la descente libre y a moins de vitesse, ou la pression y est moins grande que lorsque l'appareil est en bas, et que cependant, pour une même dépense d'eau, sa vitesse reste constante.

La théorie présente donc ici une lacune. Elle explique bien pourquoi la vitesse, à l'orifice d'écoulement, reste la même ; mais elle ne rend compte, en aucune manière, de la vitesse à des hauteurs quelconques au-dessus de cet orifice, et ne recherche pas comment il se peut faire qu'avec des vitesses ou des pressions, d'après elle, évidemment différentes, le liquide ne présente dans le vase aucune solution de continuité.

Permettez-moi d'essayer de combler cette lacune et de donner à vos lecteurs *mon* explication du phénomène si inattendu que présente la turbine-Kœchlin, en leur annonçant que je suis tout prêt à accepter les explications qui me paraitraient plus plausibles.

Dans mon opinion, les tranches du liquide sont soumises à deux forces : l'une, la pesanteur qui tend à les écarter les unes des autres, en raison de la plus grande vitesse des tranches inférieures ; l'autre, la pression atmosphérique qui pousse les tranches supérieures contre les inférieures, et leur fait prendre la même vitesse ; en d'autres termes, l'accélération de vitesse que prennent les tranches inférieures produit une véritable aspiration qui met en jeu la pression atmosphérique au-dessus du niveau, ce qui oblige les tranches supérieures à marcher aussi vite que les tranches inférieures.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette explication, que je livre à vos lecteurs, à défaut d'une meilleure, me paraît pouvoir résoudre également un autre problème qu'a soulevé aussi l'apparition, à l'exposition, de la turbine-Kœchlin.

On s'est demandé si elle fonctionnerait de même à toutes les hauteurs, et surtout au-dessus de 10 mètres, hauteur de la colonne d'eau qui, en moyenne, fait équilibre à la pression atmosphérique.

De vives et nombreuses discussions se sont élevées à ce sujet, et la majorité, dans laquelle se sont trouvés des hommes d'une grande instruction scientifique, s'est prononcée pour la négative, d'après ce motif que la pression atmosphérique faisant équilibre à une colonne d'eau de 10 mètres, cette colonne serait inefficace au-dessous de la turbine.

Je ne puis partager cette opinion ; car, si elle était fondée, elle s'appliquerait beaucoup mieux encore aux hauteurs moindres sous lesquelles la turbine a été expérimentée.

Pour moi, la turbine-Kœchlin doit marcher à toutes les hauteurs d'une colonne liquide quelconque, aussi bien qu'au bas, puisque la vitesse de ce liquide doit être la même dans tous les points de la colonne ; et ce ne serait que pour des hauteurs où la pression atmosphérique serait considérablement diminuée que les vitesses deviendraient variables. Alors, dans ce cas, la colonne présenterait des solutions de continuité dont la formation serait toutefois notablement retardée par l'adhérence des molécules du liquide entre elles.

Quoi qu'il en soit, l'expérience serait facile à faire à Paris, au moyen du petit modèle de l'exposition et du puits artésien de Grenelle, dont le tube de décharge, qui a plus de 30 mètres de hauteur, présenterait toutes les facilités possibles de vérifier les lois d'un phénomène aussi remarquable que nouveau.

La turbine-Kœchlin ne présentait pas seulement un intérêt scientifique ou de curiosité, elle offrait, en outre, un véritable progrès industriel.

En effet, si l'on considère les dépenses considérables qu'exigent les autres turbines, en travaux sous l'eau, lorsqu'il s'agit de les établir ou de les réparer, et les épuisements qu'il faut faire pour les mettre à sec, on sera frappé de l'immense économie que peut procurer la possibilité de les tenir presque à fleur du niveau supérieur, en se bornant à placer sur pilotis le tube qui lui sert de coursier, de sorte que les organes essentiels de l'appareil sont toujours sous la main, soit pour les visiter, soit pour les réparer.

Les turbines de M. Passot, car il en avait exposé de deux sortes,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se rapprochent beaucoup plus des anciennes roues à réaction que les moteurs dont je viens de vous entretenir ; elles se composent, en principe, de vases cylindriques fixés sur un arbre vertical, et munis, à leur circonférence, d'orifices destinés à l'entrée ou à la sortie de l'eau.

Une modification importante que M. Passot a apportée aux conditions des anciennes roues à réaction, consiste dans la suppression des cloisons intérieures, directrices de la sortie de l'eau, et dans la réduction de cet appareil à ses véritables et essentiels éléments. Les surfaces directrices et les orifices sont exactement renfermés entre deux circonférences concentriques, c'est-à-dire qu'il retranche toute surface, ou projection capable de communiquer à l'eau le mouvement angulaire de la roue, avant que le liquide ait atteint les parties qui doivent recevoir son action, et les orifices de décharge.

J'ai dit que M. Passot avait présenté deux espèces de turbines : dans l'une, le liquide, admis au centre du cylindre, s'écoule à la circonférence ; dans l'autre, le liquide entre par la circonférence pour sortir au centre.

Supposons, pour le premier cas, qu'on ait disposé, contre la circonférence intérieure du cylindre, plusieurs segments annulaires, s'appliquant exactement contre cette circonférence, mais formés de deux pièces séparées par une diagonale courbe. Si, après avoir solidement assujetti la pièce la plus rapprochée du centre de l'appareil, on enlève la pièce qui en est le plus éloignée, et, avec elle, la portion de la circonférence du cylindre contre laquelle elle était appliquée, on aura la première espèce de turbine, la portion laissée de chaque segment annulaire formant la surface directrice du liquide, et la portion enlevée à la circonférence du cylindre l'orifice de décharge.

Dans le second cas, les segments annulaires sont appliqués à l'extérieur de la circonférence du cylindre, et c'est la partie de ces segments qui touche la circonférence qu'on enlève avec la portion correspondante de cette circonférence. Cette disposition forme la seconde espèce de turbine de M. Passot, celle qui reçoit l'eau à l'extérieur, pour la laisser s'écouler par le fond intérieur du cylindre.

M. Passot attribue à ses appareils, qui, comme on le voit, sont d'une extrême simplicité, des propriétés remarquables. Lorsqu'ils marchent sans charge, ou sans résistance à vaincre, la vitesse à la circonférence est, dit-il, exactement la vitesse théorique due à la hauteur de la chute. Il n'en est plus de même si on altère, d'une manière quelconque, les conditions trouvées par lui. Toutes cloisons, projections ou aspérités, placées à l'intérieur ou à l'extérieur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des deux circonférences concentriques, diminuent considérablement la vitesse de rotation due à la hauteur de la chute, à cause des chocs continuels de ces corps contre l'eau en repos.

La dépense d'eau avec l'appareil d'où le liquide sort par l'extérieur du cylindre est, suivant M. Passot, sensiblement indépendante de la plus ou moins grande réaction de la roue. Dans le cas où l'eau pénètre dans l'appareil, de l'extérieur à l'intérieur du cylindre, cette action extérieure ne peut avoir lieu à cause d'une contre-pression, résultant de la formation d'un remous dans l'intérieur. Mais cette contre-pression est beaucoup moindre qu'on ne pourrait le supposer. M. Passot pense que, lorsqu'un liquide forme un remous à l'intérieur d'un cylindre, les effets de la force centrifuge varient avec les inclinaisons différentes des projections ou orifices disposés sur la circonférence.

Je n'ai point vu fonctionner les appareils de M. Passot, et je ne me prononcerai nullement sur les théories qu'il professe à leur égard. Tout ce que je puis dire, c'est que des procès-verbaux d'expertises, faites par les hommes compétents, présentent les appareils de M. Passot comme atteignant complétement leur but, et ne se montrant en aucune manière inférieurs aux appareils du même genre.

M. Poncelet a proposé une disposition qui est le renversement de celles adoptées par M. Fourneyron, et qui rentrent dans celles qu'on applique aux roues horizontales du midi de la France. L'eau sort par un tuyau placé à l'extérieur, frappe les aubes, et sort par deux ouvertures pratiquées vers le centre. M. Cardelhac, de Toulouse, a construit des turbines d'après ce plan, et MM. Mellet et Sarus, de Lodève, exposaient un modèle renfermant les mêmes conditions.

La portion principale de leur turbine consiste en une caisse d'une forme particulière, munie de trois ouvertures, dont l'une sert pour l'introduction de l'eau, et les deux autres pour sa sortie, après son action sur la roue.

En conséquence de la forme en spirale de la caisse, l'eau arrive sans choc contre la roue placée dans l'intérieur. Chaque veine liquide agit à la même distance de l'axe, comme si elle était isolée et indépendante des autres. Sa vitesse est transformée en pression par degrés insensibles, et sans aucune perte de puissance.

MM. Mellet et Sarrus ont déjà placé avec succès plusieurs de ces turbines dans le midi de la France.

La roue à piston de M. de Lamolère est, en principe, le renverse-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

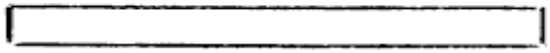
ment, comme fonctions, de l'ancienne machine hydraulique connue sous le nom de *chapelet*.

Le chapelet consiste en une chaîne sans fin, portant un certain nombre de plateaux circulaires placés à des distances égales. Elle est suspendue sur un treuil horizontal à griffes, dont l'écartement est celui des disques du chapelet, ce qui permet au treuil de l'entrainer dans son mouvement de rotation.

Une des branches du chapelet est placée dans un tuyau vertical dont le diamètre est à peu près égal à celui des plateaux. Chaque plateau est composé d'une rondelle de cuir renfermée entre deux plaques circulaires de métal qu'elle déborde d'une petite quantité.

On comprend que si l'extrémité du tuyau vertical plonge sous l'eau à une profondeur au moins égale à la distance entre deux disques, et qu'on imprime au treuil un mouvement suffisamment rapide, l'eau qui se trouve interposée entre deux disques est forcée de monter avec eux dans le tuyau vertical, au sommet duquel elle se déverse. Chaque intervalle entre deux disques amène ainsi son contingent de liquide au haut du tube vertical, avec d'autant moins de perte que la vitesse du mouvement est plus grande, la vitesse ascensionnelle imprimée à l'eau contre-balançant l'action de la pesanteur, qui tend à faire descendre l'eau entre les disques et les parois du tuyau vertical.

Si maintenant, au lieu d'un tuyau cylindrique, nous supposons un tuyau prismatique rectangulaire, dont la section est représentée ici :



si, au lieu de disques, nous supposons des plateaux de même forme, mais ayant un certain jeu dans le tuyau ; si, enfin, au lieu de lames de cuir coupées carrément, nous supposons des espèces d'augets en cuir flexible dont le fond est placé entre deux plateaux, et dont les bords se relèvent en haut, nous aurons une idée exacte de la construction de la roue à piston, qui pourra, quand on le voudra, devenir une roue à chapelet car il suffira, pour cela, d'appliquer, au treuil qui porte cette chaîne de godets, une force suffisante pour élever le liquide interposé entre chaque auget dans le tube vertical. Mais M. de Lamolère en fait une autre application. Il dispose cet appareil sous une chute d'eau qui, tombant dans le tuyau rectangulaire, y entraîne successivement tous les augets, et fait, par conséquent, tourner le treuil, et mouvoir les appareils mis en com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

munication avec lui, avec une force mesurée par la hauteur et la section du tuyau rectangulaire. Les augets en cuir flexibles sont appliqués par la pression du liquide contre les parois du tuyau, et empêchent toute perte d'eau entre eux et ces parois. Il en résulte que le poids total du liquide concourt à l'effet utile.

La simplicité de cette machine doit en rendre la construction économique, et je n'aurais que des éloges à lui donner, si je ne craignais que, comme les anciens chapelets, auxquels on a rarement recours, elle n'eût le défaut de se casser fréquemment à la jonction des chaînons.

Cette machine offre une nouvelle et heureuse application du cuir embouti, si ingénieusement appliqué par Bramah à la presse hydrostatique, et dont l'industrie a fait, plus récemment, un non moins heureux emploi dans la fabrication des lampes dites à piston.

Mais cette application du cuir comme piston n'avait jamais révélé d'aussi grands avantages que celle qu'en a faite M. Letestu (1) aux pompes qu'il avait présentées à l'exposition.

Figurez-vous un cylindre en cuivre chaudronné, c'est-à-dire plus ou moins rond, d'un diamètre plus ou moins égal dans sa hauteur, et, à cet égard, donnez beaucoup de latitude à votre imagination. Au fond de ce cylindre, placez une grille percée d'un certain nombre de trous dont la section totale soit en rapport avec le diamètre moyen du cylindre; placez sur cette grille une rondelle de cuir traversée à son centre par un boulon à écrou qui l'y fixe solidement. Maintenant supposez un cône en cuivre, également chaudronné, dont la grande base ait à peu près le diamètre du cylindre, et dont la hauteur soit un peu plus grande que le diamètre; toute la paroi de ce cône percée de trous recouverts par un cône intérieur en cuir qui déborde le premier pour s'appliquer contre les bords du cylindre, avec cette condition essentielle, que les deux bords du secteur qui forme ce cône se recouvrent, et ne soient pas cousus, comme on pourrait être tenté de le faire; enfin, une tige métallique, fixée par un écrou au sommet du cône de cuivre, et retenant dans celui-ci, au moyen d'une embase, le cône en cuir. Si cette tige est placée de manière que le cône soit nécessairement la pointe en bas dans le cylindre, vous aurez une pompe élévatoire; si le cône a la pointe en haut, vous aurez une pompe foulante. Si enfin vous placez deux cônes semblables sur la même tige, se regardant pointe à pointe ou base à base, vous aurez une pompe aspirante et foulante du système Letestu.

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Examinons les conditions de la première disposition qui figurait dans une énorme pompe d'épuisement placée dans la salle des machines.

Nous verrons d'abord que, pendant la descente du piston, aucun frottement appréciable ne peut gêner ce mouvement, et que si de l'eau se trouve déjà au-dessus de la rondelle de cuir qui forme la grille au fond du cylindre, cette eau s'introduira au-dessus du piston, pendant sa descente, en traversant les trous du cône en cuivre, en s'ouvrant passage entre les deux bords superposés du cône en cuir (on pourrait utilement doubler, et peut-être tripler ces joints), et, enfin, en s'élevant au-dessus des bords supérieurs du cône en cuir qui cesse de s'appliquer contre les parois du cylindre.

Mais, lorsque le piston se relève, la pression du liquide au-dessus de lui applique immédiatement les bords supérieurs du cône en cuir contre les parois du cylindre, dont ils épousent toutes les formes en vertu de leur flexibilité ; et cela avec d'autant plus de force que la hauteur du liquide est plus grande, condition qui empêche tout retour de l'eau au-dessous du piston.

D'un autre côté, le vide se fait au-dessous de ce même piston ; la pression atmosphérique, agissant sur le liquide du réservoir, le force à pénétrer dans le corps de pompe en soulevant les bords de la rondelle de cuir faisant fonctions de soupape, fixée sur la grille par un boulon ; et, lorsque le piston redescend, il traverse une nouvelle quantité d'eau qui se place au-dessus de lui.

Si les dispositions du piston en font une pompe foulante, on aura les phénomènes inverses de ceux que je viens de décrire, c'est-à-dire que sa descente aura pour résultat d'appliquer les bords du cône de cuir contre les parois du cylindre, entre lui et lesquelles le liquide, ne pouvant plus passer, est forcé de s'élever dans le tuyau d'ascension.

Cette description bien comprise, je me bornerai, pour faire connaître les propriétés des pompes Letestu, à citer quelques extraits de nombreux rapports des ingénieurs et officiers de la marine royale sur les expériences faites depuis plus de quatre ans, tant à bord qu'à terre, et qui ont déterminé le ministre de la marine à remplacer successivement, par les pompes Letestu, le matériel des pompes à double piston en usage dans la marine, et qui avaient succédé elles-mêmes aux pompes à chapelet que j'ai décrites plus haut.

L'un de ces rapports, sous la date du 29 mars 1842, signé de MM. Bellanger, capitaine de vaisseau ; Sias, sous-directeur du port

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Toulon; Lambert, ingénieur des travaux hydrauliques, et Dupuy de Lôme, sous-ingénieur de constructions navales, constate les faits suivants.

« Ces pompes, comme en général tout engin dans la construction duquel la précision n'est pas de rigueur, doivent naturellement être peu exposées aux avaries, et, de plus, elles sont peu sujettes à s'engorger. La commission en a fait l'expérience en puisant, avec l'une d'elles, de l'eau dans un réservoir rempli de copeaux, de sciure de bois et de matières filandreuses, telles que de l'étoupe et des bouts de toron. Des poignées de sable ont même été jetées dans l'intérieur du corps de pompe, sans que le piston cessât pour cela de fonctionner, et même de donner un produit presque aussi considérable que si on puisait de l'eau claire.

» Le jeu de tout piston ou soupape à clapet métallique eût infailliblement été annulé dans ces circonstances. La cause de l'avantage d'un clapet en cuir, dans ce cas, est évidente, c'est qu'il se replie autour du corps étranger quelconque qui s'interpose momentanément entre lui et son siége, et il n'en vient pas moins boucher tout passage à l'eau qui voudrait repasser, tandis qu'un clapet métallique, retenu en un seul point par le moindre gravier, bâille sur tout son contour, l'aspiration devient impossible, le gravier reste en place, et la pompe cesse de fonctionner.

. . . . . .

» Les faits suivants peuvent donner une mesure approchée de la durée des cuirs de ces pompes.

» Un piston, du système Letestu, de 30 centimèt. de diamètre, et de 47 de course, fonctionne pour l'épuisement des eaux du bassin neuf, depuis le 16 novembre 1841 ; il reste continuellement enclanché à la machine à vapeur qui mène l'atelier d'ajustage, de sorte qu'il fonctionne moyennement treize heures par jour, en donnant vingt coups par minute. Tantôt il a de l'eau à prendre, tantôt il frotte à vide. L'aspiration est de 6m.80; la traînée horizontale est longue, et présente plusieurs coudes. Dans ces conditions d'un service assez pénible, le cuir du piston a été renouvelé le 31 décembre et le 23 février. Celui de la soupape, qui n'a pas de frottement contre les parois, n'a pas encore été touché.

. . . . . .

» Il est clair que ces nouveaux pistons peuvent se prêter à toutes les combinaisons que l'on peut imaginer avec des pompes. Ils fonctionnent très bien comme pistons pleins pour pompes refoulantes, et la commission en a vu plusieurs exemples. . . . . .

» Parmi les nombreux emplois qu'on peut faire des pistons de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Letestu, la commission a étudié avec soin leur application aux pompes d'épuisement..... Ces expériences, faites dans le but de mesurer le rendement de ces pompes, et la force employée pour les faire mouvoir, ont toutes donné des résultats favorables. . . .

» A la pompe d'étrave du *Montebello*, un phénomène particulier s'est présenté. Cette pompe aspire à $8^{m},50$; elle a $0^{m},107$ de diamètre ; un homme la manœuvrait sans efforts, et faisait arriver l'eau en abondance. La commission a mesuré exactement le produit de cette pompe ; on s'est arrangé de manière à régler la course à $0^{m},345$; un homme a donné huit coups de piston, en manœuvrant le levier de la tige du piston avec la plus grande vitesse, et en s'arrêtant après chaque coup.

» Le produit a été recueilli avec le plus grand soin ; il pesait 26 kilogrammes. Or, la densité de l'eau de mer étant 1,026, 26 kilogrammes représentent $25^{lit}\cdot15$, tandis que le volume géométrique d'un coup de piston n'est que de $3^{l},08$, et que huit fois ce volume ne font que $24^{l},64$. Le rendement réel est donc plus grand que le volume engendré par le mouvement du piston. On pourrait croire à une erreur d'expérience si elle n'avait pas été répétée ; mais le fait s'est toujours représenté le même, et le seul moyen de l'expliquer est d'admettre qu'au moment où le piston est arrêté brusquement, la colonne d'eau ascendante est animée de sa plus grande vitesse qui ne peut être anéantie subitement, et que cette colonne continue pendant quelques instants en franchissant le piston en repos.

» Ce phénomène pourrait avoir lieu avec d'autres pistons ; mais ses résultats ne peuvent être apparents qu'avec ceux qui n'ont que des pertes minimes. »

J'ajouterai que les conditions du piston flexible de M. Letestu dispense de la nécessité de donner des guides à la course de ce même piston, comme cela a lieu pour la plupart des pompes à piston métallique, afin d'empêcher ceux-ci de presser inégalement sur les parois latérales des cylindres. Mais cette rectification de la course des pistons n'est obtenue que par le moyen de résistances égales à l'énergie des causes de déviation, et il en résulte tout à la fois, et des pertes de force, et une usure plus rapide de tout le système.

Ces citations me semblent suffisantes pour classer les pompes Letestu parmi les meilleurs appareils de ce genre, et leur faire donner, dans la plupart des cas, une préférence justifiée par l'excellent service qu'elles peuvent rendre, la modicité de leur prix, les nombreuses variétés de leur emploi, leur solidité, et enfin la facilité de leur réparation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les seules pompes, qu'après celle de M. Letestu, il m'ait été donné d'étudier suffisamment sont celles que MM. Estimbaum et Vasselle exposaient sous le nom de *pompes hychrobalistiques*. Elles peuvent se diviser en deux classes distinctes, comportant, toutefois, un même principe, celui d'un mouvement alternatif de deux ailes munies de soupapes dans un corps de pompe cylindrique.

Dans les pompes de la première classe, les deux ailes, formant piston, sont fondues dans le cylindre même, préalablement alézé; l'alliage particulier employé par les inventeurs prenant seulement, par le refroidissement, un retrait suffisant pour permettre la mobilité de ce piston, sans laisser de passage appréciable au liquide. Les conditions générales des dispositions employées ont, sous tous les autres rapports, beaucoup d'analogie avec d'autres systèmes connus, la véritable nouveauté de cette pompe résultant particulièrement de l'exécution de son piston par sa fonte directe dans le cylindre où il doit fonctionner.

Les pompes de la seconde classe se distinguent de la première, en ce que leur cylindre, au lieu d'offrir une circonférence complète, est fortement échancré à sa partie supérieure, et que ses parois ont une certaine flexibilité qui leur permet de céder, lorsque des corps étrangers de petit volume viennent s'interposer entre elles et les ailes du piston, condition qui permet en outre de compenser, par le ressort de ces parois, l'usure des unes et des autres, en les maintenant toujours en contact réciproque.

L'échancrure du cylindre, au-dessus des ailes-pistons, offre, en outre, cet avantage important que les clapets du corps de pompe, et ceux des ailes, présentant de grandes dimensions, des corps étrangers très volumineux peuvent impunément traverser l'appareil, dont on peut les retirer à la main, lorsque par hasard ils y restent engagés et gênent le jeu des clapets; car cette espèce de pompe, ne pouvant être qu'aspirante et élévatoire, est particulièrement destinée aux épuisements, et, se plaçant au plus haut point où l'on veuille élever l'eau, permet aux hommes qui la manœuvrent d'en retirer immédiatement les corps étrangers qui en pourraient gêner les fonctions.

J'ai été témoin de l'extrême facilité de cette opération qui n'arrête que de quelques secondes le travail de la pompe, et de l'immense quantité de liquide qu'elle peut débiter en quelques minutes.

MM. Estimbaum et Vasselle attribuent naturellement à leurs pompes une supériorité notable sur toutes les pompes connues. Ils citent des rapports des ingénieurs de la marine, en conséquence

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

desquels elles auraient battu les pompes de M. Letestu, ainsi que de nombreux cas où elles ont produit des résultats remarquables.

Je suis tout-à-fait disposé à reconnaître tout ce que leurs dispositions ont d'ingénieux, et à accepter les avantages incontestables dont j'ai été témoin; mais j'ai trop peu d'expérience pratique en pareille matière pour me prononcer sur le mérite relatif des deux systèmes, me bornant à exprimer ma conviction, que, quel que soit celui qu'on choisisse, on aura une excellente pompe, qu'elle soit fournie par M. Letestu ou par M. Estimbaum.

L'analogie, sinon des fonctions, du moins celle de quelques conditions d'application, m'amène, de l'examen des pompes, à celui des filtres industriels de M. Tard (1).

Ces filtres se distinguent principalement des filtres connus, par la nature de la matière filtrante, qui se compose, en principe, de pâte à papier, mélangée en plus ou moins grande quantité, selon la rapidité du filtrage qu'on veut obtenir, de matières diverses, suivant la nature des liquides à filtrer, mais notamment de noir végétal.

Une couche de cette matière, de 3 centimètres au plus, forme le filtreur, dont le plus ou moins de perméabilité est déterminée, non par son épaisseur, mais par une plus ou moins grande quantité de noir végétal. La pâte à papier seule ne permettrait aucune filtration sous quelque pression que ce soit.

Pour éviter le contact du filtreur avec les matières les plus grossières en suspension dans le liquide à filtrer, M. Tard le fait précéder d'une couche filtrante de matières appropriées à la nature de ce liquide.

La filtration se fait de bas en haut, soit au moyen d'un réservoir supérieur assez élevé pour que les différences de niveau forcent le liquide à traverser le filtre, soit d'une petite pompe foulante qui, extrayant le liquide d'un vase voisin, le force à traverser le filtre pour se rendre de là dans un autre vase.

Il faut avoir vu fonctionner cet ingénieux appareil pour se faire une idée de la rapidité avec laquelle les liquides les plus chargés de corps étrangers en suspension se clarifient par ce procédé.

Un petit appareil de 20 centimètres de diamètre peut filtrer, en une heure, beaucoup plus d'eau que n'en peut consommer en un jour la plus nombreuse famille.

Les vins, la bière, les huiles de toute espèce en sortent d'une limpidité complète; et tous les liquides, quels qu'ils soient, ne peu-

(1) **Médaille de bronze.**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent, après avoir traversé la couche filtrante, conserver la moindre parcelle de matière étrangère en suspension.

Son application à la clarification des vins et de la bière présente l'important avantage de dispenser du collage, opération lente et coûteuse, souvent inefficace, et parfois dangereuse dans certaines saisons.

On comprend les avantages d'un procédé qui permet de n'employer qu'une petite quantité de matières filtrantes pour opérer sur des masses de liquides souvent d'une grande valeur ; car la perte occasionnée par l'imbibition est à peu près nulle, puisque, même pour les huiles, on peut les extraire en mettant dans l'eau la matière filtrante.

Une expérience de plusieurs années, et le placement de nombreux appareils, soit dans les usines diverses où la filtration des liquides est nécessaire, soit pour l'économie domestique, est la meilleure preuve du mérite des ingénieux appareils de M. Tard, et de l'utilité incontestable dont ils peuvent être à toutes les classes de la société.

Je signalerai surtout l'importance dont serait son emploi pour notre armée d'Afrique. Il suffirait d'un seul appareil de 35 centim. de diamètre, dont le poids n'excède pas 35 kil., pour fournir aux besoins d'un bataillon. Il ne faudrait pour cela que transporter le filtre sur le bord d'un étang ou d'une rivière pour obtenir immédiatement, et en abondance, un liquide parfaitement clair, débarrassé de toutes les matières en suspension, et surtout des animalcules ou des petites sangsues que les eaux d'Afrique contiennent en si grande quantité, et qui provoquent chez nos soldats des maladies souvent mortelles.

Je terminerai mon examen des appareils hydrauliques de l'exposition par la description du *barrage mobile* de M. Thénard (1), ingénieur des ponts et chaussées, et frère de notre illustre chimiste.

Vos lecteurs me pardonneront sans peine d'en puiser les principaux traits dans un rapport de M. Arago.

Après avoir rapidement énoncé les nombreux perfectionnements apportés de nos jours à la locomotion, soit sur terre, soit sur les eaux, montré la navigation fluviale non moins avancée que la navigation maritime, et sillonnant en tous sens les rivières des deux mondes, M. Arago s'exprime ainsi :

« Que manque-t-il dans notre pays, pour assurer à cette navigation fluviale une supériorité décidée sur les autres moyens de loco-

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

motion et de transport? Une seule chose peut-être : des rivières à niveau moins variable, des rivières qui, en été, en automne, offrent dans leur chenal une profondeur de plus d'un mètre.

» Des barrages peuvent conduire à ce résultat.

» Qui ne comprend, en effet, que si l'on établissait aujourd'hui, en face d'Auteuil, par exemple, de la rive droite à la rive gauche de la Seine, un barrage continu haut de 2 mètres au-dessus du niveau de la rivière, l'eau ne commencerait à se déverser au-dessus de la crête de ce barrage qu'après avoir monté de 2 mètres, et que cet exhaussement se ferait sentir jusque dans Paris? Un barrage semblable, exécuté entre le Pont-des-Arts et le Pont-Neuf, élèverait notablement le niveau de la rivière jusqu'à Bercy, et ainsi de suite. En espaçant ces constructions d'une manière convenable, on aurait sur la rivière une série de nappes liquides, échelonnées, où les bateaux d'un bon tirant d'eau pourraient naviguer, même en temps de grande sécheresse.

» Le passage d'une nappe à la nappe immédiatement supérieure ou inférieure, le passage d'un échelon liquide à l'échelon voisin, se ferait commodément par l'intermédiaire d'écluses à sas.

. . . . . .

» Rendre les rivières navigables en tout temps, même à l'époque des grandes sécheresses, serait chose assurément très utile ; mais il est bon de songer à la saison des crues. Il faut se rappeler que l'effet inévitable des barrages permanents, complets ou partiels, est de rendre les débordements plus fréquents et plus désastreux. Sous ce rapport, les piles de pont elles-mêmes sont quelquefois fort nuisibles.

» Voilà, en peu de mots, ce qui a conduit à l'idée des barrages susceptibles d'être facilement enlevés ou plongés au fond des eaux, des *barrages* appelés *mobiles*, destinés à rester en place pendant la sécheresse, et à disparaître au moment des crues.

» Le système de barrage de M. Thénard appartient à la catégorie des barrages mobiles. Il a déjà été appliqué sur un des affluents de la Dordogne ; sur une rivière, l'Isle, dont le débit est de 10 metres cubes, seulement, par seconde à l'étiage ; de 85 mètres en eaux moyennes ; de 242 mètres quand elle coule à pleins bords ; de 500 à 600 mètres dans les plus fortes crues.

» Appelé, par ses fonctions, à diriger, à perfectionner la navigation d'une rivière si variable ; n'ayant d'ailleurs à sa disposition que de faibles ressources, M. Thénard s'imposa ces deux conditions rigoureuses :

» Il faudra que l'abaissement et le relèvement du barrage s'opè-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rent en un petit nombre de minutes : un seul homme, le gardien de l'écluse, devra pouvoir faire la double opération sans courir aucun danger.

» Essayons de caractériser, d'une manière générale, la conception de M. l'ingénieur Thénard.....

» Concevons, de nouveau, que la Seine soit barrée, d'une rive à l'autre, à l'aide d'une porte en bois verticale, de 2 mètres de haut, liée par des charnières en métal (par des gonds) à des longrines placées, les unes à la suite des autres, au fond de la rivière. Les longrines seront *fixées* au radier en maçonnerie, dont il faut supposer que le fond de la Seine est recouvert.

» La porte, d'après la disposition des charnières, ne peut s'abattre que d'amont en aval. Pour la maintenir dans la position verticale, pour l'empêcher de céder à la pression, au choc de l'eau d'amont, il faudra évidemment la soutenir alors vers l'aval par des arcs-boutants, par des jambes de force prenant leur point d'appui sur le radier. On se fera une idée suffisante de ce que peuvent être ces arcs-boutants en se rappelant le petit mécanisme dont les ébénistes font usage, pour soutenir, sous des inclinaisons variées, certains miroirs de toilettes, certains pupitres.

» Veut-on maintenant que le barrage disparaisse?

» Il suffira de soulever un tant soit peu les jambes de force, d'ôter les extrémités inférieures des entailles au fond desquelles elles arc-boutaient ; aussitôt, la pression du liquide fera tourner la porte, d'amont en aval, autour de charnières horizontales noyées, et la fera coucher sur le radier.

» De prime abord, rien de plus simple, de plus satisfaisant, que la manœuvre qui vient d'être décrite ; mais cette première impression disparaît quand on réfléchit à l'obligation d'aller soulever une à une toutes les jambes de force. Est-ce en bateau qu'on ira faire l'opération ? Est-ce en amont? Est-ce en aval ? On ne peut songer à marcher sur l'épaisseur de la porte, puisqu'elle est recouverte par la nappe liquide qui se déverse d'amont en aval. De quelque manière qu'on envisage la question, on aperçoit difficulté et danger.

» En fait de difficultés, la principale consisterait à ramener la *porte couchée*, de la position horizontale à la position verticale ; à vaincre, par les efforts d'un seul homme, l'action impulsive de l'eau sur *une si immense palette*. Il est vrai que cette palette, on la pourrait fractionner, la diviser, en un certain nombre de parties susceptibles d'être abaissées et relevées séparément. L'expédient serait assurément très utile ; mais où l'éclusier irait-il prendre ses points d'appui pour opérer les mouvements partiels?

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» Supposons que, d'après la disposition des charnières, au lieu de se rabattre d'*amont en aval*, comme nous l'avons d'abord admis, la porte, continue ou fractionnée, ne puisse tourner, à partir de la position verticale, ne puisse tourner, pour se coucher au fond de l'eau, que d'*aval en amont*. Les difficultés des manœuvres seront, pour la plupart, l'inverse de celles qui viennent de nous occuper.

» Dans le premier cas, la porte une fois couchée au fond de l'eau, vers l'aval, y restait par l'effet de la seule impulsion de la masse liquide descendante. Dans le second cas, il faudrait l'y maintenir par un mécanisme, lors même qu'à raison de ses ferrures elle aurait une pesanteur spécifique supérieure à celle de l'eau. Sans ce mécanisme, le courant soulèverait la porte en la prenant par dessous.

» La porte, susceptible de se rabattre d'*amont en aval*, ne se maintenait dans la verticale, ne résistait, dans cette position, à l'impulsion de l'eau descendante qu'à l'aide des jambes de force dont il a été parlé. Rien de pareil ne serait nécessaire quant à la porte qui se rabattrait d'*aval en amont*. Une fois amenée à la verticale, l'impulsion de l'eau tendrait à l'y maintenir; disons mieux, à la faire passer au-delà. Cette tendance à dépasser la position verticale vers l'aval devrait même être combattue, soit à l'aide d'une disposition appropriée des charnières, soit, plus convenablement encore, avec une chaine bifurquée, attachée par deux de ses bouts à la porte, et par le troisième bout au radier, en amont.

» Après le soulèvement partiel des arcs-boutants, la première porte se rabattait d'elle-même; il ne fallait d'efforts que pour la relever.

» La seconde porte, au contraire, se relèverait d'elle-même; un effort ne serait nécessaire que pour la rabattre contre l'action du courant.

» Ce sont ces propriétés comparativement inverses dont M. Thénard a tiré ingénieusement parti, c'est en composant son barrage des deux systèmes accouplés, c'est en plaçant sur deux lignes parallèles, à quelques centimètres de distance, les portes susceptibles de se rabattre seulement en aval, et les portes susceptibles de se rabattre seulement en amont, qu'il a vaincu des difficultés très graves, inhérentes à chaque système pris isolément.

» La manœuvre du double système sera maintenant facile à décrire.

» Le barrage est entièrement effacé; le gardien de l'écluse, à l'arrivée d'une crue, a couché toutes les portes. La crue est passée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il faut relever les portes d'aval, celles qui, pendant les sécheresses, doivent exhausser le niveau de la rivière.

» Ecartons le mécanisme qui fixe les portes d'amont au radier. Le courant les soulève et les amène à la position verticale, position qu'elles ne peuvent pas dépasser, soit à raison de leurs talons, soit parce que chacune d'elles est retenue, comme nous l'avons déjà dit, par une chaîne bifurquée, alors tendue, dont deux des bouts sont fixés à la partie supérieure de la porte, et le troisième au radier.

» Quand cette première série de portes barre entièrement la rivière, les portes d'aval peuvent être levées une à une sous des tractions peu considérables, car, de ce côté, et en ce moment, le courant est *momentanément* suspendu. Le gardien du barrage, *armé d'une gaffe*, exécute cette seconde opération, en se transportant le long d'un pont de service qui couronne les sommités des portes d'amont. Au besoin, il s'aiderait d'un petit treuil mobile. Du haut de son pont léger, il s'assure que les jambes de force des portes d'aval sont convenablement placées, qu'elles arc-boutent, par leurs extrémités inférieures, dans les repères du radier.

» Ceci fait, le moment est venu d'abattre les portes d'amont : elles ne devaient, en effet, servir qu'à rendre la manœuvre des portes d'aval exécutable, qu'à permettre à un seul homme de les soulever.

» Le gardien introduit l'eau, par de petites ventelles, entre les deux séries de portes. Elle s'y trouve bientôt aussi élevée qu'en amont. Or, dans le liquide, devenu à peu près stagnant, il doit suffir d'un effort médiocre pour faire tourner les portes d'amont autour de leurs charnières horizontales, immergées, pour les précipiter d'aval en amont, de telle sorte qu'elles aillent frapper le fond du radier, et s'y *loqueter*. Les chaînes de retenue, dont nous avons parlé, facilitent beaucoup ce mouvement.

. . . . . .

» Dans la description qu'on vient d'entendre, nous avons d'abord supposé le barrage rabattu ; nous nous sommes occupés ensuite des moyens de le retenir ; il nous reste à dire, en détail, comment on revient de cette seconde position à la première.

» Les portes d'aval, nous l'avons déjà expliqué, s'abattent par l'action du courant quand les arcs-boutants sont relevés, ou même seulement quand leurs extrémités ne correspondent plus aux étroites saillies en fer sur lesquelles ils butaient.

» Voyons donc de quelle manière on peut donner à l'extrémité butante le mouvement latéral qui la portera en dehors de la petite butée en fer.

» Chaque arc-boutant est monté à charnière sur sa porte ; il peut

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aussi être relevé indéfiniment, et recevoir, de plus, *un léger mouvement giratoire latéral*. Ce mouvement giratoire, l'éclusier le donne à l'aide d'une sorte de crémaillère en fer, *glissant sur le radier*, un tant soit peu en amont des pieds des arcs-boutants, et pouvant, par l'intermédiaire d'une denture convenable, être manœuvrée du rivage. Les redans de la barre mobile que nous avons appelée une crémaillère sont espacés de telle sorte qu'ils ne dévient les extrémités des arcs-boutants, qu'ils ne les font échapper aux saillies en fer, aux butées, que les unes après les autres : les portes s'abattent donc successivement.

» Chaque porte d'amont est retenue au fond de l'eau à l'aide d'un loquet à ressort fixé à sa partie inférieure, et s'accrochant à un mentonnet en fer, attaché invariablement à une des longrines liées au radier. Le *déloquetage* de ces portes s'effectue aussi par l'intermédiaire d'une barre de fer glissante armée de redans, et manœuvrée du rivage avec une manivelle et des roues dentées. Cette barre, en comprimant les ressorts qui retiennent les loquets en place, les décroche successivement; et chaque porte, soulevée à son tour par le courant, va prendre la position verticale. »

Ici M. Arago cite quelques exemples de la rapidité avec laquelle la manœuvre de ce barrage se fait sur la rivière l'Isle, puis entre dans quelques considérations sur l'utilité d'aviser à quelques moyens d'un résultat plus certain que les chasses d'eau employées pour débarrasser ce barrage des sables et des graviers qui peuvent en gêner la manœuvre.

Arrivant ensuite à l'appréciation de l'utilité dont peut être l'invention de M. Thénard, il ajoute :

« Les chemins de fer ont déjà considérablement réduit, en Angleterre, le cabotage, le transport par les canaux, et la navigation sur les rivières. Pareille chose arrivera probablement en France. Il semble donc que l'invention de M. Thénard vienne trop tard ; qu'elle ne puisse avoir aujourd'hui qu'un intérêt médiocre.

» Cette opinion serait très controversable, même au point de vue strict de la navigation fluviale; mais ne faut-il pas considérer que les barrages rendraient les irrigations faciles dans d'immenses étendues du territoire aujourd'hui privées de ce bienfait ? Doit-on oublier qu'à l'aide d'irrigations convenablement dirigées, il serait possible, presque partout, de doubler, de tripler, les récoltes? que les produits agricoles sont les éléments les plus précieux, les plus constants, les plus assurés, de la richesse nationale?

» L'exhaussement graduel du lit de rivière est une des calamités contre lesquelles les hommes ont vainement lutté jusqu'ici. Procé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

der par curage manuel, ce serait se jeter dans des dépenses sans terme. Les barrages mobiles sont un moyen d'opérer de fortes chasses, de les renouveler tant qu'on veut, de choisir les époques les plus favorables, et nous appelons ainsi les saisons, les mois, les semaines où les eaux sont limpides. Ils paraissent donc appelés à jouer un rôle important dans la grande opération, dont les affreuses inondations du Rhône et de la Saône n'ont que trop bien montré la nécessité et l'urgence. »

M. Arago termine ce rapport en émettant le vœu que l'administration publique mette M. l'ingénieur Thénard à même d'exécuter des barrages plus importants que celui qu'il a appliqué à la rivière l'Isle, pour arriver à connaître, avec toute certitude, si, dans de plus grandes dimensions, cette heureuse application réussirait aussi bien sur nos plus grandes rivières.

Ce rapport ne fait aucune mention (M. Arago a reconnu cet oubli) d'une *écluse à grande ouverture*, qui forme le complément du *barrage mobile* de M. Thénard.

Vos lecteurs pourraient croire, en effet, qu'à chaque passage de bateau, le barrage tout entier doit être abaissé. Il n'en est rien. Sur l'une des berges est disposée une écluse à sas, dont les deux extrémités sont fermées. Lorsqu'un bateau remontant, par exemple, est entré dans le sas, on ferme derrière lui la porte d'aval, puis on laisse arriver, par le fond, l'eau d'amont avec beaucoup plus de rapidité que dans les écluses ordinaires.

Lorsque la première couche d'eau a atteint l'extrémité opposée de l'écluse et soulevé le bateau, elle revient sur elle-même, chassée qu'elle est par la nouvelle couche qui continue d'arriver du fond. Il en résulte que le bateau est ramené vers la porte d'amont, par l'effet seul de ce contre-courant, et sans qu'il soit besoin d'y appliquer aucun autre effort extérieur.

Le rapport de M. Arago, et surtout l'importance que son autorité donne à l'emploi des barrages mobiles, a mis en émoi bon nombre d'ingénieurs, et produit divers projets plus ou moins ingénieux pour atteindre le même but ; et, pendant longtemps, il est présumable que l'Académie des sciences aura surtout à s'occuper de ce genre de construction.

Horlogerie.

De toutes les catégories mécaniques de l'exposition, l'horlogerie était, après les instruments de musique, celle qui avait le plus grand nombre de représentants. Mais là, comme ailleurs, à côté de pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grès réels, importants, surgissait la médiocrité audacieuse et vantarde, et le plus déhonté charlatanisme. Là, se montraient impudemment, comme produits français, des montres de Genève, portant encore la marque du fabricant suisse!

Dénoncés au jury par l'indignation des véritables fabricants, ces produits ont disparu.... pendant une seule matinée, celle que la commission a consacrée à l'examen de l'horlogerie Ils ont ensuite repris audacieusement leur place usurpée, et continué, sans opposition, de faire aux articles français une concurrence commerciale, aussi active que déloyale.

Espérons qu'aux futures expositions, un contrôle sévère fera enfin justice de pareilles iniquités, en n'admettant comme produit français que ce qui sera réellement sorti de mains françaises.

Avant d'entrer dans l'examen détaillé des pièces d'horlogerie qu'il m'a été donné d'étudier avec quelques soins, qu'il me soit permis d'exposer, pour ceux de vos lecteurs qui ne sont pas familiarisés avec la matière, quelques principes généraux qui me permettront de donner plus de clarté à mes descriptions, et de mieux faire comprendre les progrès réels que j'ai à leur signaler.

Une horloge, une pendule, une montre, ont pour objet, comme chacun le sait, la mesure du temps. Elles se composent, en principe, d'une force motrice, poids ou ressort, agissant sur une série de mobiles, roues ou pignons, dont le dernier, si aucun obstacle ne s'y opposait, prendrait un mouvement de rotation d'autant plus rapide que le nombre de ces mobiles serait plus grand; car, dans ces sortes de machines, les roues commandent presque toujours les pignons, au lieu d'être commandées par eux, de sorte que, pour un tour du premier mobile, le dernier peut faire plusieurs milliers de révolutions. C'est de ces rapports que résulte la plus ou moins grande durée de la marche d'une pièce d'horlogerie, dont les unes se remontent, comme on le sait, tous les jours, et dont quelques autres ne se remontent que tous les ans.

C'est en mettant un obstacle périodique au mouvement du dernier mobile, qu'on parvient à obtenir le résultat final qu'on se propose, *la mesure du temps*.

Cet obstacle, pour les pièces fixes, est le *pendule* inventé par Huygens, et, pour les pièces portatives, le *balancier circulaire*.

Un intermédiaire est toutefois nécessaire entre l'obstacle périodique et le dernier mobile; cet intermédiaire est l'*échappement*.

La longueur du pendule, ou le diamètre du balancier, détermine la durée de la période pendant laquelle le mouvement du dernier mobile se trouve suspendu.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cette longueur du pendule, pour une même période, varie avec la latitude. Elle est, à Paris, pour la *seconde sexagésimale*, de $0^m,993,826,7$; et, pour la *demi-seconde*, $0^m,315,25$ racine carrée du premier nombre.

Cette différence résulte de ce que la *durée des oscillations des pendules est comme la racine carrée de leur longueur*, ou, si l'on veut, que *les longueurs des pendules sont comme les carrés des temps de leurs oscillations*.

Ce sont ces mêmes oscillations qui arrêtent périodiquement le rouage, et le laissent marcher.

Il est donc important que la longueur du pendule, une fois déterminée, reste invariable : car si elle augmente, la période des oscillations sera plus longue ; si, au contraire, cette longueur diminue, la période sera plus courte. Or, chacun sait que l'élévation de la température augmente les dimensions de tous les corps, et que son abaissement les diminuent. Ces variations sont surtout très sensibles dans les métaux ; de sorte qu'un pendule métallique s'allonge, par la chaleur, et se raccourcit, par le froid, de quantités très appréciables, quant à la marche d'une pièce d'horlogerie.

Harrison est le premier qui paraisse avoir réussi à conserver au pendule une longueur constante en le composant de barres de métaux différemment dilatables, et disposées de manière que si l'allongement des unes tend à abaisser le centre d'oscillation du pendule, ce même allongement, chez les autres, a pour résultat de le remonter de la même quantité.

J'aurai plus loin l'occasion de signaler à vos lecteurs quelques nouvelles dispositions de *compensation* qui ont pour but d'obtenir le même résultat.

Si l'Angleterre peut réclamer la gloire d'avoir inventé la compensation pour les pendules, la France peut lui opposer Pierre Leroi pour la compensation, beaucoup plus délicate, des balanciers circulaires employés dans les pièces d'horlogerie portative.

Mais un pendule, ou un balancier circulaire, ne peut conserver indéfiniment, de lui-même, le mouvement qu'on lui a une fois imprimé. Le frottement de ses points de suspension, la résistance de l'air, sont autant de causes retardatrices qui diminuent, à chaque oscillation, la quantité de son mouvement, et qui finiraient bientôt par l'arrêter, si chaque perte n'était pas remplacée par une restitution de mouvement équivalente.

Cette restitution s'opère au moyen de l'*échappement*, mécanisme intermédiaire entre le dernier mobile et le pendule ; de sorte que, si, d'un côté, le pendule règle, par ses oscillations *isochrones*, la pério-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dicité du mouvement du rouage, celui-ci, à son tour, lui restitue le mouvement qu'il perd à chaque oscillation.

Mais cette restitution, pour une pièce bien réglée, doit être rigoureusement la même à chaque instant, sous peine de faire varier l'horloge. Or, comme c'est à la force motrice que le dernier mobile emprunte l'effort nécessaire pour donner l'impulsion au pendule, si cette force motrice vient à varier, celle que lui empruntera le dernier mobile variera aussi, de sorte que le pendule parcourra des arcs de grandeur variable, et que, par conséquent, la durée de ses oscillations variera aussi; car, une condition essentielle à la régularité de la marche est, quant au pendule, qu'il parcourra des arcs de cercle constamment égaux.

Or, si l'on considère que, pour une pièce battant la seconde, les impulsions sur le pendule, pendant une heure, s'élèvent à 3,600, ou à 86,400 par jour; que, pour la demi-seconde, ce nombre se monte à 7,200 par heure, on a 172,800 par jour; qu'enfin, pour les montres ordinaires, on arrive au chiffre énorme de 18,000 oscillations par heure; ou 432,000 par jour, on comprendra de combien peu chaque impulsion devra être augmentée ou diminuée pour amener des variations de quelques secondes par jour; et, cependant, c'est à peine si, dans les pièces de précision, comme les montres marines ou chronomètres, on tolère une variation moyenne de quelques secondes par mois.

Si, maintenant, on considère que les ressorts moteurs ont nécessairement plus de force lorsqu'ils viennent d'être remontés que vers la fin de leur action; que, même lorsque la force motrice est un poids, les plus petites différences dans les dentures des engrenages exigent de sa part des efforts différents pour mener ces mêmes engrenages, variations qui se transmettent nécessairement au dernier mobile, et, par conséquent, au pendule; si, enfin, on se rappelle l'excessive petitesse de quelques pièces d'horlogerie, on sera effrayé des difficultés qu'il a fallu surmonter pour atteindre le but, et l'on ne pourra que s'incliner devant le génie des hommes qui ont tracé des routes sûres pour y parvenir.

L'une des conditions les plus heureuses qu'on ait imaginées pour soustraire le dernier mobile aux variations de la force motrice, est le *remontoir*, mécanisme intermédiaire entre le dernier mobile et le reste du rouage, qui n'a d'autre fonction que celle de remonter un poids qui, à son tour, agit sur le dernier mobile et détermine son mouvement, dans des conditions beaucoup moins variables.

J'ai dit que c'est par l'intermédiaire de l'échappement que le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dernier mobile restitue au pendule la perte de mouvement qu'il fait à chaque oscillation.

Cette pièce est, comme on le voit, la portion la plus importante d'une horloge : aussi, est-ce celle qui a le plus occupé, à toutes les époques, le génie des artistes, et est-elle encore celle qui a subi le plus de transformations dans les conditions d'application.

On peut distinguer trois espèces d'échappement : *l'échappement à repos*, *l'échappement à recul* et *l'échappement libre*, qui peuvent encore se diviser en *échappement à chevilles*, *à ancre*, *à cylindre*, *à palettes*, etc., etc.

Il ne m'est guère possible d'en donner une idée générale que par la description de l'un d'eux, l'échappement à cheville.

Qu'on se figure un certain nombre de chevilles disposées à distances égales sur la face de la dernière roue ou du dernier mobile du rouage. Au-devant de cette roue, est placé une espèce de A renversé, librement suspendu vers sa pointe. L'une des branches de ce A est plus longue que l'autre, et toutes deux portent en dedans une pièce horizontale terminée par un plan incliné. Si l'échappement est à repos, l'arête supérieure de cette pièce horizontale forme une courbe creuse, dont la courbure est tracée du centre de suspension, ou de la pointe du A. Une tige métallique, solidaire avec cette pièce, descend le long du pendule, et se recourbant à angle droit, en même temps qu'elle se bifurque, embrasse dans sa bifurcation la tige ou l'une des tiges du pendule. On donne à cette pièce le nom de *fourchette*.

Si, maintenant, nous supposons le pendule en mouvement, l'une des chevilles du dernier mobile reposant sur l'une des courbes de l'échappement, cette courbe, entraînée par le mouvement simultané du pendule et de la fourchette, glissera sous la cheville sans produire aucune action sur le rouage ; mais, lorsque la cheville se trouvera à l'extrémité de cette courbe, voisine du plan incliné, cette cheville s'abaissera sur ce plan, auquel on donne le nom de *bec*, et le repoussera avec une force proportionnelle à celle que le moteur imprime au dernier mobile, et à la plus ou moins grande inclinaison du bec.

Mais, ce repoussement du bec ne pourra avoir lieu sans que la fourchette, et, par conséquent, le pendule participent de son mouvement, condition qui restitue au pendule le mouvement perdu dans l'oscillation précédente.

D'un autre côté, lorsque la cheville est arrivée au bas du plan incliné, l'impulsion communiquée à tout l'appareil fait *échapper* ce plan à la cheville qui tombe sur la courbe de l'autre bec, où elle reste, pendant tout le temps qui s'écoule, non seulement jusqu'à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fin de l'oscillation du pendule, ou ce qu'on appelle son *arc supplémentaire*, mais encore pendant la première partie de l'oscillation suivante, jusqu'à ce que le nouveau bec arrive sous la cheville pour en recevoir, à son tour, l'impulsion en sens contraire de la première. Lorsque la cheville *échappe* à ce second bec, une nouvelle cheville tombe sur la courbe du premier pour maintenir le rouage en *repos* pendant la fin de cette oscillation, et le commencement de la suivante.

L'*échappement à recul* ne diffère de l'*échappement à repos* que parce que la courbe, sur laquelle s'appuie la cheville pendant les arcs supplémentaires, n'est pas tracée du centre de mouvement de l'échappement, mais d'un point tel que cette courbe se relève plus ou moins, de manière qu'en glissant sous la cheville, elle fasse remonter celle-ci, et entraîne, par conséquent, tout le rouage dans un mouvement en sens contraire de celui que lui imprime la force motrice, lorsque l'échappement l'a rendu libre. De là l'expression de *recul* employée pour désigner cet échappement, parce qu'en effet l'aiguille des secondes, montée sur l'axe de l'un des mobiles, a un mouvement de recul pendant la durée des arcs supplémentaires.

On comprend que, dans les deux espèces d'échappements que je viens de décrire, le pendule est toujours en communication directe avec le rouage, et que toutes les variations, qui peuvent se transmettre, de la force motrice au dernier mobile, doivent influencer la durée de ses oscillations.

L'*échappement libre* a pour but de soustraire le pendule à cette communication pendant la plus grande partie de son mouvement, de manière qu'il soit entièrement *libre* pendant cette période.

Enfin, l'échappement libre est dit *à force constante*, lorsque les conditions du mécanisme sont telles que, quelles que soient les variations de la force motrice, les impulsions que reçoit le pendule sont constamment les mêmes.

J'aurai à signaler à vos lecteurs plusieurs échappements de cette dernière espèce, qui ont singulièrement occupé l'attention des principaux artistes qui figuraient à l'exposition, et qui ont révélé dans leurs auteurs un mérite peu commun.

Il est à peine utile que j'ajoute, à ces rapides indications des principes généraux de l'horlogerie, que les alternatives de mouvement et de repos du rouage se traduisent, sur un ou plusieurs cadrans, au moyen d'aiguilles fixées à l'extrémité des axes de certaines roues, et qui indiquent, par leur position, sinon le nombre absolu de ces alternatives, du moins des périodes plus ou moins nombreuses des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

oscillations du pendule ou du balancier, qu'on désigne sous le nom de *secondes*, de *minutes*, d'*heures*, etc., etc.

Les considérations dans lesquelles je viens d'entrer ont principalement pour but d'éviter les redites fastidieuses, lorsque j'aurai à décrire les principaux perfectionnements que m'a révélés l'exposition ; et, ce que leur trop grande concision a pu y laisser d'obscurité, pourra acquérir plus de clarté à mesure que les descriptions qui me restent à faire m'obligeront à entrer dans des détails plus minutieux.

Les renseignements me manquent presque entièrement sur la grosse horlogerie. Plusieurs notes promises ne me sont point parvenues, ce qui m'empêche d'examiner, avec quelques détails, certains produits d'une remarquable exécution, mais sur lesquels je ne me hasarderai pas à émettre d'opinion, faute de connaître la pensée qui a présidé à certaines dispositions nouvelles, dont le but ne m'est pas suffisamment indiqué.

Je me bornerai donc à signaler l'excellente exécution des pièces de M. Henri-Lepaute (1) qui soutient dignement la réputation de l'un des plus anciens établissements de Paris.

Je dirai, à M. Gourdin (2), de Mayet (Sarthe), que l'exécution de ses pièces est en elle-même assez remarquable pour qu'il ait pu se dispenser de cette coquetterie de *frizé*, tout au plus tolérable dans les pièces de petites dimensions, et qui a le grave inconvénient, en offrant à la vue un papillotage qui l'éblouit, de déguiser la pureté des formes et le mérite des ajustements.

J'éprouve un certain embarras pour dire à vos lecteurs, dont quelques uns, sans doute, connaissent mes relations d'intimité avec M. Henri Wagner (3), qu'il m'est impossible d'entrer, à son sujet, dans aucun détail technique d'une certaine précision, et cela parce que, comptant sur ses renseignements, quand ils me deviendraient nécessaires, il s'est trouvé qu'au moment même où j'en ai précisément besoin, son absence, qui peut se prolonger, m'en prive absolument. Je ne puis donc donner ici que quelques généralités à son sujet.

A l'exception peut-être de la maison Lepaute qui, depuis sa fondation, avait exécuté, à grands frais, quelques belles horloges publiques, on peut dire qu'il y a une trentaine d'années, la plupart des pièces de ce genre, anciennes ou modernes, mal composées, plus

(1) Médaille d'or.
(2) Médaille d'argent.
(3) Quatrième médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mal exécutées encore, et souvent confiées à des mains grossières et ignorantes, méritaient à peine le nom de *tourne-broches*.

Mais un homme habile est venu, qui a conçu et réalisé le projet de construire, sans grands frais et sans beaucoup de temps, des horloges publiques qui répondissent aux progrès des arts mécaniques en France. La prospérité constante de l'établissement de M. H. Wagner fils est depuis longues années la preuve irrécusable de l'excellence des produits de cette maison, dont la réputation, justement acquise, lui a valu l'honneur de donner, à la rue dans laquelle elle est située, le nom qu'elle porte aujourd'hui (1).

De grandes difficultés ont dû être surmontées par M. H. Wagner pour arriver à ce résultat. Il lui a fallu adopter des procédés de construction à la fois bien ordonnés et économiques ; arrêter un plan général de ces machines, et en resserrer les pièces de manière à donner peu de volume à l'ensemble ; il fallait les modifier selon les localités, afin de profiter des avantages que chacune pouvait offrir. Il devait éviter de marcher sur les traces des artistes qui construisaient toutes leurs horloges sur le même plan qu'on suivait dans l'enfance de l'art, et imitaient jusqu'aux défauts de ces machines, quoique, depuis longtemps, l'expérience les eût mis en évidence. Il lui fallut enfin prévoir la nécessité des réparations futures, et celle plus grave encore de confier le soin d'une pièce de précision à des serruriers et à des maréchaux.

Dès 1821, toutes ces conditions étaient accomplies ; car elles se trouvent constatées dans un rapport à la Société d'encouragement, signé *Bréguet*, *Hachette*, *Molard*, *Régnier* et *Francœur*.

J'ajouterai que, depuis cette époque, de notables perfectionnements ont été apportés par M. H. Wagner aux nombreuses horloges, dont il a pour ainsi dire couvert la France, soit en donnant plus de sûreté aux effets produits, soit en en simplifiant le mécanisme pour arriver à les mettre à la portée des communes les plus pauvres.

Je suis plus en mesure avec M. J. Wagner (2), neveu du fondateur de l'établissement dont je viens de parler, et dont les produits ont vivement excité l'attention des hommes compétents, non seulement par le mérite incontesté de leur exécution, mais surtout par l'ingénieuse nouveauté de la plupart des dispositions employées par lui.

L'une des conceptions que je me plairai le plus à louer dans

(1) La *rue du Cadran* se nommait autrefois : *Rue du Bout-du-Monde*.
(2) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. J. Wagner, est d'avoir établi, pour ses horloges publiques, un plan général, tel que la même base peut recevoir toutes les modifications que comporte ce genre d'horlogerie, de même qu'elle s'approprie parfaitement à toutes les localités. Il en résulte la possibilité d'une fabrication manufacturièrement régulière, permettant l'exécution à l'avance, et par quantités, de pièces détachées, qu'il suffit de réunir pour compléter presque immédiatement une horloge : conditions qui expliquent à la fois la bonne qualité et le bas prix des produits de cette maison, ainsi que le grand nombre d'horloges qu'elle livre journellement aux communes, châteaux, usines, etc.

La sonnerie, dans une horloge publique, exige beaucoup moins de précision dans les engrenages, que le mécanisme chargé de faire mouvoir les aiguilles. Cette considération avait conduit l'ancienne maison Wagner à recourir, dans l'exécution de certaines horloges à bon marché, à l'emploi d'engrenages en fonte.

M. J. Wagner a renouvelé cette application sous une nouvelle forme, dont le succès s'est rapidement accru depuis quelques années, à cause de l'extrême économie qu'elle rapporte dans la main-d'œuvre. On remarque, en effet, dans ces sonneries, que tous les organes appartenant à un même axe, sont venus de fonte et d'une seule pièce ; de sorte que, leurs rapports de position se trouvant fixés d'avance, leur ajustement n'exige, pour ainsi dire, aucun soin. D'un autre côté, lorsque certains rapports doivent exister entre des organes placés sur des axes différents, des repères, également venus à la fonte, déterminent ces rapports.

Il résulte, de ces dispositions, que les pièces d'une sonnerie, une fois fondues sur de bons modèles, peuvent être montées convenablement par l'ouvrier le moins intelligent. Du reste, les inconvénients qu'on pourrait peut-être craindre de la fragilité de la fonte disparaissent devant la précaution qu'a prise M. J. Wagner de consolider certaines dentures par des rebords venus à la fonte, et qui continuent les faces des roues et des pignons. Enfin, l'effort de torsion, ordinairement produit sur les axes par la séparation des pièces portées à la fois par chacun d'eux, disparait entièrement ; cette condition assure à l'horloge une plus grande durée.

Outre les conditions de fabrication économique signalées plus haut, les plans de M. J. Wagner permettent, comme condition générale, la possibilité du démontage et du remontage de chaque pièce sans toucher aux autres, ce qui facilite singulièrement les réparations et l'entretien. Ces dispositions, appliquées depuis longtemps par M. J. Wagner, étaient, cette année, copiées par MM. Gourdin et Dorléans.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les mêmes plans comportent essentiellement la possibilité de déterminer, dans toutes les directions et sans difficulté, la communication du mouvement de l'horloge aux aiguilles ; le placement du pendule dans l'intérieur de la cage, pour éviter qu'il puisse être atteint par la personne chargée de remonter l'horloge ; le dégagement des cylindres pour permettre la direction des cordes dans tous les sens, etc., etc.

Dans la plupart des horloges publiques qui figuraient à l'exposition, de simples trous pratiqués dans le bâti donnent passage aux pivots des axes. On exécute ordinairement ces pivots d'un très petit diamètre dans le but de diminuer les frottements. Il en résulte qu'on ne peut pas fixer, sur le prolongement de ces pivots, en dehors du bâti, les pièces d'arrêt ou autres avec toute la solidité nécessaire, parce qu'il est impossible d'y souder des embases qui ne pourraient passer par le trou ; de sorte que les chocs qui se produisent contre les pièces d'arrêt détraquent rapidement leur ajustement, surtout si, comme dans la plupart des horloges publiques de l'exposition, des pièces ne sont fixées sur le pivot que par une goupille.

Les plans adoptés par M. J. Wagner, comportant des palliers pour recevoir les pivots de ses axes, il en résulte la possibilité de fixer toutes les pièces en question sur des embases : ce qui leur donne une inébranlable solidité.

D'autres conditions de détail témoignent encore de la sagacité avec laquelle M. J. Wagner étudie, non seulement les effets produits, lorsque les pièces qu'il fabrique sortent de chez lui, mais encore, ceux que le temps et l'usure de quelques organes peuvent amener au détriment de la marche de l'horloge.

On sait que pour mieux assurer les effets de sonnerie, leur préparation se fait quelquefois plusieurs minutes avant l'heure, au moyen de dispositions auxquelles, en horlogerie, on donne le nom de *délai*. La force et la grandeur des pièces des horloges publiques avaient permis de croire qu'on pouvait simplifier le mécanisme appliqué aux pendules d'appartement, et de supprimer la pièce qui porte le nom de *détentillon*, en prolongeant la détente d'arrêt jusqu'à la roue chargée de déterminer le moment de la sonnerie, et en plaçant, sur l'autre bras de cette détente, la goupille de délai.

La longue expérience de M. J. Wagner lui a fait remarquer que l'économie résultant de la suppression du détentillon et de son axe était accompagnée d'un inconvénient assez grave pour exiger le rétablissement de cette pièce, qu'on retrouve maintenant dans toutes ses horloges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En effet, l'impossibilité de donner à la goupille du délai une assez large surface, détermine rapidement, sur l'ergot de la pièce d'arrêt, une encoche, une creusure qui devient assez profonde pour ne plus permettre à la détente de la quitter, ce qui empêche la détente de retomber, et arrête la sonnerie.

D'un autre côté, si un coup de vent se fait sentir sur les aiguilles quelque temps avant le moment où doit s'opérer une sonnerie de quelques coups seulement, la queue de la détente peut rester accrochée dans les chevilles chargées de la faire mouvoir, et l'horloge décompte.

Le rétablissement du détentillon pare à tous ces inconvénients, en mettant de larges surfaces en contact au moment du délai, et en diminuant la durée de l'attaque des chevilles sur la queue du détentillon.

C'est surtout dans les horloges publiques que la régularité des oscillations du pendule peut se trouver altérée. L'action du vent sur les aiguilles, suivant la direction où elle s'exerce, équivaut à des variations considérables dans la force motrice, parce que, tantôt elle concourt dans la direction même de cette force, et agit avec elle sur l'échappement, tantôt elle agit en sens contraire, et diminue ainsi l'action normale de la force motrice.

On a cherché à y remédier, comme je l'ai dit plus haut, en plaçant, entre les aiguilles et l'échappement, un mécanisme appelé *remontoir*, dont l'action seule s'exerce sur l'échappement, tandis que le reste du rouage n'a d'autre but que de restituer périodiquement à ce remontoir la force dépensée par lui à faire marcher le pendule.

Le remontoir, le plus ordinairement employé, a été imaginé, je crois, par l'un des nombreux membres de la famille Lepaute. On peut lui reprocher une grande complication, des rouages trop nombreux qui absorbent inutilement une grande partie de la force motrice, et surtout une disposition de roues satellites qui fait varier à chaque instant la pénétration des dents, les axes des deux roues principales n'étant jamais un seul instant à la même distance.

On peut encore, mais cette critique s'adresse à presque tous les remontoirs connus, remarquer que l'arrêt du rouage contre le remontoir le presse plus ou moins en raison des variations de la force motrice, et que cette pression variable réagit sur l'action du remontoir, et, par conséquent, sur les oscillations du pendule.

Les nombreuses horloges exposées par M. J. Wagner présentaient deux espèces de remontoir. On peut faire, au plus simple de ces deux mécanismes, le reproche formulé plus haut, de faire varier la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pénétration des dents entre les deux roues qui réunissent le remontoir au reste de l'horloge ; mais ce reproche s'atténue beaucoup si l'on considère que l'une de ces deux roues, ayant un diamètre considérable, l'arc de cercle parcouru sur elle, par la roue satellite, pendant son double mouvement de descente et d'ascension, se rapproche sensiblement de la ligne droite, et que ces variations de pénétration sont beaucoup moindres que dans le remontoir Lepaute.

L'arrêt du rouage contre le remontoir n'y éprouve pas non plus des frottements aussi considérables quand la force motrice augmente : il tend, au contraire, à activer la marche de celui-ci par sa position contre un bras de levier qu'il pousse dans la direction du mouvement produit par la descente du poids du remontoir.

Cette disposition offre un avantage réel ; et elle n'est pas, comme on pourrait le supposer, un renversement des inconvénients signalés plus haut. En effet, il semblerait que si, dans le remontoir Lepaute, l'augmentation de la force motrice tend à diminuer l'action du petit poids sur le pendule, cette même augmentation, dans le remontoir de M. J. Wagner, tendrait à rendre l'action du petit poids plus considérable, et réciproquement, de sorte que, ni dans un cas, ni dans l'autre, le pendule ne serait pas entièrement soustrait aux variations de la force motrice, et qu'il n'y aurait réellement qu'une atténuation de variation.

Mais les chocs ne se passent pas tout-à-fait ainsi : l'arrêt du rouage tend, à la vérité, à augmenter l'action du poids, mais son point d'application est tel qu'une augmentation de pression, et, par conséquent, d'efforts sur le remontoir est compensée par une augmentation proportionnelle de frottement, ce qui rétablit l'équilibre.

Nous verrons plus loin l'application d'une autre condition produisant le même résultat.

J'ajouterai que l'extrême simplicité de ce remontoir en rend l'application précieuse aux horloges à bas prix, qui lui devront une marche beaucoup plus régulière.

L'autre espèce de remontoir exposée par M. J. Wagner offre un mécanisme plus compliqué que le premier, mais beaucoup moins cependant que celui du remontoir Lepaute. Il repose sur un principe déjà publié par White, et appliqué par lui à un dynamomètre. Mais je ne pense pas qu'il fût connu de M. J. Wagner à l'époque où il a établi son remontoir.

Deux axes, l'un appartenant au remontoir, l'autre portant le dernier mobile du rouage, sont disposés dans le prolongement l'un de l'autre. Tous deux portent une roue d'angle. Un troisième axe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placé entre les deux premiers, et toujours sur la même ligne, porte une chape dans laquelle se trouve une troisième roue d'angle engrenant avec les deux autres. Cette chape porte un arc de cercle suspendant un petit contre-poids qui sera le moteur du remontoir, ou bien un bras de levier portant un poids curseur qui remplira les mêmes fonctions.

On comprend que, si, arrêtant l'une des roues d'angle, celle du remontoir par exemple, on fait marcher le rouage mû par la force motrice, la roue d'angle de la chape ne pourra se mouvoir qu'en tournant autour de la roue arrêtée, et, par conséquent, qu'en faisant remonter sa chape, et avec elle le petit poids qu'elle porte. Mais, lorsque ce poids sera arrivé à une certaine hauteur, un arrêt venant buter contre la chape, empêchera le rouage de marcher, le petit poids restera suspendu, et aucun mouvement ne se produira dans l'horloge. Laissons maintenant la roue d'angle du remontoir en liberté, et faisons, en même temps, osciller le pendule. Le petit poids entrainera alors sa chape, et, avec elle, la roue d'angle qu'elle contient. Mais ce mouvement de descente ne pourra avoir lieu qu'en faisant tourner la roue d'angle du remontoir, et en faisant communiquer ce mouvement à la roue d'échappement, qui entretiendra ainsi les oscillations du pendule sous la seule influence du petit poids, puisque le reste du rouage est arrêté. Mais bientôt l'arrêt cessera d'être en contact avec la chape, le rouage se remettra à marcher et remontera le petit poids, parce que la roue d'angle du remontoir ayant des intermittences de mouvement et de repos, ce dernier état permet à la roue de la chape de tourner autour d'elle, ce qui n'empêche pas le petit poids d'agir sur elle au moment où l'échappement la rend libre. Enfin, lorsque le petit poids est remonté à la hauteur déterminée, l'arrêt du rouage vient de nouveau buter contre la chape pour tenir le rouage en repos jusqu'au moment où la descente du petit poids a atteint sa limite, et remis l'arrêt en liberté.

Un plan légèrement incliné, pratiqué sur la chape, reçoit l'arrêt du rouage.

L'angle qu'il fait avec cet arrêt est choisi par M. J. Wagner, de manière à faire équilibre avec le frottement variable dû à la pression plus ou moins grande produite par les variations de la force motrice; en d'autres termes, si la pression, et, par conséquent, le frottement augmentent, la tendance du plan incliné à fuir sous l'action de l'arrêt, augmente dans le même rapport, et l'équilibre s'établit entre ces deux forces contraires. Il résulte de cette ingénieuse disposition que les variations de la force motrice ne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peuvent plus se faire sentir jusqu'au pendule, dont les oscillations sont uniquement dues à l'action constante du petit poids.

L'emploi des roues d'angles n'est pas une condition indispensable à l'exécution de ce remontoir, dont le principe comporte parfaitement l'application des roues droites, ainsi qu'on peut le remarquer dans la magnifique horloge à cadran ovale qui, dans la rue Montmartre, sert d'enseigne à M. J. Wagner, et dont les aiguilles, qui s'allongent et se raccourcissent, stimulent vivement la curiosité des amateurs d'horlogerie.

La compensation du pendule a également subi d'importantes modifications entre les mains de M. J. Wagner. Cette compensation, ainsi que je l'ai énoncé plus haut, se fait ordinairement, au moyen d'une grille, formée de barres de deux métaux différemment dilatables. Son exécution présente de nombreuses difficultés, qui augmentent notablement le prix d'une horloge. M. J. Wagner est parvenu à la simplifier de manière à permettre de la placer dans les horloges les plus ordinaires. Voici en quoi consiste cette modification.

Une barre de zinc ou de cuivre rouge est placée horizontalement au haut de la cage, et vient buter contre le talon d'un petit levier coudé, dont le bras horizontal porte la tige du pendule. Ce talon est mobile au moyen d'une vis de rappel pour régler sa position relativement à la longueur du pendule et à celle de la barre de zinc, ainsi qu'à la nature du métal qui forme la tige du pendule.

Il résulte, de ces dispositions, que, lorsque la barre de zinc s'allonge par une élévation de température, elle pousse le talon du levier, dont le bras horizontal se relève, et avec lui le pendule, dont les ressorts de suspension glissent dans la fente du pince-lame, à partir de laquelle se mesure la longueur réelle du pendule. Quelques tâtonnements suffisent pour régler la position de ce talon, et déterminer l'exacte compensation du pendule.

Mais, dans les horloges de luxe, on préfère le pendule à grille, qui offre une apparence plus imposante qu'une simple tige de métal.

Les dispositions, généralement adoptées, ont pour résultat de faire monter ou descendre seulement la lentille qui termine la grille. M. J. Wagner a cru plus convenable de disposer les choses de manière à déterminer l'élévation ou l'abaissement de l'ensemble de tout le système.

Cette disposition permet une exécution plus facile et plus rapide de la grille compensatrice.

J'attache encore beaucoup d'importance à la pensée qui lui a fait adopter, pour l'un des métaux de sa grille, le cuivre rouge au lieu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

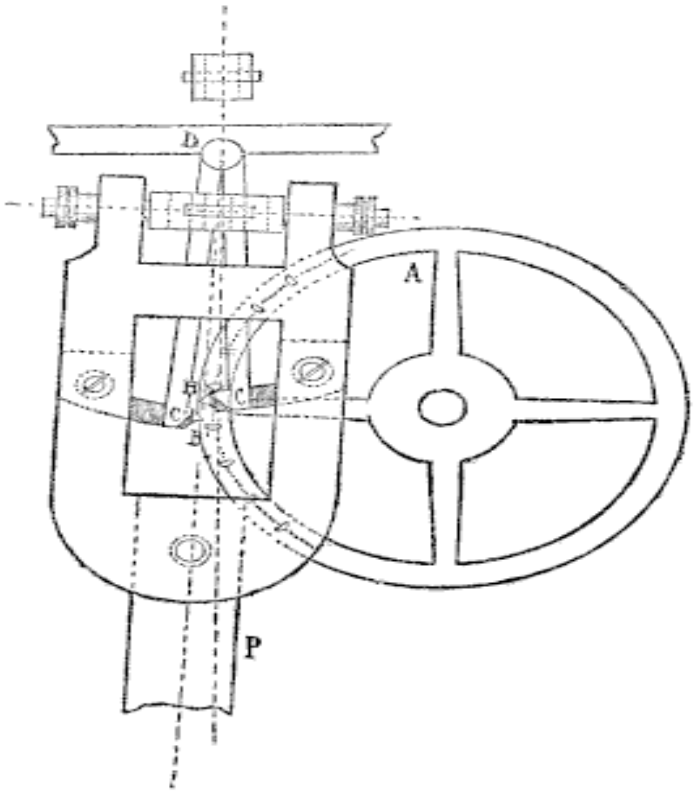
du laiton, ordinairement employé. Les proportions de l'alliage de ce dernier métal, variant d'une manière notable dans le commerce, il en résulte des variations de dilatabilité qui exigent de nouvelles expériences pour chaque grille compensatrice qu'on a à exécuter, tandis que la dilatabilité du cuivre pur restant constante, on n'a plus de tâtonnement à faire, une fois qu'on a déterminé la longueur des barres pour un pendule donné.

Il était impossible qu'un homme, qui a porté une attention aussi sagace sur les questions minutieuses dont je viens de parler, négligeât de s'occuper sérieusement de la pièce fondamentale d'une horloge, c'est-à-dire de l'échappement. Aussi vos lecteurs ne s'étonneront-ils pas lorsque je leur aurai appris que l'exposition de M. J. Wagner en comportait deux qui ont vivement occupé l'attention des horlogers.

Je me bornerai, pour le moment, à en décrire un seul, réservant l'autre pour un examen comparatif avec d'autres échappements fondés sur des principes analogues, et dont l'apparition n'a pas fait moins de sensation dans le monde chronométrique.

La fig. 15 représente ce premier échappement.

Fig. 15.



Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A est une roue d'échappement ordinaire à chevilles.

B et B′ sont les becs d'impulsion fixés directement sur la tige du pendule, ce qui dispense de l'emploi de la fourchette, et supprime le frottement de l'axe de l'échappement.

C et C′ sont deux plans de repos suspendus à deux axes concentriques en D où se trouve également le centre de mouvement du pendule. Ces plans sont placés un peu au-dessus des courbes qui précèdent les becs, qui font une petite saillie en avant des deux plans de repos (1).

La figure représente la fin d'une oscillation du pendule de droite à gauche.

Une cheville de la roue A repose sur le plan de repos C, et le pendule est entièrement libre, entièrement indépendant du rouage; enfin, le plan de repos C′ se trouve écarté par l'épaulement, la saillie du bec B′. Mais le pendule revenant sur lui-même, le plan C′, ainsi que le bec B′, se rapprocheront des chevilles de la roue A, le bec B arrivera au contact du plan C, puis, continuant sa course de gauche à droite avec le pendule, entraînera avec lui le plan C; la cheville n'étant plus retenue sur ce plan, glissera sur le bec B, qui, alors, se trouvera sous elle, et donnera l'impulsion au pendule; mais alors le plan C′ sera arrivé à la verticale sous cette même cheville qui s'y arrêtera, laissant le pendule, entièrement libre, achever son arc supplémentaire, le bec B′ s'éloignant de plus en plus du plan C′, qui maintient le rouage en repos pendant la durée de cet arc, et le commencement de l'oscillation contraire, de droite à gauche. Enfin, le bec B′, dans son mouvement de retour, rencontre le plan de repos C′, l'entraîne avec lui, et mettant ainsi la cheville en liberté, reçoit cette même cheville, qui, glissant le long de son plan incliné, lui donne, à son tour, l'impulsion.

Mais au moment où cette cheville échappe, le plan C, qui avait été entraîné par le bec B, et qui est revenu avec lui, se retrouve dans la verticale, et prêt à recevoir une nouvelle cheville qui, venant se reposer sur lui, arrête de nouveau le rouage jusqu'à ce que le retour du pendule, en faisant reculer le plan C, dégage cette cheville, pour en recevoir une nouvelle impulsion, et ainsi de suite.

Ce qui distingue particulièrement cet échappement des échappements ordinaires à chevilles, outre la suppression de la fourchette et de l'axe de l'échappement, condition qui n'est cependant pas

(1) Une faute du graveur a donné aux plans C et C′ des grandeurs différentes. Ils doivent, tous deux, avoir la même étendue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nouvelle, c'est le repos absolu des chevilles contre les plans C et C', au lieu de les laisser frotter contre les courbes de repos qui sont placées en arrière des becs. Il en résulte le repos absolu du rouage pendant les arcs supplémentaires du pendule, dont l'indépendance est alors aussi entière que possible.

Maintenant, plaçons-nous dans l'hypothèse de l'absence d'un remontoir, ou dans celle d'un remontoir qui, sans les supprimer, ne ferait qu'atténuer les variations de la force motrice, et nous verrons que ces variations, agissant plus ou moins énergiquement par l'intermédiaire des chevilles sur les plans de repos, y détermineront une pression, un frottement variable, et que le pendule, qui, à chacun de ses retours, doit faire glisser la cheville sur le plan où elle repose, aura des efforts variables à faire pour opérer ce dégagement, et que, par conséquent, il y perdra plus ou moins de son mouvement.

D'un autre côté, nous verrons aussi que la variabilité de la force motrice pourra également se faire sentir au moment de l'impulsion sur les becs, et que, par conséquent, la nouvelle disposition ne soustrait nullement le pendule à l'influence de ces variations. Nous avons vu plus haut que M. J. Wagner y avait remédié d'avance par l'emploi d'un remontoir qui supprime entièrement les mauvais résultats.

Dans ce cas, la liberté absolue du pendule, dans ses arcs supplémentaires, présente un avantage incontestable, sur les conditions ordinaires qui exigent un contact permanent des chevilles ou des dents de la roue d'échappement avec les courbes de repos, obligées de glisser, sous ces chevilles ou ces dents, avec des frottements qui peuvent plus, ou moins bien, conserver leur huile, ou recevoir les poussières flottant dans l'atmosphère.

J'aurai plus loin, en parlant des dispositions qui appartiennent à M. Brocot, l'occasion de traiter la question des échappements à recul et à repos, et d'examiner, sous un autre point de vue, les propriétés de l'échappement que je viens de décrire.

L'exposition de M. J. Wagner comportait encore plusieurs pièces que je dois également signaler à vos lecteurs. L'une était une *pendule* dite *contrôleur*, disposée de manière à constater la visite, à une heure donnée, d'un surveillant dans les différentes parties d'un établissement, sans qu'il lui soit possible, non seulement d'en omettre une seule, mais encore sans qu'il puisse intervertir l'ordre dans lequel ces pièces doivent être visitées. Une autre avait pour but de constater le passage successif de cinq ou six surveillants, ainsi que leur ordre de ronde.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je signalerai également l'idée originale de transformer l'horloge des anciens, la clepsydre à eau, en un tourne-broche économique ; et celle de disposer, entre les rais d'une roue de voiture, un compteur dans lequel une espèce de pendule très court détermine, par la position qu'il prend successivement, le mouvement de deux roues mendes ensemble par la même vis tangente.

L'une de ces roues a quatre-vingt-dix-neuf dents, et l'autre cent.

Il résulte de cette disposition que, lorsque la première a fait un tour, l'autre a marché d'une dent de plus, et indique sur un repère les centaines de tours, tandis qu'une aiguille marque sur l'autre les tours de roues depuis un jusqu'à cent. Ce compteur peut s'appliquer à toute espèce d'axe tournant par un lien quelconque, et en compter exactement toutes les révolutions.

Pendant les derniers jours de l'exposition, M. J. Wagner y présenta un appareil désigné sous le nom de *Maréographe*, parce qu'il a effectivement pour but de constater graphiquement les variations de la marée, même dans les localités où, il y a quelques années, on ne soupçonnait pas qu'il en existât, telles que la plupart des ports de la Méditerranée.

Voici la description de cet appareil, dont les données générales ont été fournies à M. J. Wagner par M. Chazallon, ingénieur hydrographe de la marine, mais dont les dispositions mécaniques et l'agencement appartiennent à M. J. Wagner.

L'appareil se compose essentiellement d'un cylindre horizontal, dont le diamètre doit être proportionnel aux plus grandes hauteurs que la marée peut avoir dans la localité où l'on veut la mesurer journellement.

Une chaîne sans fin, mue par une horloge, règne sur l'arête supérieure du cylindre, et porte trois styles ou crayons, dont chacun parcourt, en vingt-quatre heures, la longueur du cylindre.

L'appareil est placé au-dessus d'un puits en communication avec la mer. Un flotteur, suspendu à une corde enroulée sur une poulie placée à l'extrémité du cylindre, détermine le mouvement de rotation de celui-ci dans un sens ou dans l'autre, suivant que la marée monte ou descend dans le puits.

Il résulte, du mouvement de translation de l'un des crayons et des mouvements de rotation du cylindre, des courbes tracées sur un papier qui enveloppe ce dernier, et qui donnent la mesure des variations du niveau dans le puits à tous les moments, de nuit comme de jour.

Si la grandeur de l'ouverture de communication entre le puits et la mer est dans un rapport convenable avec la surface du puits,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les élévations et les dépressions résultant des vagues s'y feront à peine sentir, à cause du peu de durée de ces oscillations, tandis que l'élévation ou la dépression réelle, résultant de la marée, n'y sera retardée que d'une manière insensible, dont, toutefois, l'expérience pourra tenir compte pour des observations précises.

A cet appareil, M. J. Wagner joint un *Barométrographe*, fondé sur le principe du baromètre à cadran, et au moyen duquel on peut obtenir, d'une manière approchée, les variations barométriques correspondantes aux indications du Maréographe.

D'après une conversation avec un ingénieur hydrographe des bureaux de la marine, M. Bréguet avait préparé, il y a quelques années, l'esquisse d'un Maréographe qui ne différait guère de celui que je viens de décrire qu'en ce que les mouvements de la marée se traduisaient sur une échelle réduite au deux-centième pour pouvoir appliquer l'appareil dans les localités où la marée dépasse quelquefois quinze mètres.

L'appareil de M. J. Wagner, excellent pour l'appréciation des petites marées, peut, à la rigueur, mesurer les plus grandes; mais c'est à la condition de faire faire au cylindre jusqu'à quinze tours, s'il a un mètre de circonférence.

Enfin, M. J. Wagner exposait encore une série d'appareils ayant pour but la démonstration pratique des principes de la théorie des échappements, principes peu connus de la plupart des horlogers, et qu'il a consignés dans un mémoire, dont je donnerai peut-être quelques extraits à vos lecteurs, si l'espace dont je puis disposer n'est pas occupé par l'examen de produits sur lesquels des renseignements indispensables me manquent encore.

Enfin, je ne quitterai pas M. J. Wagner sans rappeler qu'il a probablement été l'une des causes les plus efficaces des progrès de la musique en France, et surtout de la précision avec laquelle elle y est aujourd'hui exécutée, grâce à l'immense développement qu'il est parvenu à donner à la fabrication du *Métronome* de Maelzel, en le livrant à des prix tellement réduits qu'il est devenu abordable aux plus petites bourses, et qu'il n'est pas aujourd'hui d'élève chez lequel il ne serve à développer le sentiment rhythmique, dont les progrès sont si remarquables depuis quelques années.

Après avoir décrit ce qu'il m'a été donné d'étudier dans l'horlogerie de grandes dimensions, je vais passer à l'examen du petit nombre des expositions d'horlogerie de précision, sur lesquelles il m'a été possible d'avoir des renseignements précis.

Je commencerai par les produits de la maison Bréguet, neveu et compagnie, et je ferai remarquer, dès mon début, qu'il ne faut pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

induire, comme on le fait habituellement, de la raison sociale de cette maison, qu'il n'y existe pas de descendant direct de son célèbre fondateur, mais qu'elle est, au contraire, dirigée par le petit-fils et le neveu de celui qui a porté à un si haut degré la réputation de l'horlogerie française; et, j'espère, en outre, démontrer que, non seulement les bonnes traditions s'y sont conservées intactes, mais que de remarquables travaux placent aujourd'hui le petit-fils sur la même ligne que son aïeul.

Je vous signalerai rapidement, malgré le mérite de leurs combinaisons, et l'excellence de leur exécution, cette foule de montres dont l'extrême petitesse n'en comporte pas moins les nombreux effets de quantième, de phases de la lune, de sonnerie, de répétition, etc., etc., etc., qui, à toutes les époques, ont distingué la maison Bréguet; ces pendules de voyage, où l'augmentation de volume est loin de compenser les difficultés qu'on semble n'y avoir accumulées que pour avoir le plaisir de les vaincre; ces chronomètres, dont l'exactitude et la précision, constatées par les observations journalières de l'Observatoire, ne le cèdent à aucun des produits des nombreux concurrents de cette maison, et je me hâte d'arriver aux pièces qui sont plus particulièrement l'œuvre personnelle de M. Louis Bréguet.

On connait depuis longtemps dans la science, sous le nom de *Thermomètre-Bréguet*, un instrument d'une délicatesse extrême, formé d'un ruban très mince, contourné en hélice cylindrique, composé de trois métaux, argent, or et platine, placés dans l'ordre de leur dilatabilité. Cette hélice, ayant une très grande surface sous un volume excessivement petit, se resserre ou se dilate instantanément de quantités notables pour de très petites variations de température. Un index, suspendu à la dernière révolution de l'hélice, indique, sur un cadran, le changement de température. Malgré son extrême sensibilité, il a été prouvé, par de nombreuses expériences, que ce thermomètre est facilement comparable.

Déjà, d'après quelques indications qui lui avaient été fournies, M. Bréguet avait appliqué le thermomètre de son aïeul à des appareils qui permettent d'apprécier la quantité de calorique dégagé par l'électricité, traversant un fil métallique. Ces instruments furent même employés comme rhéomètres, d'après l'hypothèse que, dans certaines limites, le calorique produit est proportionnel à l'intensité de l'électro-moteur.

Pénétré de l importance de la multiplicité des observations météorologiques sur tous les points du globe, et, par conséquent, de l'utilité de favoriser ces observations dans tous les climats, sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compromettre la santé ou même la vie des observateurs, M. Bréguet s'est donné, et a accompli, avec un entier succès, la tâche difficile d'exécuter des *thermométrographes horaires*, qui, à des intervalles de temps aussi rapprochés qu'on le désire, enregistrent avec précision la température du lieu, sans que la présence d'un observateur soit nécessaire.

L'instrument se compose d'un thermomètre métallique, roulé en hélice, placé autour d'un axe vertical, portant au bas une aiguille à pointage que je décrirai plus loin. Au-dessous de cette aiguille est une plaque mobile sur laquelle sont tracés vingt-quatre arcs de cercle divisés. Cette plaque, s'avançant, au moyen d'un mécanisme d'horlogerie, d'une même quantité à chaque heure, un de ces arcs de cercle se trouve ainsi placé, à chaque heure, au-dessous de l'encrier de l'aiguille, et reçoit l'impression d'un point noir qui indique, sur la division où il se trouve placé, qu'à telle heure la température était de tant de degrés. On a donc, au bout de vingt-quatre heures, une courbe par points qui montre les variations de la température pendant ce laps de temps. Des cadrans imprimés sur papier sont préparés à cet effet ; de sorte qu'en en mettant tous les jours un nouveau sur la plaque, on peut obtenir la collection, d'heure en heure, de toutes les variations thermométriques d'une localité, pendant une période de temps aussi considérable qu'on peut le désirer.

Cet instrument fonctionne depuis plus de deux ans au cabinet météorologique de Kasan, où il a marqué des températures de 42 degrés au-dessous de zéro.

M. Bréguet a également exécuté un autre thermométrographe qui dispense l'observateur de tous soins pendant un mois et plus. Il enregistre les températures sur une bande de papier enroulée sur un cylindre, et qu'un mouvement d'horlogerie déroule sous l'aiguille à pointage.

Les météorologistes trouveront encore des avantages analogues dans l'emploi du *Psychromètre*, également inventé par M. Bréguet pour faire connaître, à des heures fixes, le degré d'humidité de l'air, au moyen des indications de deux thermomètres métalliques, dont l'un est à l'air libre et donne la température de l'atmosphère, tandis que l'autre, enveloppé d'une mousseline toujours humectée, donne la température due à l'évaporation.

Ce principe avait déjà été appliqué par Auguste, de Berlin, mais avec deux thermomètres à mercure. L'extrême sensibilité du thermomètre métallique rend son emploi plus avantageux, d'autant plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'il permet d'enregistrer mécaniquement la température, ce qui ne peut s'exécuter avec les thermomètres ordinaires.

J'arrive ici à l'appareil le plus capital de M. Bréguet, celui qu'il a construit, dans le but de réaliser l'expérience proposée par M. Arago, pour constater le mode de propagation de la lumière.

Mais, avant de décrire cet appareil, il ne sera pas inutile de rappeler à vos lecteurs en quoi consiste l'expérience proposée par M. Arago, expérience qui très probablement ne tardera pas à être faite.

Le but de cette expérience est de décider, sans équivoque, de trancher mathématiquement la question de savoir si la lumière se compose de petites particules, *émanant* des corps rayonnants, ainsi que le voulait Newton, ou bien si elle est simplement le résultat des *ondulations* d'un milieu très rare et très élastique que les physiciens sont convenus d'appeler l'*éther*. Voici comment M. Arago exposait le principe de la méthode :

« Faisant tomber un rayon lumineux sur un miroir plan, poli, il se réfléchira, comme tout le monde le sait, en formant, avec la surface du miroir, un angle de réflexion exactement égal à l'angle d'incidence.

» Imaginons maintenant que le miroir vienne à tourner de la quantité a autour du point de sa surface, où la réflexion s'est opérée ; si ce mouvement, par exemple, augmente de la quantité a l'ancien angle d'incidence, il diminuera d'autant l'ancien angle de réflexion. Celui-ci, après le déplacement du miroir, sera donc plus petit que le premier de la quantité $2a$: ainsi, il faudra l'augmenter de $2a$ pour le rendre égal au nouvel angle d'incidence ; ainsi, cet angle, augmenté de $2a$, donnera la direction du rayon réfléchi dans la seconde position du miroir ; ainsi, le rayon incident restant le même, un mouvement angulaire a du miroir occasionne un mouvement angulaire double du rayon réfléchi...

» La réflexion sur des miroirs plans peut servir à jeter des rayons lumineux dans toutes les régions de l'espace, sans cependant altérer leur position relative...

» Au lieu d'un seul rayon, prenons-en maintenant deux, horizontaux, partant de deux points voisins situés dans la même verticale. Admettons que leur direction les amène sur la ligne médiane (également verticale) d'un miroir plan, vertical. Supposons que ce miroir tourne sur lui-même, uniformément et d'une manière continue autour d'un axe vertical dont le prolongement coïncide avec la ligne médiane qui vient d'être mentionnée.

» La direction suivant laquelle les deux rayons horizontaux se

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réfléchiront dépendra évidemment du moment où ils atteindront le miroir, puisque nous avons supposé qu'il tourne. Si *les deux* rayons sont *partis simultanément des deux points contigus*, ils arriveront aussi simultanément au miroir, leur réflexion s'opérera au *même instant*, conséquemment dans une même position de la surface tournante, conséquemment comme si cette face, quant à eux, était immobile : leur parallélisme primitif ne s'en trouvera donc pas altéré. Pour que les rayons, qui primitivement étaient parallèles, divergent après leur réflexion, il faudrait que l'un d'eux arrivât au miroir plus tôt que l'autre ; il faudrait que, dans son trajet, du point rayonnant à la surface réfléchissante et tournante, la marche de ce rayon fût accélérée, ou bien, car le résultat serait précisément le même, il faudrait, la vitesse du premier rayon restant constante, que celle du second éprouvât une diminution ; il faudrait enfin que les deux rayons se réfléchissent l'un après l'autre, et, dès lors, sur deux positions distinctes du miroir, formant entre elles un angle sensible.

» Suivant la théorie de l'émission, la lumière se meut dans l'eau plus vite que dans l'air. Suivant la théorie des ondes, c'est précisément le contraire, la lumière marche plus vite dans l'air que dans l'eau. Faisons en sorte qu'avant d'arriver au miroir, un des deux rayons, le rayon supérieur, par exemple, ait à traverser un tube rempli d'eau. Si la théorie de l'émission est vraie, ce rayon supérieur sera accéléré dans sa marche ; il arrivera au miroir le premier, il se réfléchira avant le rayon inférieur, il formera avec lui un certain angle, et le sens de la déviation sera tel que le rayon inférieur paraîtra plus avancé que l'autre, qu'il semblera avoir été entraîné plus vite dans le miroir tournant. »

Ici, M. Arago explique que le phénomène inverse aura lieu, si la théorie des ondes est la meilleure. Plus loin, au lieu de deux rayons émanés chacun d'un point, il suppose une ligne lumineuse verticale, dont la moitié aurait traversé le tube d'eau, et l'autre moitié l'air libre, et y applique le même raisonnement.

« Tout ce qui précède, ajoute-t-il, est théoriquement, ou plutôt spéculativement, exact. Maintenant, et c'est ici le point délicat, il reste à prouver que, malgré la prodigieuse rapidité de la lumière, que, malgré une vitesse de près de 80,000 lieues par seconde, que, malgré la petite longueur que nous serons forcés de donner au tube rempli de liquide, que, malgré les vitesses de rotation bornées qu'auront les miroirs, les déviations comparatives des deux images (vers la droite et vers la gauche), dont j'ai démontré l'existence, deviendront perceptibles dans nos instruments. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Après cet exposé, M. Arago admet que le miroir fasse sur lui-même 1000 tours par seconde, vitesse déjà presque atteinte dans une expérience de M. Wheatstone, où un miroir faisait 800 tours par seconde.

Il expose ensuite les conditions de principe suggérées par M. Gambey pour atteindre à des vitesses, pour ainsi dire, quelconques, sans échauffer les tourillons des axes tournants, de manière à déterminer leur usure trop rapide.

Pour obtenir une vitesse double, par exemple, il suffirait de faire reposer l'appareil rotatif actuel sur un tourillon doué lui-même d'une vitesse de 1000 tours. En interposant, dans les mêmes conditions, trois ou quatre axes tournant dans une direction commune, on arriverait à des vitesses de rotation absolue de 3 et de 4,000 tours, sans que les vitesses relatives des pièces en contact surpassassent celle de 1000 tours, à l'action de laquelle, comme l'expérience l'a montré, des axes peuvent résister.

Il fait remarquer, plus loin, que cette vitesse n'est pas absolument nécessaire, parce qu'en multipliant les miroirs, tournant chacun avec une vitesse abordable, on pourra doubler, tripler, quadrupler, par des réflexions successives, l'angle formé par les deux images sur le premier miroir.

M. Arago expose ensuite que, les expériences de M. Wheatstone ayant prouvé que des images d'étincelles électriques dont la durée était moindre qu'un millième de seconde, étaient cependant visibles dans un miroir tournant, on peut employer cette lumière, qu'il a prouvé ailleurs se mouvoir avec la vitesse de celle du soleil.

Il établit ensuite, d'après les expériences de Bouguer, la probabilité que la lumière serait encore visible, après avoir traversé une couche d'eau de 80 pieds, qui réduirait son intensité primitive à 1/59.

Se plaçant toujours dans l'hypothèse de 1000 tours par seconde, M. Arago fait remarquer que, dans 1000 circonférences, il y a 21,600,000 minutes de degré, qu'une minute de degré sera parcourue en 1/21,600,000 de seconde, et une demi-minute en 1/43,200,000 de seconde.

« Deux rayons, qui tomberont parallèlement sur le miroir tournant, formeront donc entre eux, après leur réflexion, un angle d'une minute de degré, si l'un des deux est arrivé au miroir 1/43,200,000 de seconde plus tôt que l'autre. (M. Arago avait énoncé précédemment que cet angle est plus que suffisant pour apprécier la séparation des images.)

» Au temps, substituons des longueurs. Cherchons de *combien*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de mètres le premier rayon doit devancer le second, pour qu'il s'écoule 1/43,200,000 de seconde entre les moments de leur arrivée à la surface réfléchissante.

» La lumière vient du soleil à la terre en 8′ 13″, ou en 493 secondes de temps.

» Du soleil à la terre, il y a 23,600 rayons terrestres, ou 27,600 fois 6,366,000 mètres.

» En 1″ la lumière parcourt donc $\frac{(236,000)\ (636,600)}{493}$ mètres $=$ 48 (6,366,000) mètres.

» De là résulte encore qu'en 1/43,200,000 de seconde, ou pendant le temps que le miroir emploie à tourner sur lui-même d'une demi-minute de degré, la lumière parcourt $48\ \frac{6366000}{43200000}$; cette fraction vaut 7m,07, en nombre rond 7 mètres.

» Ainsi, il faut et il suffit, pour que deux rayons de lumière parallèles, après s'être réfléchis à la surface d'un miroir tournant sur le pied de mille tours en une seconde, fassent entre eux un angle d'une minute, que l'un précède l'autre de 7 mètres. »

Plus loin, M. Arago établit que, suivant la théorie de l'émission, le rapport de la vitesse de la lumière dans l'eau à la vitesse de la lumière dans l'air est celui de 1336 à 1000, sensiblement égal au rapport de 4 à 3, et que, pendant que la lumière franchit toute la longueur du tube rempli d'eau, elle ne parcourt dans l'air que les trois quarts de cette même longueur.

« Ce sera la différence de ces deux quantités, c'est-à-dire un quart de la longueur du tuyau d'eau, qui devra être égal à 7 mètres, si l'on veut que les deux rayons se réfléchissent sous l'angle d'une minute. La longueur totale du tuyau sera donc égale à 28 mètres (1).

» En recourant à deux miroirs conjugués, un tube de 14 mètres d'eau correspondrait à la même déviation angulaire d'une minute.

» Avec trois miroirs, 9 mètres 1/3 conduiraient au même résultat. A l'aide de quatre, il suffirait de 7 mètres. »

M. Arago fait ensuite observer que si, à l'aide de lunettes suffisamment puissantes, on pouvait rendre sensibles des déviations angulaires d'une demi-minute, ces longueurs seraient réduites à moitié, et même au quart, si l'on pouvait, comme cela est probable, apprécier des séparations angulaires d'un quart de minute.

(1) Un calcul semblable, fait dans le système des ondes, ne donnerait que 21 mètres pour la longueur du tuyau d'eau qui correspondrait à une même déviation d'*une minute*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Choisissons, ajoute M. Arago, un milieu plus réfringent que l'eau, par exemple le *carbure de soufre*, à l'égard duquel le rapport des vitesses dans l'air et dans le liquide est celui de 1000 à 1678. Le même calcul donnera, pour une rotation de 1000 tours d'un seul miroir, et une déviation d'une minute, une longueur de tuyau égal à 17m,4 (1);

» Avec 2,000 tours, ou deux miroirs, on a 8m,7;

» Avec 3,000 tours ou trois miroirs, 6m,4;

» Avec 4,000 tours, ou quatre miroirs, 4m,3.

» Ces longueurs de tuyau seront réduites respectivement à 8m,7, à 4m,3, à 3m,2 et à 2m,1, en ne cherchant que des déviations angulaires d'une *demi-minute.*

» Si enfin, comme on doit le penser, on discerne bien des déviations d'*un quart de minute*, ces mêmes longueurs, en employant un, deux, trois ou quatre miroirs rotatifs à 1000 tours, se réduiront respectivement à 4m,3, à 2m,1, à 1m,6, à 1 mètre. »

Telle est, en substance, l'expérience capitale proposée par M. Arago, et pour laquelle il a fait un appel à tous les artistes assez animés de l'amour de la science pour tenter l'exécution d'un appareil qui exige des conditions aussi difficiles de précision et de délicatesse.

Un seul a répondu à cet appel, et a considérablement dépassé les limites de vitesse dont se contentait M. Arago. M. Bréguet a puisé sa confiance au succès dans la connaissance approfondie des engrenages héliçoïdes, dont précédemment nous avions étudié ensemble les remarquables propriétés.

Séduit par les données ingénieuses de M. Gambey, mais persuadé de la presque impossibilité pratique d'appliquer, à chaque tourillon inférieur, une force motrice en rapport avec les masses à entrainer, j'avais proposé à M. Bréguet de placer, sur chaque axe principal, une capsule dans laquelle reposerait le pivot inférieur de l'axe placé au-dessus, et d'imprimer à chacun de ces axes la plus grande vitesse de rotation possible, par des forces motrices et des mécanismes entièrement indépendants les uns des autres, et dont la cage, au lieu d'être entrainée par le mouvement de l'axe inférieur, resterait en repos. J'aurais réduit ainsi le frottement de chaque pivot sur la capsule de toute la quantité dont cette capsule aurait tourné elle-même, et par conséquent réalisé l'hypothèse de M. Gambey.

La solution de M. Bréguet est beaucoup plus simple. Il s'est com-

(1) Dans la théorie des ondes, la longueur du carbure de soufre nécessaire à la déviation d'une minute, ne serait pas de 11 mètres.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plétement débarrassé de tout frottement de pivots, en supprimant les pivots eux-mêmes, et en profitant, pour les remplacer, de cette propriété des engrenages héliçoïdes, de produire, sur les axes, une pression ou plutôt une poussée dans le sens de leur longueur.

Pour atteindre ce but, M. Bréguet a placé deux pignons héliçoïdes à une certaine distance l'un de l'autre, en ayant soin d'incliner leur denture en sens contraire. Trois roues entourent chaque pignon, ce qui maintient l'axe dans une direction constante, sans qu'il soit nécessaire de loger ses extrémités dans des trous; et enfin la poussée des roues supérieures dans un sens étant contrebalancée par la poussée des roues inférieures dans l'autre, il en résulte que l'axe reste suspendu entre les deux étages de roues qui le maintiennent dans la position verticale. Pour plus de sécurité, M. Bréguet entoure son axe de quatre galets en haut et en bas, afin d'éviter tout ballottement de l'axe et de laisser à son engrenage le jeu nécessaire à son mouvement.

L'emploi de six roues autour de l'axe du miroir lui a permis en outre de fractionner autour de cet axe la force motrice, pour éviter la rupture des dents, dont chacune aurait pu ne pas supporter l'effort total nécessaire à la rotation du miroir. Cette disposition a quelque analogie avec celle de la turbine, sur les aubes de laquelle l'effort total de l'eau se fractionne, au lieu d'agir tout entier sur un petit nombre d'aubes, comme dans les roues hydrauliques ordinaires.

Dans le premier appareil d'essai, la vitesse de l'axe sans le miroir a été souvent à 9,000 tours par seconde; mais avec un miroir d'un centimètre seulement de base, la résistance de l'air ralentissait considérablement cette vitesse.

Dans un second appareil, celui qui figurait à l'exposition, la vitesse de rotation du miroir peut aller à 3,000 tours par seconde.

Malgré la petitesse de quelques unes des dentures de ces appareils, dentures entièrement exécutées en cuivre, M. Bréguet s'est fréquemment assuré qu'avec ces énormes vitesses aucune dent ne saute sur les autres. Dans ce but, il a fait, sur les divers mobiles, des repères dont la rencontre a constamment montré la persistance du rapport des mêmes dents les unes avec les autres. Un appareil à trois miroirs est prêt à réaliser l'expérience proposée par M. Arago. Je me tiendrai en mesure d'en faire connaître le résultat à vos lecteurs.

J'ai dû à l'obligeance de M. Bréguet son fréquent concours personnel dans mes premières expériences électrotypiques. Son goût pour l'étude de l'électricité lui a suggéré l'idée de l'appliquer à la mesure de certains phénomènes, en déterminant son action sur un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

compteur à pointage (1), dont il est parvenu à simplifier le mécanisme, au point de pouvoir le livrer à un prix très modéré.

Le compteur est placé sur une petite boite en forme de pupitre, dans laquelle est établi un système d'électro-aimants, au moyen duquel un levier vient appuyer sur le bouton du compteur chaque fois qu'on fait circuler un courant électrique dans le fil de cuivre entourant les aimants.

Cet appareil est susceptible de recevoir d'utiles applications industrielles.

Placé dans le cabinet d'un manufacturier, ses électro-aimants en communication, par des fils métalliques, avec le volant d'une machine à vapeur, sur l'axe duquel serait un commutateur, il suffirait de faire passer un courant électrique par ces fils, pour qu'à l'instant chaque tour du volant fût indiqué par un point sur le cadran du compteur; le nombre de secondes compris entre deux indications donnerait la vitesse actuelle du volant.

M. Constantinoff, officier russe d'une grande capacité, qui a fait quelque séjour à Paris, était préoccupé de l'idée qu'on pourrait appliquer l'électricité voltaïque à la mesure de la vitesse d'un boulet dans les différents points de sa trajectoire.

Cette idée, communiquée à M. Bréguet, a été réalisée par lui dans des conditions que, pour le moment, il ne m'est pas permis de révéler à vos lecteurs. Je me bornerai à dire que le boulet, traversant successivement plusieurs écrans, y détermine la rupture de fils métalliques traversés par un courant électrique dont la cessation détermine, sur un cylindre, le pointage immédiat de la durée du trajet d'un écran à l'autre.

Tels étaient les titres avec lesquels la maison Bréguet se présentait à l'exposition, indépendamment de ceux qui n'y figuraient pas sous des formes matérielles, et dont j'aurai à m'occuper plus loin.

(1) Le *compteur à pointage* est de l'invention de M. Rieussec, et se compose principalement d'une *aiguille trotteuse* formée de deux pièces superposées. La pièce inférieure porte, à son extrémité, un petit réservoir d'encre grasse, et l'autre une pointe qui, par un mécanisme placé sous le cadran, traverse le réservoir, et marque un point sur le cadran, chaque fois que l'on presse un bouton placé sur le bord de la boîte, ce qui permet de faire plusieurs observations de suite sans regarder l'instrument. Je regrette de ne pouvoir rien dire de plus sur un homme aussi habile que M. Rieussec, dont les pièces ont été volées à l'exposition, et qui, retiré à la campagne, y a probablement oublié les notes qu'il m'avait promises. M. Rieussec a obtenu une médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Vos lecteurs ont probablement plus d'une fois recouru au bas des pages dans lesquelles figure son nom, pour y trouver l'indication de la récompense si légitimement méritée par de si nombreux et de si importants travaux ; probablement cette lacune a été mise sur le compte de la négligence de l'imprimeur, ou d'un oubli de ma plume. Eh bien ! l'imprimeur en est parfaitement innocent, et ma plume n'a pas fait d'oubli. La maison Bréguet n'a pas obtenu de médaille, et son nom ne figure, sur la liste des récompenses, que pour le *rappel* d'une médaille d'or qu'il faut faire remonter jusqu'en 1827, époque laquelle M. Bréguet père, aujourd'hui retiré des affaires, a obtenu cette distinction.

En 1834, ce rappel pouvait être motivé sur ce que cette maison était alors trop nouvelle pour qu'on fût certain que les pièces exposées n'appartinssent pas à l'ancienne.

En 1839, elle avait retiré ses pièces de l'exposition, parce que la place exiguë qu'on lui avait accordée ne permettait pas qu'elle pût les faire surveiller par un gardien, et le rapport de M. Savary contient, à ce sujet, le paragraphe suivant :

« Nous regrettons de n'avoir pas eu à nous prononcer sur les tra-
» vaux d'horlogerie de la maison Bréguet, qui soutient si dignement
» la réputation de son célèbre fondateur ; nous le regrettons d'au-
» tant plus que, pendant l'exposition, elle avait, à l'Observatoire,
» pour le concours ouvert par la marine, plusieurs chronomètres,
» parmi lesquels s'est trouvé le numéro 4323, qui, par une marche
» excellente pendant un an, a mérité la prime de 1,000 fr. accor-
» dée annuellement, par le ministre de la marine, au chronomètre
» qui remplit le mieux les conditions du concours. »

Au moment où j'écris, le rapport officiel sur l'exposition de 1844 est loin d'avoir paru. Je n'ai, sur les motifs de cette singulière exclusion, que des *on dit*, qui peuvent manquer de vérité, et que je m'abstiendrai, par conséquent, de reproduire ici, me bornant à y répéter l'assertion formelle de M. Bréguet, qu'aucun des membres du jury n'a visité ses ateliers, et que, dans les galeries de l'exposition, les produits, si nombreux et surtout si variés de cette maison, n'ont pas occupé, pendant une demi-heure, l'attention du jury.

Ces faits ne sont-ils pas un exemple trop frappant du danger que je vous signalais au début de ces études, et ne plaident-ils pas plus hautement que je ne pourrais le faire contre l'institution des récompenses? Heureusement qu'un échec de ce genre n'est pas de nature à décourager un homme comme M. Bréguet, qui parait, au contraire, y avoir puisé une nouvelle ardeur, et ne veut répondre à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'oubli officiel dont il est l'objet que par de nouveaux chefs-d'œuvre.

Vos lecteurs s'attendent, sans doute, que, suivant mon habitude, j'ai en réserve quelques notes biographiques sur le fondateur d'une maison aussi célèbre. Je ne tromperai pas leur attente.

Abraham Bréguet était un des enfants de ces nombreuses familles protestantes que l'impolitique révocation de l'édit de Nantes força de porter à l'étranger les arts industriels que Colbert avait si laborieusement cherché à fixer en France. Fils d'un pauvre horloger de Neufchâtel, en Suisse, ses premières années furent loin de faire prévoir ce qu'il serait un jour. Placé par son beau-père, qui ne pouvait vaincre sa répugnance pour le travail, chez un habile horloger de Versailles, le jeune Bréguet ne tarda pas cependant à y développer des talents remarquables. Son temps d'apprentissage fini, le maître annonce à l'élève qu'il est enfin ouvrier, et lui témoigne la plus entière satisfaction de la manière dont il a rempli ses devoirs d'apprenti ; mais, à son grand étonnement, le jeune Bréguet refuse de recevoir un salaire immédiat, et réclame, comme un devoir pour lui, de continuer son travail gratuit pendant trois mois de plus, pour indemniser son maître du temps qu'il a pu perdre.

Mais, à peine avait-il terminé ces trois mois, que Bréguet fut obligé de se charger d'une sœur que, comme lui, la mort de sa mère et de son beau-père avait rendue orpheline. Malgré cette position précaire, il trouva moyen de suivre assidument un cours que l'abbé Marie faisait alors au collége Mazarin. Son assiduité le fit distinguer du professeur, qui, bientôt, devint son ami, et contribua d'une manière notable à préparer les voies dans lesquelles Bréguet s'est illustré.

Quand la révolution éclata, Bréguet avait déjà un grand nom parmi les artistes, et son établissement avait acquis un très haut degré de développement. Mais l'orage révolutionnaire le renversa, et le célèbre artiste fut forcé, pendant deux ans, de vivre sur la terre étrangère.

Il dut son salut à un homme dans le cœur duquel on n'aurait pas soupçonné le sentiment de la reconnaissance.

Dans un voyage qu'il fit en Angleterre, au commencement de nos troubles civils, Bréguet rencontre un Français poursuivi par la populace de Londres, à laquelle il avait probablement été désigné par quelque émigré. Sans s'informer des motifs de cette poursuite, il lui ouvre sa porte, le fait déguiser en vieille femme, traverse

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

avec lui le peuple ameuté, et parvient à le mettre en lieu de sûreté.

Quelque temps après, Marat se présente à Paris, chez Bréguet, lui apprend qu'il doit être arrêté dans deux heures, et lui donne ce délai pour se soustraire aux recherches que Marat lui-même doit diriger. Bréguet profita du conseil et s'exila. Mais, sur la terre étrangère, il trouva de généreux secours qui le mirent à même, secondé par son fils, de continuer ses ingénieuses recherches sur son art. Au bout de deux ans, il put revenir à Paris, où il créa un nouvel établissement, dont la prospérité est allé croissant jusqu'à sa mort, arrivée en 1823, et qui, depuis, entre les mains de son fils et de son petit-fils, a conservé, par des progrès continuels, une illustration méritée.

Parmi les nombreuses créations dues à Bréguet, je me bornerai à signaler celles qui ont eu le plus de retentissement, soit parmi les artistes, soit dans le grand monde, où il sera toujours de mode d'avoir une montre ou une pendule Bréguet.

Son premier pas vers la célébrité parait avoir été l'exécution, en 1780, des *montres* dites *perpétuelles*, parce qu'en effet elles n'ont pas besoin d'être remontées à la main, et qu'il suffit, pour qu'elles continuent d'indiquer l'heure, de les porter sur soi quelques minutes ou de les secouer légèrement. Le remontage s'opère au moyen d'un levier terminé par une petite masse que le mouvement du corps fait descendre d'une quantité suffisante pour qu'une roue, placée sur l'axe de ce levier, bande le ressort pour vingt-quatre heures.

Cette idée n'était pas entièrement nouvelle. Un jésuite, dont le nom m'échappe, en avait, dit-on, tenté l'application au XVIIe siècle, mais sans succès.

Bréguet en a établi un nombre considérable.

C'est vers la même époque qu'il supprima la fusée dans les pièces marines, et qu'il la remplaça par un second barillet. Cette suppression existait déjà pour les montres à cylindre, mais sans le remplacement par un second barillet, parce que l'échappement à cylindre se règle, jusqu'à un certain point, par lui-même ; mais on n'avait pas osé l'appliquer aux pièces marines, qui exigent beaucoup plus de précision.

La suppression de la fusée présente, indépendamment de celle de la chaîne qui en est la conséquence, une grande économie de main-d'œuvre, dont je vais essayer de rendre compte, en entrant dans quelques détails sur son emploi.

Il est évident, *à priori*, que le ressort moteur d'une pièce d'hor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

logerie portative a beaucoup plus de force lorsqu'il est entièrement bandé que lorsqu'il est près de sa fin. Il était donc de la plus grande importance d'égaliser cette force dans tous les moments de son action, pour que les impulsions données au balancier restassent constamment les mêmes. Dans ce but, on imagina de faire agir le barillet, contenant le ressort, sur une chaine enroulée autour d'un cône, sur la circonférence duquel est pratiquée une rainure en spirale, de manière que, quand le ressort a toute sa force, il tire à lui les portions de la chaine placées sur les plus petits cercles de la spirale, et agit, par conséquent, sur un plus petit bras de levier. A mesure que le ressort se déroule, et perd, par conséquent, de sa force, son action s'exerce sur des bras de levier de plus en plus grands, ce qui rétablit l'équilibre, et détermine constamment le même effort sur les mobiles placés au-delà de la fusée.

Mais, pour obtenir d'emblée ce résultat, il faudrait que la force du ressort fût régulièrement et uniformément décroissante, à mesure qu'il se développe, ce qui est bien loin d'être le cas. Pour y remédier, on monte la fusée et le barillet avec son ressort sur un appareil très sensible, disposé de manière qu'une aiguille indique les variations anormales de la force du ressort, à mesure de son développement. On indique, par un repère sur la fusée, les points où les bras de levier qu'elle présente au ressort sont trop grands, et, avec un outil convenable, on diminue en ces points le diamètre de la fusée, de quantités telles, qu'à la dernière vérification sur l'appareil, aucune inégalité d'action ne se fasse plus remarquer. Ce long et minutieux tâtonnement doit, comme on le voit, ajouter notablement au prix de revient d'une pièce de précision. Ajoutons que, lorsque le ressort vient à casser, ce qui arrive assez souvent, tout ce travail est entièrement perdu, et qu'il faut recommencer sur de nouveaux frais, et souvent même refaire une nouvelle fusée.

La modification apportée par Bréguet consiste, comme je l'ai dit, à remplacer la fusée par un second barillet, engrenant sur le même pignon que le premier. Mais les ressorts ont chacun quinze tours, c'est-à-dire le double de longueur que dans le cas d'un seul barillet. Les deux tours du milieu de chaque ressort sont seuls utilisés pour la force motrice nécessaire à une marche de vingt-quatre heures. Les autres tours ne servent qu'à donner plus de moelleux et de régularité à cette force. Il est utile d'ajouter que ces ressorts sont fabriqués avec de grandes précautions, qu'ils vont s'amincissant graduellement, depuis la portion qui touche le barillet jusqu'à l'axe, et qu'enfin toute variation de force, dans les quatre tours employés, qui atteindrait à un dixième de la force normale, ferait

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rejeter le ressort. Les variations moindres se corrigent par l'isochronisme du spiral.

Un géomètre, digne d'apprécier de tels perfectionnements, a dit : « Il fallait un talent ingénieux pour inventer le mécanisme de la fusée. Il fallait un talent parfait pour la supprimer. »

Enfin, le pignon, qui engrène avec les deux barillets, porte un nombre impair de dents, de sorte que la conduite par une dent de l'un des barillets ne commence qu'au milieu de la conduite par la dent du barillet opposé, et réciproquement. L'emploi des engrenages héliçoïdes dispenserait de cette précaution.

J'ai parlé plus haut de l'isochronisme du spiral. Cette expression s'entend de la propriété que doit avoir le petit ressort, appliqué au balancier d'une montre, de faire parcourir à ce balancier ses arcs, grands ou petits, dans le même temps. Cette propriété, plus facile à énoncer qu'à expliquer, a été découverte par Pierre Leroi, qui a reconnu qu'un seul point de chaque tour du spiral en jouissait presque exclusivement. Bréguet a rendu cet isochronisme plus facile à établir en donnant à ses spiraux plus d'épaisseur aux deux extrémités qu'au milieu, de manière que le bandé des grands arcs éprouve plus de résistance à courber les extrémités, qui réagissent en conséquence.

Dès 1794, la réputation de Bréguet était si bien établie, tout ce qui sortait de ses mains avait un tel attrait, qu'il réalisa des sommes considérables par la fabrication de montres qui ne portaient qu'une seule aiguille. Malgré l'incommodité d'une pièce sur laquelle on ne pouvait lire l'heure qu'à quelques minutes près, ces montres eurent une vogue immense ; on s'inscrivait des années à l'avance pour s'en assurer la possession, et c'est à cette circonstance qu'elles doivent le nom de *souscription* qu'elles ont encore aujourd'hui dans le commerce. J'ai hâte d'ajouter, qu'à part l'inconvénient signalé plus haut, ces montres sont, comme calibre, des modèles de simplicité, de précision et de solidité. Le ressort plus haut, plus long du double que dans les montres ordinaires, n'est utilisé que pour deux tours, comme dans les pièces marines. Toutes les pièces, disposées sur une seule platine, peuvent se démonter indépendamment les unes des autres. Les rouages ont de fortes dimensions. Le balancier est placé dans une cage à part, et mobile sur un excentrique, pour régler, avec la plus rigoureuse précision, sa distance à la roue d'échappement ; tout, en un mot, y est calculé, de manière à obtenir, dans le mouvement de l'aiguille unique, une précision rigoureuse, à peu près inutile pour le possesseur de la montre.

J'allais oublier d'ajouter que ces montres sont très épaisses, con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dition qui permet de donner facilement aux axes un parallélisme parfait. Il est assez bizarre qu'on doive au même artiste le goût de ces montres plates qu'il exécutait avec un talent si remarquable que, malgré l'extrême difficulté du travail, elles peuvent rivaliser avec les pièces les plus épaisses sorties de ses mains. Malheureusement, ce goût des montres plates, qui n'a fait qu'augmenter jusqu'à nous, a porté un coup mortel à la précision dans l'horlogerie de fabrique, qui, obligée d'exécuter à bon marché, ne peut satisfaire à la mode sans sacrifier la solidité.

La vogue des montres à une seule aiguille donna à Bréguet l'idée d'y ajouter une disposition fort simple qui permet de reconnaître, la nuit, l'heure approchée marquée par la montre. Sur l'un des fonds de la montre, est un cadran où les heures sont indiquées seulement par des points saillants. Quatre le sont plus que les autres ; ils correspondent à midi, à trois heures, à six heures et à neuf heures. Une aiguille placée au centre de ce cadran peut se mouvoir sous le doigt dans une seule direction. Dans ce mouvement, elle vient buter contre un arrêt que porte l'aiguille ordinaire, menée par le rouage, et le doigt reconnaît au tact sa position par rapport aux points saillants qui occupent la place des heures.

C'est vers 1800 que Bréguet imagina, pour faciliter l'observation des phénomènes astronomiques ou autres, des compteurs au moyen desquels on peut constater, avec une extrême précision, la durée de ces mêmes phénomènes. Au moment où l'observation commence, la pression du doigt sur un bouton fait dédoubler l'aiguille des secondes, dont une moitié reste en place pendant que l'autre continue sa marche ; et, au moment où l'observation finit, une pression sur le bouton fait marcher l'aiguille arrêtée, qui suit l'autre à la distance qui représente la durée de cette observation, ce qui permet de mesurer cette même durée. Lorsque la lecture est faite, on arrête de nouveau l'une des aiguilles par une troisième pression; et, quand l'autre l'a rattrapée, une quatrième pression les fait repartir ensemble comme une seule aiguille.

Depuis cette époque, M. Perrelet a apporté une modification à ce compteur. Elle consiste à faire rattraper d'un seul coup l'aiguille en marche par l'aiguille arrêtée; mais il faut avoir noté avec précision la fin de l'observation sur l'aiguille en marche, condition qu'il n'est pas toujours facile de remplir, puisqu'elle suppose un œil sur la montre et un œil sur le phénomène observé.

Le compteur à pointage de M. Rieussec est plus généralement employé aujourd'hui, lorsque l'instrument n'a que cette destination spéciale. Bréguet l'a perfectionné en donnant à l'aiguille de pointage,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant son mouvement de rotation, la propriété de s'allonger et de se raccourcir, de manière qu'après avoir fait une révolution entière, le pointage ne se fasse plus sur le même cercle, et puisse se distinguer des indications marquées pendant les révolutions précédentes.

Mais un instrument beaucoup plus délicat, et qui est dû aux travaux réunis de Bréguet et de son fils, est un compteur adapté aux lunettes astronomiques, et qui permet de compter facilement les dixièmes de secondes et les centièmes par approximation.

Un mouvement d'horlogerie d'une extrême précision est adapté au tube oculaire de la lunette; il conduit l'aiguille d'un petit cadran placé au-dessous, et est divisé en dix minutes, subdivisées elles-mêmes de dix en dix secondes. Deux autres aiguilles passent dans le champ même de la lunette, presque dans le plan du réticule. L'aiguille la plus courte marque les unités de secondes sur un segment de cercle de 60 degrés divisés en dix parties ou en dix secondes. La grande aiguille porte, à son extrémité, un disque très apparent, et décrit, en une seconde, le même segment de cercle dont les divisions sont, pour cette aiguille, des dixièmes de seconde. Les intervalles entre ces divisions, grandis par l'oculaire, sont suffisants pour en *estimer* des fractions, qui deviennent alors des centièmes de seconde. Enfin, une détente arrête ou fait marcher le rouage, de manière à constater rigoureusement le commencement et la fin d'une observation, ou, si l'on veut, la durée du passage d'un astre d'un fil du réticule à l'autre, ou bien le moment précis où l'astre atteint le fil médian de ce réticule.

Le prix élevé des pièces exécutées par Bréguet en rend nécessairement la conservation plus désirable à leurs possesseurs. Pour les rassurer sur cette conservation, mise en péril par une simple maladresse, en accrochant sa montre au clou de la cheminée, Breguet imagina le *parechute*, petit appareil qui a pour but d'empêcher, dans une chute de la montre, la rupture des pivots du balancier, rupture presque immanquable dans ces sortes d'accidents, pour les pièces qui ne sont pas pourvues de l'appareil préservateur.

Dans ce but, les pivots du balancier sont retenus dans des trous pratiqués dans des pièces montées sur des ressorts d'une certaine énergie. L'axe du balancier passe lui-même dans deux autres trous d'un diamètre assez grand, pratiqués dans des pièces fixées sur la platine. Il résulte, de cette disposition, que, lorsque la montre reçoit un choc dirigé dans le sens d'un rayon du cercle de la boîte, et c'est le cas ordinaire dans une chute de la montre, les pièces qui reçoivent les pivots du balancier cèdent sous ce choc, en les entraînant,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et que le corps de l'axe seul peut porter contre les parois des trous qu'il traverse, ce qui rend à peu près impossible la rupture de ces pivots. La date précise de cette invention m'est inconnue, ainsi que celle des autres dispositions que j'ai encore à signaler.

Les conditions de réglage d'une pièce d'horlogerie portative présentent de nombreuses difficultés qu'on ne rencontre pas dans une pièce fixe qui n'a besoin d'être réglée que pour une position donnée. Une montre, au contraire, prend accidentellement toutes les positions possibles. Dans les unes, le poids de certaines pièces vient en aide à la force motrice ; dans les autres, il vient s'y opposer, de sorte qu'une montre, qui marchera parfaitement, accrochée à un clou, pourra varier notablement si elle est portée, ou placée accidentellement dans une position différente. On parvient, toutefois, à régler une montre bien faite pour toutes les positions. Mais il faut, avant tout, l'expérimenter assez longtemps dans chacune d'elles, et y corriger successivement toutes les causes d'erreur.

Bréguet y a remédié d'un seul coup par l'invention de l'*échappement à tourbillon*, dont les dispositions consistent en une roue centrale fixe, portant le balancier, et autour de laquelle la roue d'échappement est entraînée, de manière à parcourir sa circonférence en une minute. Il résulte, de cette disposition, qu'à chaque minute l'échappement a pris toutes les positions possibles, et a subi toutes les influences qu'un autre échappement pourrait recevoir des positions quelconques de la montre. Mais comme ces influences se renouvellent périodiquement à chaque minute, il s'établit une compensation qui ne peut affecter la marche générale de la montre.

La *pendule branlante*, dont un curieux spécimen décore le grand escalier du Conservatoire des arts et métiers, est encore due au génie de Bréguet.

La lentille contient tout le mécanisme de l'horloge. Ses deux faces sont recouvertes par deux cadrans, dont l'un donne les heures, les minutes et les secondes, tandis que l'autre donne les jours du mois. Les chiffres de ce cadran sont renversés ; mais comme la pièce est placée devant une glace, la réflexion dans cette glace redresse les chiffres, qu'on y lit à la manière ordinaire. Cette lentille est surmontée d'une tringle de métal compensée suspendue sur une couteau.

La force motrice se compose de quatre grands barillets qui mettent en mouvement un petit pendule à deux branches inégales placé à l'intérieur. Le déplacement des masses qui terminent ces deux branches déplace en même temps le centre de gravité de tout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le système ; et, comme à chaque déplacement ce centre de gravité tend à revenir à la verticale, il en résulte des oscillations périodiques de l'ensemble. Ces oscillations se font en une seconde, bien que cette espèce de pendule n'ait pas la longueur d'un pendule ordinaire qui battrait les secondes sous la latitude de Paris, mais parce que Bréguet a établi un rapport convenable entre les oscillations propres du petit pendule intérieur, et la longueur du pendule extérieur, qui s'influencent réciproquement.

Cette influence réciproque de deux pendules, remarquée par Huygens, signalée par Ferdinand Berthoud, avait été, vers 1741, étudiée par Ellicot, qui avait constaté plusieurs faits importants, mais dont on ne pouvait tirer aucune déduction logique. C'est de nos jours seulement qu'elle a été entièrement élucidée, avec toute la sagacité qu'il apportait à ses expériences, par Savart, que la mort a si malheureusement frappé avant la publication de son mémoire, dont M. Masson a donné quelques extraits dans le journal *l'Institut*.

Quoi qu'il en soit, Bréguet avait songé à mettre à profit cette influence pour arriver à un réglage parfait.

En conséquence, il construisit deux horloges complètes, placées sur la même base métallique, agissant chacune sur leur propre pendule, avec cette condition cependant que les deux pendules sont placés sur un même support. Il est résulté de cette disposition que l'influence réciproque des deux pendules en a rendu la marche plus régulière que s'ils avaient fonctionné isolément.

Le même résultat a été obtenu, plus récemment, par la nouvelle maison Bréguet, au moyen d'un seul mécanisme d'horlogerie, et de deux pendules, dont un seul est mû par l'échappement. L'autre, entièrement libre, mais suspendu au même support, se met de lui-même en mouvement, et croise ses oscillations avec le premier.

Enfin, parmi les mille et un problèmes de mécanique dont je pourrais encore emprunter la solution aux travaux si nombreux et si variés de Bréguet, je vous citerai, pour terminer, une pendule surmontée d'un croissant dans lequel on place une montre, et qui, à minuit, remet à l'heure les aiguilles de la montre, si elles diffèrent avec celles de la pendule, et fait marcher le mécanisme d'*avance et retard* d'une quantité proportionnelle à la variation de la montre.

La première condition est remplie par le mécanisme suivant.

Deux roues engrenant ensemble sont mises en mouvement par une force motrice distincte que vient détendre une tige poussée par la pendule à travers le support du croissant, et qui pénètre dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

montre par un trou pratiqué à cet effet. Deux petits ergots sont placés chacun sur l'une des deux roues, et marchent par conséquent à la rencontre l'un de l'autre. L'axe de l'aiguille des minutes porte une petite projection qui est attaquée par l'ergot de l'une des deux roues, selon que cette aiguille est en avance ou en retard, et qui la repousse à la position de minuit, la seule où les ergots ne puissent pas agir sur elle. On comprend qu'une disposition analogue agit sur le râteau de l'avance et retard pour lui faire faire un mouvement proportionnel dans un sens ou dans l'autre.

Le mécanisme de la remise à l'heure a été très ingénieusement simplifié par M. Lassieur, neveu de Bréguet, et l'un des chefs de la maison actuelle.

L'axe de l'aiguille des minutes porte une espèce de Λ renversé, qui, à l'heure de minuit, est nécessairement incliné à droite ou à gauche, selon que la montre avance ou retarde. La tige poussée par la pendule au moment où celle-ci marque minuit, s'engage entre les branches du Λ et le pousse à droite ou à gauche pour le remettre dans la verticale. Si, au contraire, les aiguilles de la montre et de la pendule sont d'accord, la tige de la pendule passe entre les branches du Λ sans lui imprimer de mouvement, et les choses restent dans le même état.

Enfin, la pensée primitive de Bréguet a encore été modifiée par ses successeurs, en obligeant la pendule à remonter la montre en même temps qu'elle en remet les aiguilles à l'heure.

Dans ce but, la pendule, au lieu d'envoyer une tige dans l'intérieur de la montre, fait tourner un canon dans lequel est engagé un carré dont le mouvement de rotation remonte la montre, en même temps qu'il rapproche deux petits leviers dont l'un rencontre la projection placée sur l'axe de l'aiguille des minutes pour replacer celle-ci dans la position de minuit

Vos lecteurs me pardonneront sans doute l'étendue que j'ai cru devoir donner à la description de quelques unes des ingénieuses combinaisons d'un homme qui a porté à un si haut degré la réputation de l'horlogerie française, et qui ne sont guère connues que du petit nombre d'horlogers entre les mains desquels le hasard a pu les amener.

Mais rentrons dans les galeries de l'exposition, et arrêtons-nous devant les produits de M. Winnerl (1). Nous y trouverons des chronomètres dont la marche a acquis une réputation méritée, et dans lesquels il a apporté quelques modifications qui facilitent

(1) Décoration de la Légion-d'Honneur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'exécution de l'échappement d'Earnshaw, qu'il paraît préférer à celui d'Arnold, ordinairement employé.

A l'exposition de 1839, la médaille d'or lui fut décernée, parce que, dit le rapport officiel, il était parvenu à opérer une réduction de près de moitié dans la main-d'œuvre et dans le prix des montres marines, en faisant des machines pour confectionner uniformément et très vite un grand nombre de pièces, et en supprimant, dans la composition, dans l'assemblage des parties, tout ce qui n'est nécessaire ni à la solidité du chronomètre, ni à la régularité de sa marche.

« Depuis moins de trois ans, ajoutait le rapport, il a construit *trente-huit* chronomètres, et a fabriqué tous les éléments pour en monter un nombre à peu près égal. »

Le prix de 1,250 fr., coté sur ses chronomètres de l'exposition dernière, comparé avec les termes de ce rapport, pourrait faire croire que tous les chronomètres exécutés par les concurrents de M. Winnerl se paient couramment 2,400, ce qui est bien loin d'être la vérité; car je crois pouvoir affirmer que tous, sans exception, exécutent d'aussi bonnes pièces à aussi bon marché que lui.

On a encore inféré de ce rapport, en donnant un peu d'extension à son esprit, que, seul des horlogers de précision, M. Winnerl exécutait entièrement les pièces qui sortent de chez lui; en un mot, que seul il avait un véritable atelier d'horlogerie. Je puis encore à cet égard affirmer que la plupart des confrères de M. Winnerl sont dans les mêmes conditions que lui; et que si les commandes étaient en rapport avec leurs moyens de fabrication, ils pourraient fabriquer plus de trente-huit chronomètres en trois ans. Si quelques uns confient à M. Jacob, établi à Saint-Nicolas, l'exécution des *blancs* pour les chronomètres à bas prix de la marine marchande, c'est que la réputation justement acquise de M. Jacob leur garantit un excellent travail à des prix beaucoup moins élevés que la main-d'œuvre parisienne.

Quoi qu'il en soit, ce qu'il y a de vrai, c'est que M. Winnerl est un artiste d'une habileté rare, auquel je suis loin de contester ses droits aux récompenses qu'il a obtenues, et que, pour mon compte, j'aurais plus volontiers fait porter sur le mérite réel de ses produits que sur une économie très contestable dans leur exécution.

M. Winnerl exposait aussi une pendule dont les rouages étaient exécutés dans les fabriques spéciales dont je parlerai plus loin, et à laquelle il est parvenu à donner une précision peu ordinaire. Dans ce but, il a eu la pensée de supprimer les pivots de l'échappement, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de se débarrasser par là du soin qu'exige l'exécution de ces pivots, des perturbations résultant de leur usure, et de toutes celles provenant de l'altération de l'huile dont ces pivots sont lubrifiés.

En attachant les leviers de l'ancre au pendule lui-même, comme l'a fait M. J. Wagner dans l'échappement que j'ai décrit plus haut, M. Winnerl a obtenu encore d'autres avantages; il s'est débarrassé des anomalies résultant du jeu plus ou moins grand des pivots de l'échappement dans leurs trous, durant l'oscillation, à mesure que la roue d'échappement tombe sur le levier rentrant ou sortant.

Il a ainsi combattu victorieusement l'influence de la variation de viscosité des huiles sur la marche du dernier mobile où cette influence se fait surtout sentir. Car, en ce point, la force motrice est à sa plus grande division, et la plus petite modification dans la nature du contact des métaux prend de l'importance pour la régularité de la marche.

La disposition adoptée par M. Winnerl annule tout frottement de la tige du balancier dans la fourchette; la nécessité d'une rigoureuse exactitude de la pointure des pivots de l'échappement sur la tige du centre d'oscillation n'existe plus; les frottements inévitables de la tige d'un pendule suspendu à une lame faisant ressort, qui décrit, à cause de la flexion de la suspension, une espèce de cycloïde, tandis que la fourchette qui se meut sur des pivots décrit un arc de cercle parfait, se trouvent ainsi annihilées.

Enfin, le défaut de parallélisme entre l'axe de l'échappement auquel la fourchette est liée, et le point d'attache de la lame de suspension, n'est plus à craindre, grâce à cette disposition qui réunit l'ancre au balancier, et supprime la fourchette.

Une expérience assez longtemps prolongée a prouvé que les dispositions de M. Winnerl atteignent complétement le but.

Cette description des avantages incontestables des dispositions adoptées par M. Winnerl, et que j'ai empruntée presque littéralement à un rapport de M. le baron Séguier, peut s'appliquer, sans aucune modification, à la pendule de Bréguet dont j'ai donné plus haut une description succincte, car les deux échappements y sont placés rigoureusement dans les mêmes conditions.

Mais un fait beaucoup plus piquant, c'est qu'à l'exception du mérite réel de l'exécution, cette disposition était exactement appliquée à ces pendules de carton, qu'une grande partie de vos lecteurs a dû voir, pendant plusieurs années, figurer dans un magasin du passage Vivienne, et qui étaient de l'invention de M. Duclos, qui consacrait à leur exécution ses moments de loisir. Malgré la nature singulière des matériaux employés, ces pendules marchent, sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

altération sensible, avec beaucoup plus de précision que beaucoup de pièces orgueilleusement décorées par le bronze et la dorure.

Loin de moi de déprécier par ces rapprochements le mérite bien réel de M. Winnerl, qui, j'en suis convaincu, ignorait complétement les précédents que je viens de signaler, et qui, en les renouvelant, sans le savoir, aura rendu un véritable service à l'horlogerie du commerce, en lui indiquant, avec toute l'autorité de son nom, les moyens d'obtenir plus de précision dans la marche de ses produits.

L'exposition de M. Winnerl se composait aussi de compteurs, dont quelques uns sont à peu près identiques, pour les effets, avec le compteur à double aiguille, décrit plus haut, d'Abraham Bréguet. Je ne connais pas les différences qu'ils peuvent présenter dans leur mécanisme ; mais je vous signalerai, comme lui appartenant entièrement, ceux dont les trois aiguilles, des heures, des minutes et des secondes, peuvent se dédoubler pour permettre de mesurer des phénomènes de longue durée ; ceux dont les deux aiguilles de secondes peuvent être arrêtées l'une après l'autre pour faciliter la lecture sur le cadran, et qui, remises en liberté par une nouvelle pression du bouton, regagnent immédiatement le point du cadran qu'elles auraient atteint si elles avaient continué de marcher.

Je n'ai pu avoir de renseignements précis sur la fabrique d'horlogerie de Versailles (1), qui, après une liquidation qu'on devait croire mortelle, a repris, au moins dans la quatrième page des journaux, une existence dont la majorité des horlogers de l'exposition révoquaient en doute la réalité, malgré de nombreux produits dont je n'ai pu vérifier ni le mérite, ni l'origine.

Je reviens à M. Paul Garnier (2), dont j'ai déjà eu l'occasion de vous signaler les ingénieux compteurs appliqués aux machines à vapeur, ainsi que les perfectionnements heureux qu'il a apportés à l'indicateur dynamomètre, et dont l'exposition se composait, en outre, de pièces d'horlogerie remarquables par les dispositions nouvelles qu'il y a introduites.

Je renverrai, à la fin de cette section, un échappement à force constante, dont la date remonte à 1826, pour le mettre en comparaison avec ceux du même ordre qui figuraient à l'exposition.

Je signalerai d'abord une disposition compensatrice de la même époque, et qui diffère des compensations, dites à levier, jusqu'alors en usage, en ce que, dans ces dernières, les barres du métal le plus dilatable, agissant sur des leviers convenablement disposés,

(1) Rappel de médaille d'or.
(2) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

permettent le soulèvement ou l'abaissement de la lentille pour maintenir, à la même distance du point de suspension, le point qu'on est convenu de nommer en horlogerie le *centre d'oscillation*, et qui diffère quelque peu du centre de gravité.

Dans la compensation de M. Garnier, au contraire, aucun déplacement de la lentille ne s'opère. Les deux leviers portent sur leur grande branche chacun une boule métallique, qui sont relevées par l'allongement des barres les plus dilatables, et abaissées par la contraction de ces barres, ce qui maintient au même point le centre d'oscillation de tout le système. Le réglage de la compensation se fait avec la plus grande facilité, puisqu'il suffit d'éloigner ou de rapprocher les deux boules du point d'appui de leur levier respectif.

Mais l'une des plus ingénieuses, et surtout des plus utiles inventions de M. Garnier, est celle qu'il a faite, en 1830, d'un échappement à repos, dont les dispositions simples et les moyens d'exécution prompts et sûrs lui ont permis de modifier et de répandre un genre d'horlogerie qui, jusqu'alors, n'avait été qu'à la portée des grandes fortunes, et qu'il mit ainsi à la portée de toutes les bourses. Je veux parler des pendules portatives, dites *pendules de voyage*, qui, grâce à lui, sont devenues une branche d'industrie considérable.

Cet échappement se compose de deux roues planes, fixées à une certaine distance sur le même axe horizontal. Chacune de ces roues porte six dents, terminées par une arête convexe inclinée de 20 degrés sur la circonférence, et séparées entre elles par un intervalle vide, égal à la longueur des dents. Elles sont montées sur leur axe commun, de manière que la pointe d'une dent d'une roue partage également l'intervalle entre deux dents de l'autre.

L'axe du balancier est vertical, et porte, à la hauteur du diamètre horizontal des deux roues décrites ci-dessus, un petit plan circulaire, échancré du côté de ces roues.

Voici comment fonctionne cet échappement.

Supposons que la pointe d'une dent de l'une des deux roues pose sur le plan circulaire du balancier en mouvement. Le reste du rouage est arrêté. Lorsque le balancier aura achevé son oscillation, et sera revenu sur lui-même d'une quantité suffisante pour que la pointe de la roue se trouve au bord de l'échancrure, la force motrice, mettant le rouage en mouvement, fera glisser l'arête inclinée de la dent contre la tranche de l'échancrure du plan circulaire, et donnera l'impulsion au balancier ; mais, au moment où cette impulsion sera entièrement donnée, la pointe d'une dent de la seconde roue viendra se poser sur le plan circulaire, et le rouage s'arrêtera

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendant toute la durée de l'arc supplémentaire du balancier et son retour sur lui-même, jusqu'au moment où la pointe de cette seconde dent se trouvera, à son tour, au bord de l'autre tranche, où cette dent donnera une nouvelle impulsion au balancier, dans les mêmes conditions que la première. Une dent de la première roue reposera alors sur le plan circulaire pour arrêter encore le rouage, et ainsi de suite.

Cet échappement est aujourd'hui presque le seul employé dans les pendules de voyage, qui lui doivent une marche qu'on obtiendrait à peine du meilleur échappement à cylindre, avec lequel ses principes ont beaucoup d'analogie; mais il se distingue de ce dernier par son extrême simplicité, et par l'économie de sa construction.

Sa précision l'a fait adopter par M. Gambey, dans l'application des mouvements d'horlogerie à ses admirables instruments astronomiques.

L'exposition de M. Garnier se composait encore d'un chronomètre dont l'échappement libre, à force constante, repose sur le principe de celui dont j'ai renvoyé plus loin l'examen. Cette disposition fait décrire au balancier des arcs rigoureusement égaux en étendue, quelles que soient d'ailleurs les imperfections du rouage et les inégalités de la force motrice.

Le rapport entre le levier d'échappement et le levier d'impulsion, résultant de deux sections de cercle, excentriquement inscrits l'un dans l'autre, et dont les rayons sont entre eux comme 1 est à 3, il en résulte une réduction de frottement telle, que, depuis cinq ans que cet échappement fonctionne sans huile, la levée, non plus que le levier d'impulsion, n'ont subi aucune altération, bien que l'une soit en acier trempé dur, et l'autre en or.

Dans le but d'obtenir plus facilement l'isochronisme du spiral, les horlogers lui ont donné toutes les formes possibles. M. Garnier a choisi, comme atteignant mieux le but, la forme sphéroïconique. Je n'ai aucune opinion à émettre à cet égard.

Je dirai cependant que j'ai vu dans une pièce d'Abraham Bréguet, une forme analogue employée dans deux spiraux placés, l'un au-dessus, l'autre au-dessous du balancier, de manière que la contraction de l'un correspond avec la distension de l'autre.

Quoi qu'il en soit, M. Garnier espère que l'application de cet échappement, dont la propriété est de n'exiger qu'un rouage ordinaire, puisque sa force reste constante, malgré les inégalités de la force motrice, permettra à l'avenir d'établir les chronomètres à un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prix assez modéré pour qu'aucun capitaine de navire ne se dispense d'en avoir un à bord.

La pièce de M. Garnier, qui, à l'exposition, attirait le plus les regards de la foule, était une magnifique pendule en marbre blanc, commandée par lord Seymour.

Cette pendule comporte un mouvement d'horlogerie à secondes fixes, obtenues par l'emploi d'un nouvel échappement libre, à coups perdus. La roue d'échappement porte des chevilles perpendiculaires à son plan, et qui viennent, à chaque seconde, rencontrer un plan incliné qui reçoit l'impulsion qu'il communique au pendule.

La circonférence de cette roue est terminée par des dents de rochet qui, lorsque l'impulsion est donnée, viennent se poser sur une détente, et permettent au pendule de parcourir ses arcs dans un état complet de liberté.

La pièce d'échappement porte une détente qui dégage à chaque oscillation le valet de repos, pour laisser passer la dent suivante, et donner une nouvelle impulsion.

L'aiguille des secondes est concentrique au grand cadran. Les heures et les minutes sont indiquées sur un cadran excentrique au précédent, au centre duquel se trouve un fond en émail bleu, parsemé d'étoiles, et percé d'un orifice par où apparaissent les configurations de la lune, dont l'âge est indiqué sur un troisième cadran concentrique à ceux-ci. Les jours de la semaine, les dates et les noms des mois sont indiqués sur une ligne formée par les sections apparentes de trois rouleaux en émail.

L'ensemble de cette pendule présente un portique de style renaissance en marbre statuaire. Au-dessous du cadran est un bas-relief représentant les attributs des sciences et des arts. De chaque côté, sont des pilastres à enroulements sculptés sur lesquels sont posées deux statuettes en bronze personnifiant l'astronomie et l'imprimerie, sous les traits de Galilée et de Guttemberg.

Les extrémités du monument sont terminées par des consoles avec enroulements ornés de fruits pendants sculptés avec une grande délicatesse. Le fronton est surmonté de trois figures représentant la littérature (Shakspeare), la peinture (Raphaël), et la musique (Le Palestrine).

Dans la base, qui est aussi en marbre blanc, sont incrustés des panneaux en lapis-lazuli et en malachite, encadrés par des ornements ciselés et dorés.

Le bas socle, de style roman, en bronze ciselé et doré, se compose d'ornements à larges contours pour laisser entendre une musique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

placée dans la pendule. Tous les modèles, dont l'exécution a été dirigée par M. de Vieil-Castel, ont été détruits.

M. Garnier est également l'inventeur du *Sphygmomètre*, petit instrument qui a la propriété de rendre très apparents les mouvements des artères, et de permettre d'en mesurer à la fois l'étendue et l'irrégularité.

Il se compose d'un tube en verre ajusté sur une base évasée, en ivoire, formée par une membrane très flexible. Il est rempli de mercure jusqu'à une certaine hauteur. Lorsqu'on place la large surface de la membrane sur le trajet d'une artère, sur le pouls par exemple, les contractions et les dilatations du vaisseau se traduisent, dans le tube, par des élévations et des dépressions d'autant plus grandes de la colonne mercurielle, que le diamètre du tube diffère plus de celui de la membrane.

Cet instrument complète les moyens d'investigation que la science et la pratique mettent à la disposition du médecin, par la remarquable propriété qu'il possède de présenter à la vue les phénomenes de la circulation du sang, qui, jusqu'alors, n'étaient appréciables qu'au toucher.

Enfin, l'outillage fort remarquable des ateliers de M. Garnier lui permet la fabrication rapide de pièces détachées journellement employées en horlogerie de commerce, et qu'il livre à la fabrication parisienne presque au prix de revient de la matière première, tant la production en est rapide. Aussi la fabrication de ces pièces s'élève-t-elle chez lui à plus de 100,000 par année.

Plusieurs des châteaux royaux ont des pièces sortant des ateliers de M. Garnier. Je citerai notamment le Grand-Trianon, où se trouve une pendule dont l'échappement, semblable à celui de la pendule de lord Seymour, fonctionne, depuis quatre ans, avec une remarquable précision.

Il a également placé dans le palais du quai d'Orsay trois pièces d'horlogerie de grandes dimensions qui figurent dans les salles des comités du conseil d'État, et qui, bien qu'elles marchent trente-cinq jours sans être remontées, n'ont cependant que des ressorts pour force motrice.

Une quatrième pièce de plus grandes dimensions est placée dans la salle d'assemblée générale de la Cour des comptes.

L'excellente marche de ces pièces atteste, aussi bien que celles dont j'ai donné plus haut la description, l'habileté remarquable de M. Garnier, habileté qui justifie pleinement la médaille d'or qui vient de lui être décernée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les notes que m'avait promises M. Henry Robert (1) ne m'étant point parvenues, il m'est impossible de porter un jugement suffisamment motivé sur ses nombreux produits, dont le mérite, affirmé par les uns, est resté douteux pour d'autres, qui pensent qu'un trop fréquent recours à la quatrième page des journaux, est rarement l'indice d'une bonne fabrication, qui devrait se recommander d'elle-même, sans avoir besoin d'arborer le même pavillon que le *racahout des Arabes* et le *nafé d'Arabie*. L'honorable distinction qu'a obtenue M. Henry Robert est, dit-on, motivée sur l'extrême simplicité du mécanisme de ses chronomètres, dont une très bonne marche se concilierait avec des prix très modérés. Pendant le cours de l'exposition, M. Henry Robert avait présenté, à titre d'essai, un système de pendules, disposés de manière que le mouvement de l'un produisit le mouvement en sens contraire de l'autre. Les expériences de feu Savart, relatées plus haut, me paraissent avoir complétement tranché la question sur ce point, et je ne puis qu'engager M. Henry Robert à y recourir.

Les chronomètres exposés par M. Berthoud (2) étaient, dit-on, le résultat du travail des élèves que lui a confiés le gouvernement. Les hommes compétents paraissaient y trouver un gage d'avenir pour l'horlogerie de précision, en France, et un nouveau titre à l'estime pour un beau nom dignement porté.

Les mêmes juges s'arrêtaient avec complaisance devant les régulateurs de M. Peupin (3), dont l'exécution irréprochable et l'extrême précision ont placé leur auteur parmi les artistes les plus habiles. L'extrême simplicité de ces régulateurs a permis à M. Peupin de livrer pour 350 fr. une excellente pièce qui peut rivaliser avec celles qu'on cote ordinairement 1,200 fr., et pour 650 fr. des régulateurs à un mois qu'on n'exécuterait pas ailleurs pour 1,500 fr. On vantait surtout, pour sa parfaite exécution, un régulateur dit de cheminée, a remontoir de Robin, donnant le temps vrai et le temps moyen. M. Peupin s'est acquis une réputation méritée parmi les horlogers de Paris, par la perfection à laquelle il a porté le fendage des roues tant en cuivre qu'en acier.

M. Houdin (4) ne le cède pas, sous ce dernier rapport, à M. Peupin. En examinant avec attention les pièces détachées qu'il exposait, on était surpris du fini que son outillage lui permet de

(1) Médaille d'or.
(2) Rappel de médaille d'or.
(3) Médaille d'argent.
(4) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donner directement aux dentures de ses pignons et de ses roues d'échappement, sans qu'il soit besoin d'y faire aucune retouche.

M. Houdin exposait aussi un régulateur dont le pendule compensé se compose d'un tube en laiton, traversé, dans sa longueur, par une tige en acier qui porte la lentille. Au moyen de la différence de dilatation entre le laiton et l'acier, et d'un mécanisme aussi simple que sûr, placé au centre de la lentille, le centre d'oscillation de celle-ci se trouve constamment maintenu à la même distance du centre de suspension.

M. Deshays (1), dont j'ai déjà eu l'occasion de faire un éloge mérité pour son ingénieuse machine à fendre les engrenages héliçoïdes, exposait également des pièces d'horlogerie d'une grande perfection.

Je citerai, entre autres, un régulateur marchant quarante jours, indiquant le quantième annuel, l'équation par différence, et marquant les jours de la semaine par la descente du poids, condition fréquemment appliquée par Abraham Bréguet.

Le pendule à grille présente une modification qui consiste en deux barrettes ou traverses que l'on peut faire monter ou descendre, pour atteindre le point de compensation en éprouvant le pendule.

Je citerai encore une pendule à demi-seconde, dont l'échappement dit *à manivelle*, qui date de 1827, a maintenant la meilleure de toutes les sanctions, celle de l'expérience ; car deux régulateurs, construits d'après ce système, marchent, depuis 1828, sans avoir été nettoyés. On se rendra compte de ce singulier échappement, en se figurant une petite manivelle, montée sur l'axe du dernier mobile, et dont le manche est engagé dans une rainure horizontale pratiquée dans la tige du pendule. Deux encoches, pratiquées l'une au-dessus de l'autre sur les deux bords de cette rainure, permettent à la manivelle de tourner d'un demi-tour, chaque fois qu'une des oscillations du pendule amène une de ces encoches sur ou sous le manche de la manivelle, qui donne alors l'impulsion au pendule en agissant contre une des parois de l'encoche, et se loge de nouveau dans la rainure horizontale pendant la durée de l'arc supplémentaire.

Le haut du cadran indique le temps moyen du lever et du coucher de la lune, ainsi que les phases diurnes de croissance et de décroissance de cet astre avec une exactitude qui ne comporte pas une erreur d'une seconde par mois. Le principe du mécanisme au moyen duquel M. Deshays obtient à la fois le lever et le coucher de

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la lune, en même temps que ses phases diurnes, est d'une grande simplicité. Il se compose de deux roues superposées, inégalement nombrées, mais engrenant toutes deux avec un même pignon. La face de la roue antérieure, peinte en bleu et parsemée d'étoiles, est percée de plusieurs trous du diamètre qu'on veut donner à la lune. La roue postérieure porte, sur fond blanc, des disques bleus du diamètre exact des trous de la roue antérieure devant lesquels ils passent successivement. On comprend que, dans ces conditions, l'une des roues marche plus vite que l'autre d'une quantité proportionnelle à la différence entre le nombre de leurs dents, et que par conséquent les disques bleus, qui, par hypothèse, couvraient entièrement les trous le premier jour, auront marché d'une certaine quantité le second jour, de la même quantité le troisième, et ainsi de suite, laissant paraître successivement une portion de plus en plus grande du fond blanc de la roue postérieure, sous la forme d'un croissant grandissant de plus en plus, jusqu'à ce que la disparition entière des disques bleus figure la pleine lune, dont la décroissance est figurée par l'arrivée d'un nouveau disque bleu devant les trous qu'il recouvre graduellement, jusqu'à ce que leur entière occlusion représente la nouvelle lune ou l'absence complète de cet astre. Ces conditions n'empêchent pas le système tout entier de tourner sur son axe pour donner, sur une ligne qui figure l'horizon virtuel, le lever et le coucher de la lune.

Mais la pièce la plus remarquable de l'exposition de M. Deshays était une petite machine à faire les bourses, chef-d'œuvre d'intelligence et de difficultés vaincues. L'extrême complication de son mécanisme ne me permet pas d'en tenter la description, qui exigerait de nombreux dessins. Je me bornerai à dire que toutes les machines à bourses actuellement connues ne peuvent fabriquer qu'une espèce de *point*, tandis que celle de M. Deshays peut en faire un nombre indéfini. Il ne s'agit, pour changer le point, que de changer une *came*, ce qui peut se faire en deux minutes. Les changements de points produisent des changements de diamètre dans l'objet fabriqué. Ainsi, on voyait, à côté d'une bourse de 10 centimètres, un sac de 15 ou de 20.

En arrêtant la pièce à laquelle M. Deshays donne le nom de *moule*, et en faisant fonctionner le reste de la machine sur deux dents seulement du moule, on fait des cordons pour les sacs. D'autres dispositions, plus ingénieuses encore, permettent l'exécution, jusqu'alors inutilement tentée, du pouce d'une mitaine ou d'un gant, lorsque les progrès du travail le demandent, et cela sans arrêter le mouvement de la manivelle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je vous signalerai, en passant, un phénomène d'optique remarquable, produit par cette machine, et qui, suivant moi, conduit à la théorie d'un phénomène analogue, assez controversée par ceux qui en ont été les témoins.

On sait que certains ornements, tels que des palmettes, des godrons, etc., sont obtenus sur des pièces circulaires ordinairement en cuivre, au moyen d'une molette gravée qu'on appuie fortement sur la pièce, pendant qu'on lui imprime un mouvement plus ou moins rapide de rotation sur le tour. On remarque fréquemment, pendant cette opération, que, malgré la vitesse avec laquelle la pièce tourne, le dessin produit est très apparent et semble fixe.

Dans la machine de M. Deshays, les barrettes ou croisillons d'une roue, dont la vitesse est assez grande, paraissent seuls doués de mouvement, tandis que la denture en paraît fixe. Or, le mouvement de cette roue n'est pas continu : une espèce de cliquet s'interpose successivement entre chaque dent, et arrête, à chaque fois, le mouvement de la roue, pendant un temps plus grand que celui qu'elle emploie à marcher de la grandeur d'une dent, de sorte que l'impression produite par une dent sur la rétine persistant encore quand une autre dent vient prendre sa place, et cet échange s'étant fait avec une grande rapidité, l'œil, qui n'aperçoit aucun changement, ne produit dans l'esprit aucune sensation de mouvement. Il n'en est pas de même pour les barrettes de la même roue, dont les positions relatives changent à chaque instant, et dont l'œil perçoit très nettement le mouvement.

Ne pourrait-on pas en conclure qu'un phénomène analogue a lieu dans l'emploi de la molette qui déterminerait un temps d'arrêt dans le mouvement de rotation de la pièce, à chaque passage d'un fragment du dessin à l'autre?

Mais revenons à M. Deshays. Je vous signalerai la réputation méritée qu'il s'est acquise parmi les horlogers et les mécaniciens par la précision avec laquelle il divise les plates-formes des machines destinées à la fente des roues. J'ai fréquemment vu l'appareil au moyen duquel M. Deshays obtient ce résultat, et je me plais à constater qu'il serait difficile de réaliser des conditions à la fois plus simples et plus précises, en même temps qu'elles ont cela d'avantageux, que loin de se détériorer par l'usage, les organes essentiels ne peuvent qu'acquérir plus de précision encore.

Après avoir décrit ce qu'il m'a été possible d'étudier en horlogerie dite de *précision*, j'arrive à l'horlogerie plus modeste, mais plus industriellement importante, dite du *commerce*, à la tête de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laquelle je n'hésiterai pas à placer MM. Brocot père et fils (1), à cause de l'excellente qualité de leurs produits, et des nombreux perfectionnements qu'ils ont apportés à cette branche d'industrie, pour lui procurer, au meilleur marché possible, une bonne partie des qualités qui distinguent sa sœur ainée.

On sait combien il est difficile de mettre d'échappement une pendule de cheminée, c'est-à-dire de la placer de manière que l'action de la roue d'échappement sur les becs de l'ancre soit la même à droite et à gauche. Il suffit, pour que cela n'ait pas lieu, que la pendule penche un peu plus d'un côté que de l'autre; et Dieu sait à quels tâtonnements, à quel renfort de calles, il faut souvent avoir recours pour obtenir l'aplomb convenable, et arriver à cette condition que les becs de l'ancre, livrés à leur propre pesanteur, soient également en prise avec les dents de la roue d'échappement.

MM. Brocot sont parvenus à faire des pendules qui se mettent elles-mêmes d'échappement, en filetant d'un pas de vis l'axe qui porte l'ancre, et en logeant cette vis dans un long écrou fendu qui porte les bras de l'ancre. La fente de cet écrou fait un ressort suffisant pour que l'action normale des dents de la roue d'échappement sur les bras de l'ancre ne fasse pas tourner l'écrou sur la vis. Mais, dans le cas où la pendule inclinerait à droite ou à gauche, de manière à rendre l'échappement défectueux, il suffit d'imprimer, à la main, au pendule, une impulsion suffisante pour obliger les becs à buter au fond des dents : cet excès d'impulsion fait tourner l'écrou sur la vis ; mais sa diminution graduelle donne pour résultat une position de l'ancre qui le met parfaitement d'échappement.

Il semblerait que le simple bon sens devrait subordonner l'exécution des boites, des cages de pendules, aux exigences de la bonne fabrication du mouvement. Il arrive pourtant que, par un renversement de principes devenu trop commun, ce sont les mouvements qui se trouvent assujettis aux formes des boites, dont l'esprit de mode et de nouveauté dispose sans réflexion ni prévoyance. Il n'est pas rare, en effet, de rencontrer de magnifiques bronzes dans lesquels il est matérielliement impossible de placer une bonne pièce d'horlogerie, parce que le caprice de l'artiste n'a pas songé à lui réserver la place convenable. C'est ainsi qu'il faut rarement songer à y placer un pendule compensé, et d'un poids suffisant, parce que la place y manquerait; que les moyens de régler un pendule qui avance et qui retarde doivent presque toujours se borner à le sus-

(1) **Rappel de médaille d'argent.**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pendre à un fil de soie enroulé sur une tige, qu'un bouton placé derrière la pièce fait tourner, pour donner au pendule la longueur convenable, que la température actuelle de l'appartement a pu altérer aussi bien que l'allongement du fil de soie, sous le poids du pendule.

MM. Brocot ont cherché et trouvé les moyens d'appliquer leurs excellents mouvements dans la plupart des cages exécutées par les brouziers. Dans ce but, ils ont disposé un avance-retard à suspension à ressort, qui peut toujours être mû par un petit carré placé au-dessus du midi du cadran, et qui permet d'élever ou d'abaisser le centre de suspension du pendule de quantités mesurables, dont la petitesse va jusqu'à un 70e de millimètre ; les conditions de ce petit appareil sont telles, que l'oreille, ou le tact de la main peut apprécier cette minime fraction indiquée par le bruit d'un petit cliquet. Un chiffre placé au bas du cadran indique combien il faut faire passer de dents d'une petite roue sur le cliquet pour produire l'avance ou le retard d'une minute en vingt-quatre heures. Ce chiffre est toujours proportionnel à la longueur du pendule, qu'il faut nécessairement déterminer d'après l'espace que le caprice du sculpteur a daigné lui laisser.

Le bas prix auquel MM. Brocot livrent ces appareils aux autres penduliers, résulte principalement d'un système d'outillage extrêmement ingénieux inventé par M. Brocot père, et au moyen duquel les pièces assez nombreuses qui les composent sont exécutées avec autant de rapidité que de précision.

MM. Brocot appliquent également à leurs pendules un mode de compensation extrêmement simple, et qui n'est autre chose que l'une des compensations décrites de M. J. Wagner. Elle se combine parfaitement bien avec les conditions de l'appareil d'avance et retard dont je viens de parler, sans augmenter l'espace occupé par le mouvement dans sa boite.

Comme chez M. J. Wagner, le ressort de suspension du pendule est fixé sur le grand bras d'un levier, contre le petit bras duquel une extrémité d'une lame de zinc, fixée par l'autre, vient buter. L'allongement ou la contraction due aux variations de température de la lame de zinc, relève ou abaisse le grand bras du levier, et fait glisser le ressort de suspension dans le pince-lame, pour conserver au pendule la même longueur. Une vis de rappel permet de placer l'extrémité de la lame de zinc sur le point précis du petit bras de levier qui correspond à la longueur donnée au pendule.

La différence essentielle entre cette compensation et celle de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. J. Wagner, que j'ai décrite, est que les dispositions mécaniques de la première augmentent notablement l'épaisseur du mécanisme, tandis que celle de MM. Brocot, disposée à plat sur la platine de derrière, y fait moins de saillie que quelques unes des pièces qui y figurent ordinairement, et qu'elle n'y produit, par conséquent, aucune augmentation de volume. Je dois ajouter ici que cette disposition se retrouve également dans les brevets expirés de M. J. Wagner.

Mais ce qui distingue particulièrement la maison Brocot, des autres penduliers de la capitale, c'est l'échappement qu'elle applique depuis longtemps aux pièces qui sortent de ses ateliers.

Cet échappement se compose, en principe, de conditions qui appartiennent à l'échappement à ancre de Graham, et à l'échappement à chevilles, aux avantages desquels il participe évidemment. Les becs ou plans inclinés, de l'ancre de Graham, y sont remplacés par deux demi-cylindres en pierres dures, qui reçoivent l'action des dents de la roue d'échappement. La facile exécution de ces demi-cylindres n'élève pas notablement le prix de la pendule ; mais l'expérience a démontré qu'on peut les faire, sans inconvénients, en acier trempé. La roue de rochet, ou d'échappement, est taillée de manière à faire coïncider les plans de contact de ses dents avec la tangente de l'arc décrit par le bras de levée, lorsque le sommet du demi-cylindre se trouve à l'extrémité de la dent. Ces mêmes plans de contact sont dirigés au centre de la roue, ce qui produit un léger recul que les expériences de M. Brocot père lui ont prouvé être très favorable à la régularité de la marche.

On sait que, lorsque la force motrice, qui est ici un ressort, augmente d'intensité, l'arc supplémentaire du penduie augmente proportionnellement. Or, le sommet du demi-cylindre, en se rapprochant, dans ce cas, du centre de la roue d'échappement, y produit un recul d'autant plus grand qu'il s'approche davantage de ce centre, ce qui amène un retard proportionnel pendant la demi-oscillation *ascendante* ; mais ce même recul, accélérant d'autant la demi-oscillation *descendante ;* corrige ce premier effet au moyen des proportions établies par l'expérience ; en sorte que, dans les grandes oscillations, la progression du recul est en rapport avec celle de la force motrice. Les impulsions sur les levées ont de plus, ici, l'avantage de ne point rencontrer, comme dans les autres échappements à ancre ou à cheville, d'angle en passant du repos à l'impulsion ; et MM. Brocot croient trouver, dans la forme même des surfaces frottantes, une condition importante d'isochronisme. Du reste, cet échappement est beaucoup plus facile à exécuter ré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gulièrement du premier coup que l'ancre de Graham, et même que l'échappement à chevilles ; il conserve surtout aussi bien son huile qui abandonne si facilement les échappements ordinaires.

Le succès bien constaté de cet échappement, entre les mains de MM. Brocot, l'a fait adopter par la plupart des horlogers de la capitale ; aussi figurait-il parmi les produits de sept exposants.

L'échappement à repos est pour ainsi dire une condition forcée des grands régulateurs, qui, destinés aux observations précises, donnent les secondes sur leur cadran. Un recul de l'aiguille des secondes, si faible qu'il soit, jetterait de l'incertitude dans l'esprit de l'observateur, obligé d'apprécier des fractions de ces mêmes secondes. La puissance d'une forte lentille, la réduction des arcs de levée avec un faible supplément, la force constante du poids moteur, la grandeur de l'espace que l'artiste peut employer pour la meilleure disposition de toutes les pièces de détail, tout permet d'atteindre, dans ce cas, un résultat satisfaisant. Mais il n'en résulte pas, comme l'ont cru quelques artistes renommés, et comme beaucoup d'horlogers le croient encore, que l'échappement à repos soit celui qui règle le mieux.

Avec des pendules courts, pour les pièces de cheminée, outre le peu de pesanteur de la lentille, les oscillations sont entretenues par la force variable d'un ressort moteur, ce qui produit nécessairement des arcs d'oscillation plus grands lorsque le ressort est entièrement remonté, que lorsqu'il arrive vers la fin de son développement.

On a cherché à diverses époques à remédier aux défauts des pendules courts, mus par une force variable, en cherchant, dans le recul de l'échappement, une compensation *isochronique* pour les arcs de différentes étendues. Outre la grande divergence des opinions sur ce sujet, la principale difficulté consistait à trouver des conditions d'expérimentation telles, qu'on pût appliquer successivement au même échappement des reculs gradués, des pendules de longueurs et de poids divers auxquels on donnerait des arcs de différentes grandeurs. Si, par exemple, on avait fait choix de l'échappement à ancre isochrone de Berthoud, il aurait fallu expérimenter autant d'ancres qu'il peut y avoir de variétés dans la longueur, le poids et les arcs des pendules. Ces difficultés n'ont point arrêté M. Brocot père, qui a abordé franchement le problème, et l'a heureusement résolu, au moyen de dispositions aussi simples qu'ingénieuses, qui permettent d'avoir, à volonté, un échappement à repos, ou à di-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vers degrés de recul, sans refaire ni changer aucune des pièces de l'échappement.

Dans la pièce dont il s'agit, la force du ressort moteur est transmise par un rouage ordinaire à deux dernières roues, semblables de grandeur et de nombre, et engrenant ensemble, d'où il suit que chacune tourne en sens contraire de l'autre. Leurs axes sont en cage à la même hauteur horizontale ; chacun de ces axes porte un rochet d'échappement, situé à la même distance de sa roue, et les deux rochets sont dans un plan commun, comme les deux roues elles-mêmes le sont en arrière. Mais les diamètres des deux rochets étant un peu moindres que celui des deux roues qui s'engrènent, ils laissent entre eux, sur la ligne des centres, un espace égal à l'arc de levée. Ces rochets sont fixés, sur leur axe, de manière que, sur cette ligne des centres, la pointe de la dent d'un rochet corresponde exactement au milieu du vide de deux dents de l'autre.

Un seul bras de levier, fixé à l'axe d'échappement, descend verticalement en arrière des deux rochets, et porte, environ à la hauteur de la ligne des centres, une forte cheville en pierre dure, dont la section est un triangle mixtiligne, formé d'une base droite et de deux courbes, dont l'angle de jonction entre elles est arrondi. La hauteur totale de ce triangle est égale à la demi-distance entre deux dents d'un rochet, sauf l'ébat nécessaire à la liberté des effets. Dans les oscillations du pendule, la cheville, suffisamment saillante sur son levier pour dépasser le plan commun des rochets, et ne pas laisser fuir l'huile, promène alternativement son sommet arrondi sous la face agissante des dents des deux rochets; et, lorsque ce sommet sort de dessous cette face, il présente, à leur extrémité, ses côtés inclinés servant de plans d'impulsion, ou de levée.

On conçoit que, si les faces agissantes des dents sont taillées suivant une courbe concentrique à l'arc d'oscillation de la cheville, l'échappement se trouvera *à repos* pendant le contact de ces faces avec le sommet de la cheville. Mais si le bras du levier est plus ou moins raccourci, le sommet de la cheville fera reculer les dents, pendant l'arc supplémentaire: et, par ce moyen, l'échappement sera plus ou moins *à recul*.

Dans ce but, une disposition plus facile à imaginer qu'à décrire permet le relèvement ou l'abaissement de la cheville sur son bras de levier de quantités connues aussi progressives qu'on le voudra, de manière à allonger ou raccourcir le levier virtuel de quantités connues et quelconques.

Les expériences faites avec ce nouveau mécanisme ont constaté qu'avec la force motrice, tantôt réduite à moitié, tantôt doublée,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'échappement étant *à repos*, il a donné dix-sept secondes de différence diurne, entre les effets de ces diverses forces ; mais qu'établi avec un certain *recul*, en raccourcissant le levier, la marche, malgré les mêmes différences de force motrice, s'est maintenue presque constamment égale, ses plus grandes variations ne dépassant pas une seconde à une seconde et demie en vingt-quatre heures.

On a remarqué, dans ces expériences, que cet échappement, mis *à recul*, fait constamment décrire au pendule des arcs plus grands que lorsqu'il est *à repos*, ce qui parait devoir être attribué à l'inclinaison relative de la face agissante de la dent, par rapport à l'arc de cercle décrit par le levier raccourci, cette disposition produisant déjà une légère impulsion sur le demi-arc supplémentaire, descendant, avant que l'extrémité de la dent agisse sur la levée.

Indépendamment des considérations qui précèdent, et qui appartiennent en entier à M. Brocot, je pense que la marche plus régulière, produite par les échappements à recul, peut encore être due à une autre cause.

On sait, d'après les expériences de Coulomb et de M. Morin, que la force qui fait passer un corps quelconque, frottant sur un autre, de l'état de repos à l'état de mouvement, est notablement plus grande que celle qui est nécessaire pour le faire persister dans ce dernier état, et que la première doit être d'autant plus grande que le repos a duré plus longtemps. Or, dans l'échappement à repos, toutes les parties du rouage sont complétement arrêtées pendant la durée des arcs supplémentaires du pendule, et n'ont de mouvement que pendant la très courte durée de l'impulsion. Il en résulte nécessairement que, dans ce cas, la force motrice a, chaque fois, à vaincre, sur tous les mobiles du rouage, la résistance due à ce qu'on peut appeler le *frottement de repos*, enfin à désunir les molécules des surfaces de contact qui ont eu le temps de pénétrer, jusqu'à un certain point, les unes entre les autres. Cette pénétration doit, à son tour, être variable, en raison des différences de densité, ou plutôt d'écrouissage des points de contact qu'on ne peut pas supposer identiques sur toute la circonférence d'un pivot, d'un pignon, ou d'une roue. Il en résulte nécessairement que la force motrice s'exerce sur des résistances variables comme elle, et que sa transmission à l'échappement est, outre ses variations propres, modifiée par celle de ces mêmes résistances.

Dans l'échappement à recul, au contraire, le rouage est toujours en mouvement, soit dans un sens, soit dans l'autre ; les molécules des surfaces de contact n'ont pas le temps de se pénétrer, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la force motrice, transmise à l'échappement, est soustraite aux variations de résistances indiquées plus haut.

L'échappement, déjà décrit, de M. J. Wagner, est beaucoup plus *à repos* que les échappements connus antérieurement sous cette dénomination, puisque les courbes de repos oscillent, sans les toucher, sous les chevilles de la roue d'échappement, qui sont appuyées sur des plans de repos immobiles, pendant la durée des arcs supplémentaires.

D'après les considérations qui précèdent, il est probable que cette ingénieuse disposition, parfaitement applicable aux horloges publiques à pendules longs et pesants, qu'elle soustrait aux variations résultant des poussières atmosphériques qui peuvent tomber sur les courbes de repos, présenterait moins d'avantages, appliquée aux pièces de cheminée, qui, lorsqu'une aiguille de seconde ne doit pas servir à des observations précises, devront une meilleure marche à un échappement à recul qu'à un échappement à repos.

On doit également à MM. Brocot deux nouvelles dispositions de sonneries, dont il me serait impossible de donner une idée suffisante sans de nombreuses figures. L'une d'elles n'exige aucun des repères si gênants, dans les sonneries ordinaires, pour les mettre en rapport avec le mouvement des aiguilles, et il est en outre impossible de les mettre en désaccord, comme cela arrive trop souvent quand, dans les pièces communément construites, on oublie de remonter la sonnerie en même temps que le mouvement, ou quand on fait marcher les aiguilles à la main, soit en avant, soit en arrière, pour les remettre à l'heure.

L'autre conserve ces mêmes repères; mais son mécanisme est plus simple, et elle jouit des autres propriétés que je viens d'énoncer.

Dans toutes deux, il est facile d'établir une bascule de répétition pour l'heure seule, au moyen d'un cordon qui circule dans l'appartement, afin de préciser la signification équivoque de la demi-heure, lorsqu'on ne voit pas le cadran.

Enfin, on leur doit une troisième espèce de sonnerie, dont les conditions fort remarquables exigeraient, pour être bien comprises, des développements et des figures beaucoup trop nombreuses pour trouver leur place ici. Mais je ne quitterai pas cependant MM. Brocot sans signaler encore à vos lecteurs un mécanisme propre à trouver rapidement, pour les pièces du commerce, le rapport suffisamment exact des longueurs des pendules avec un nombre donné d'oscillations par heure, et réciproquement.

Les dimensions si variables des cages fabriquées par les bronziers

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exigent l'emploi de pendules de diverses longueurs, dont les oscillations doivent cependant être en rapport avec l'unité de temps adoptée, la seconde, la minute ou l'heure. On y parvient en donnant à la roue d'échappement des nombres variés de dents, en rapports avec la longueur du pendule employé ; connaissant le nombre de ces dents, on en déduit la longueur théorique du pendule, qui donnera, par heure, un nombre précis d'oscillations ; mais beaucoup de tâtonnements sont nécessaires pour avoir la longueur réelle du pendule matériel qui produirait ce résultat. Le compteur de M. Brocot père permet d'y arriver avec une grande facilité.

Deux mouvements d'horlogerie sont placés sur une même base pesante et solide; l'un d'eux est un mouvement simple à demi-secondes, exactement réglé sur le temps moyen. L'autre est le *compteur* proprement dit. Il contient un rouage avec échappement, disposé pour compter seulement le nombre des oscillations d'un pendule quelconque, depuis celui à demi-secondes jusqu'aux plus courts en usage. Les cadrans peuvent compter jusqu'à 100,000 oscillations. La fourchette de cet appareil peut s'adapter à toute grosseur de verge et à toutes les formes de pendules ; enfin il peut recevoir toute espèce de suspension.

Si l'on a, par exemple, un pendule à demi-secondes, simple ou chargé d'accessoires, à mettre à sa vraie longueur, on l'adapte au compteur avec sa suspension propre. On arrête les roues d'échappement des deux mouvements au moyen d'une bascule commune qui pénètre entre les dents des deux roues d'échappement. On remonte les ressorts moteurs, et on place, sur leur point respectif de 60, les aiguilles des heures, des minutes et des secondes du mouvement réglé, qui est le *garde-temps ;* on place celles du compteur sur le zéro de leur cadran respectif; on met les deux pendules en mouvement, et lorsque leurs oscillations coïncident visiblement d'un même côté, on dégage subitement la bascule de communication, pour laisser marcher simultanément les deux mouvements pendant le temps convenable à l'appréciation des différences entre la longueur à donner au nouveau pendule, et celle qu'il a réellement. Un mécanisme intermédiaire fait agir, quand le temps déterminé est expiré, une détente qui laisse retomber la bascule de communication qui arrête simultanément les deux roues d'échappement, et par conséquent les aiguilles des deux appareils. Le nombre des oscillations exécutées par le pendule éprouvé est ainsi désigné par les aiguilles du compteur. Comme la tige du pendule à régler est toujours tenue trop longue, on connaît, par le nombre d'oscillations qui manquent au nombre théorique, la quantité dont cette tige doit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être raccourcie. Deux autres observations semblables suffisent pour donner au pendule la longueur précise qu'il doit avoir; on évite ainsi les longs tâtonnements qu'on est ordinairement obligé de faire pour régler un pendule de longueur.

Une nouveauté chronométrique a excité un instant l'attention des amateurs. M. Bocquet (1), à côté de pièces d'un travail fort ordinaire, avait exposé un régulateur d'une magnifique exécution, dans lequel se trouvait appliqué une espèce de remontoir, que je ne puis indiquer ici que de mémoire, et qui reposait sur ce principe, qu'un levier mû dans un sens par le ressort moteur, recevait, du reste du rouage, une action en sens contraire et égale; ce qui eût nécessairement arrêté tout mouvement, si une petite masse appliquée à l'une des extrémités du levier, n'eût rompu l'équilibre, et réagi sur le rouage d'une quantité proportionnelle.

Bientôt on apprit que cette pièce n'était pas de l'invention de l'exposant, qui aurait seulement été autorisé à l'exécuter, mais non à l'exposer sous son nom; puis enfin arriva une pièce analogue exécutée par l'inventeur lui-même, M. Pescheloche, d'Epernay, qui, n'étant pas exposant, fut obligé de placer sa pièce parmi les produits d'un confrère obligeant. L'intérêt que provoqua d'abord ce mécanisme, très ingénieux d'ailleurs, ne fut pas de longue durée; car on remarqua bientôt que, s'il corrigeait, en effet, les irrégularités de la force motrice, il laissait subsister toutes celles du reste du rouage placé au-delà de ce mécanisme. Il n'est peut-être pas impossible de placer une disposition fondée sur ce principe entre le rouage et le dernier mobile, ce qui donnerait toute sa valeur à une idée fort remarquable d'ailleurs.

Un *quantième* est une espèce d'*almanach mécanique*, placé dans une montre, ou une petite horloge, pour indiquer, soit le jour du mois, soit celui de la semaine; quelques uns indiquent le nom du mois, et jusqu'à l'année elle-même. Prodigués dans des pièces mal construites, où ils manquaient souvent leurs effets, lorsqu'ils n'arrêtaient pas le mouvement lui-même, les quantièmes ont dégoûté rapidement les amateurs, et on n'en rencontre plus guère que dans des pièces de luxe.

Espérons que celui qu'exposait M. Bienaymé (1), de Dieppe, en permettra le rétablissement dans les pendules de cheminée, à l'utilité desquelles il ne peut qu'ajouter, sans nuire à leur bonne marche, son moteur particulier étant mis en mouvement, toutes les

(1) Médaille de bronze.
(2) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vingt-quatre heures, par une pièce de la sonnerie du mouvement ordinaire.

Le quantième de M. Bienaymé donne les noms des mois, leur *quantième* et le nom des jours de la semaine. Il tient compte, non seulement des mois de 30 et de 31 jours, mais des différences qu'apportent, au mois de février, les années bissextiles, qui, tous les quatre ans, a 29 jours, et seulement 28 les autres années. Bien plus, comme tous les siècles il y a une année bissextile de moins, le mécanisme de M. Bienaymé en tient compte, et embrasse, avec toutes les corrections nécessaires, la période grégorienne de 3,600 ans.

Vos lecteurs ne s'attendent pas, sans doute, à une description complète d'un mécanisme qui exigerait trop de détails techniques pour être bien compris. Je me bornerai à leur dire que, malgré les nombreuses indications qu'il donne, ce quantième est d'une extrême simplicité ; ce dont ceux qui ont quelques notions d'horlogerie se rendront facilement compte, quand j'aurai ajouté qu'il est établi sur les mêmes principes que les sonneries à chaperon ; qu'un chaperon principal y fait un tour par année, en se déplaçant à minuit d'une quantité qui détermine le sautage des trois aiguilles ; qu'une roue, dite *quadriennale*, qui ne fait un tour qu'en quatre ans, détermine l'indication du 29 février, et qu'enfin, une disposition analogue amène, au bout d'un siècle, le sautage de ce chiffre comme dans les années ordinaires. L'action du moteur ne s'exerce, par jour, que pendant deux secondes environ ; ce qui, dans les conditions de la pièce exposée par M. Bienaymé, n'exige le remontage du quantième que tous les vingt-cinq ans. J'ajouterai enfin, pour terminer, que ce mécanisme peut s'adapter facilement dans le socle de toutes les pendules de cheminée, et que son prix le met à la portée de toutes les fortunes.

Je vous signalerai encore M. Vallet (1), horloger distingué, qui s'est particulièrement voué à instruire dans son art des sourds et muets, parmi lesquels il a fait des élèves remarquables. Cette année, son exposition se composait principalement d'instruments très délicats destinés soit à apprécier et à constater les défauts de certaines pièces d'une montre, soit à corriger ces mêmes défauts.

L'un d'eux mesure avec une exactitude rigoureuse l'inclinaison des plans d'impulsion dans les échappements à repos, et fait connaître, au moyen d'une aiguille parcourant un secteur, de combien l'inclinaison d'une dent diffère de l'inclinaison des autres. Un second instrument permet de faire avec précision les

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

corrections indiquées par le premier. J'ai vu dans les ateliers de la maison Bréguet un appareil qui, depuis longues années, y remplit le même but.

Un autre appareil a pour but de permettre de vérifier, plus commodément que dans la montre, les fonctions d'un échappement dont toutes les pièces peuvent s'y disposer dans les mêmes conditions, et de rectifier plus facilement les défauts qu'il fait reconnaître. D'autres appareils, dont l'utilité serait moins appréciable pour la majorité de vos lecteurs, figuraient également dans l'exposition de M. Vallet, et excitaient vivement l'intérêt de nos plus habiles praticiens.

La plupart des produits dont je viens d'entretenir vos lecteurs ne constituent pas, dans les mains des exposants qui les offraient à l'examen du public, une véritable fabrication dans le sens ordinaire de ce mot. Un très petit nombre exécute la totalité des pièces qui entrent dans une pendule ou dans une montre.

Le *blanc*, c'est-à-dire le mouvement entier, moins l'échappement, leur est fourni par des fabricants dont les produits vont maintenant nous occuper.

On désigne sous le nom de *blanc roulant*, ceux dont les dentures sont faites dans les fabriques en question, et sous celui d'*ébauche*, qui s'applique plus particulièrement à la montre, les blancs dont les roues n'ont pas encore de denture.

Ainsi, pour les pièces courantes, presque tout le travail des horlogers fabricants consiste, soit dans l'exécution de l'échappement, soit dans la vérification, soit enfin dans un ajustement plus précis des pièces.

La maison Japy frères (1), de Beaucourt (Haut-Rhin), occupe évidemment le premier rang dans cette fabrication, par l'abondance incroyable de sa production, par le bas prix et la bonne qualité de ses produits.

L'établissement de Beaucourt, qui remonte à l'année 1780, présente un phénomène assez curieux, pour m'engager à vous donner ici un nouvel extrait de mes notes biographiques.

Son fondateur, Frédéric Japy, était le fils de J.-J. Japy, très habile maréchal de village. Un goût très prononcé pour l'horlogerie le fit entrer en apprentissage chez M. Perrelet, au Locles, en Suisse, où, en dix-huit mois, il se sentit assez habile pour retourner dans son village, travailler à façon pour le compte de son maître.

(1) Rappel de médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il ne tarda pas à faire lui-même des apprentis, à former des ouvriers, et à établir chez son père un petit atelier d'horlogerie. Mais ce local, d'abord assez vaste pour la population ouvrière de Beaucourt, fut bientôt reconnu trop petit pour les projets du fils du maréchal. Il partit donc de Beaucourt avec les ouvriers qu'il avait formés, et alla s'établir chez son beau-père à Montbeilliard.

Malheureusement, il avait oublié de se faire admettre au nombre des bourgeois de cette ville, dont la prospérité de son établissement excita bientôt l'envie; et force lui fut de s'en retourner à Beaucourt, où son travail, son économie et un peu de crédit, lui permirent de faire les constructions nécessaires à ses ateliers et à sa nombreuse famille, composée de seize enfants. Le besoin de l'élever lui fit encore créer une foule de machines ingénieuses pour l'exécution économique et le perfectionnement de ses mouvements de montres, dont la vente était assurée dans les montagnes du canton de Neufchâtel, en Suisse.

L'établissement prospéra et grandit à mesure des bénéfices. Ses succès engagèrent l'empereur Paul, dont l'épouse était née à Montbeillard, à faire des offres avantageuses à Japy, qui préféra conserver à la France une aussi importante branche d'industrie.

En 1806, Japy se retira des affaires avec une belle fortune, laissant sa manufacture à ses fils, qui en sont encore aujourd'hui les propriétaires; ceux-ci avaient contracté envers le reste de la famille une dette immense. Le besoin de se libérer les mit dans la nécessité d'agrandir et de perfectionner la fabrication des mouvements de montre, d'y joindre celle de la grosse horlogerie, puis celle des vis à bois, de la serrurerie, de la quincaillerie, et plus tard celle des ustensiles de cuisine et de la vaisselle en fer étamée. Un si grand nombre d'usines était à l'étroit dans le village de Beaucourt. Il fallut en sortir et s'étendre dans le Doubs, dont Beaucourt est un enclave. Ils y établirent successivement quatre usines dans un rayon de deux à trois kilomètres autour de Beaucourt.

Le tout était à peine en roulement que les armées alliées pénétrèrent en France en 1815. Les troupes autrichiennes, mues par un sentiment qu'on ne peut expliquer au XIXe siècle, mirent le feu à l'établissement central de Beaucourt, dont les bâtiments furent réduits en cendre le 1er juillet.

Heureusement que cet acte de vandalisme ne s'étendit pas aux autres usines; et malgré une perte constatée de 1,800,000 fr., la loyauté des frères Japy était tellement connue, que les capitaux leur arrivèrent immédiatement du Doubs et de la Suisse, avec tant

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'abondance qu'ils furent obligés de refuser ceux qu'on leur offrait de toutes parts à mesure que la nouvelle de leur désastre était connue ; des capitaux autrichiens furent, il faut le reconnaître, des premiers à se présenter. Beaucourt fut rétabli dans l'espace de huit mois.

Plus de sept mille personnes de tout sexe et de tout âge sont occupées dans les divers établissements dont Beaucourt est le chef-lieu ; un nombre proportionnel d'enfants partage leur journée entre l'école et l'atelier. Plusieurs octogénaires, formés par le fondateur, y fournissent encore aujourd'hui leur contingent de travail, et ont contribué à la fabrication de plus de 30 millions de pièces de la même espèce.

Un fait curieux résulte des notes que j'ai recueillies ; c'est que la fabrication des montres et celle des pendules éprouvent des influences contraires des circonstances de paix ou de guerre. Pendant la paix, la fabrication des dernières l'emporte sur l'autre, à laquelle la guerre donne une prépondérance bien marquée.

En France, Besançon est le principal débouché des mouvements de montre de la maison Japy. Le sixième à peu près de la population de cette ville s'occupe à terminer ces mouvements, dont une partie s'exporte en Chine.

A l'étranger, il n'est pas exagéré de dire que la principauté de Neufchâtel tout entière, devenue chef-lieu de l'horlogerie suisse, trouve l'aisance et le bien-être dans l'achèvement des mouvements de la maison Japy. Les principales localités de ce pays, à la tête desquelles se trouvent Lachaux de Fonds, le Locles et Saint-Imier, occupent une population de plus de 50,000 âmes à la terminaison des mouvements en question. De vastes comptoirs y sont formés, et envoient annuellement des représentants sur les marchés de l'Europe, de la Chine et de l'Amérique, où s'écoulent des quantités incroyables de montres terminées.

La maison Japy, pour satisfaire aux exigences et au goût de toutes les contrées du globe, a été conduite, depuis son origine, à confectionner une variété extraordinaire d'ébauches. Les calibres de cet établissement, qui se montent à plusieurs milliers, sont soumis à la mode : aussi malgré l'espace considérable occupé par ses produits dans les galeries de l'exposition, n'a-t-elle pu exposer que la plus petite partie des échantillons qu'elle pouvait fournir.

Une partie un peu plus moderne de l'industrie de MM. Japy frères est celle des mouvements de pendules, presque tous destinés à Paris, où l'empressement avec lequel ces produits sont accueillis

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait son plus bel éloge. Ces mêmes produits, malgré les rigueurs du Zolverein, sont aussi très recherchés par le petit nombre des horlogers allemands.

La fabrication en horiogerie de la maison Japy s'élève annuellement à 250,000 mouvements bruts de montre, nommés ébauches, formant la réunion de la presque totalité des pièces nécessaires à la confection d'une montre, et en 42,000 mouvements de pendule.

J'aurai plus loin l'occasion de revenir sur les autres genres de fabrication de cette maison colossale.

M. Pons (1), comme Frédéric Japy, est le fondateur de l'horlogerie de fabrique à Saint-Nicolas d'Alliermont (Seine-Inférieure). C'est aux ingénieuses machines imaginées par lui pour accélérer le travail, tout en perfectionnant l'exécution, qu'on doit les progrès remarquables de cette industrie dans le voisinage de Dieppe, où, avant M. Pons, toutes les pieces exécutées manuellement manquaient de précision et coûtaient très cher. M. Pons, aujourd'hui doyen de la fabrique d'horlogerie en France, est l'auteur d'un très grand nombre d'échappements parmi lesquels il s'en trouve de très ingénieux que j'éprouve le regret de ne pouvoir signaler d'une manière précise à vos lecteurs.

Cette industrie était encore honorablement représentée à l'exposition par la maison Vincenti (2), de Montbeilliard, et M. Boromée Delépine (3) à Dieppe.

Je terminerai cette revue de l'horlogerie par un examen comparatif d'un certain nombre d'échappements qui ont produit une grande sensation dans le monde chronométrique.

On a vu, par tout ce qui précède, qu'on approche d'autant plus du but théorique que le pendule ou le balancier d'une pièce d'horlogerie est plus efficacement soustrait aux irrégularités de la force motrice, soit que ces irrégularités appartiennent à cette force même, soit qu'elles résultent des organes qui la transmettent à l'échappement.

Dans ce but, on a imaginé un certain nombre de dispositions qui séparent, pour ainsi dire, le pendule de toute communication avec les rouages, pendant la durée de ses arcs supplémentaires, état de liberté qui a fait donner à ces dispositions le nom d'*échappements libres*.

Mais, comme, pendant la durée de l'impulsion donnée au pen-

(1) Rappel de médaille d'or.
(2) Médaille d'argent.
(3) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

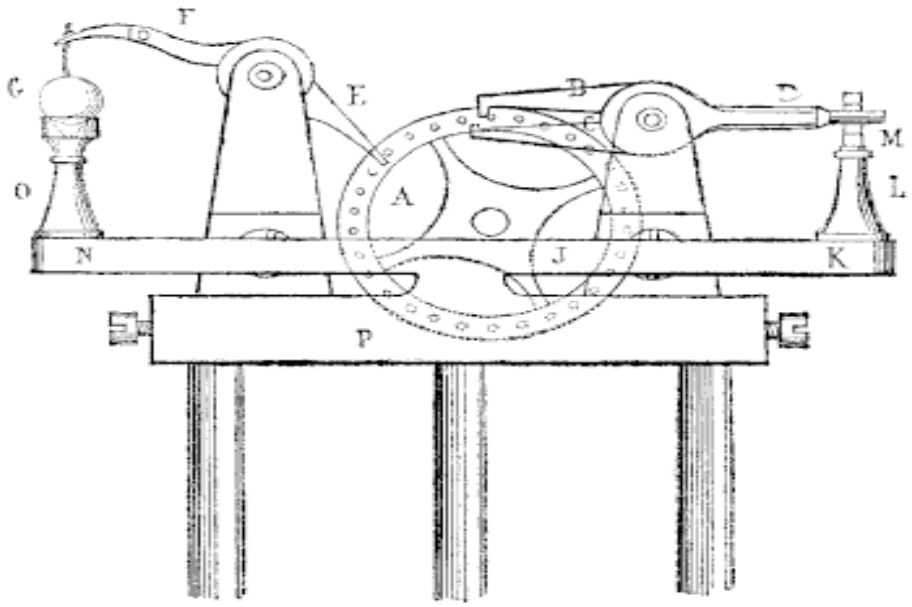
dule, celui-ci est replacé sous l'influence des irrégularités en question, on a eu recours, pour y remédier, à d'autres dispositions dont j'ai signalé quelques unes sous le nom de *remontoir*, pour détruire ces irrégularités, et pour faire en sorte que la force impulsive du pendule restât constamment la même. Les échappements qui remplissent ou ont la prétention de remplir approximativement cette condition, s'appellent des *échappements à force constante*.

C'est dans cette dernière catégorie que se trouvent ceux dont je vais entretenir vos lecteurs.

Mais, avant d'en faire la description comparative, je crois utile de prendre, comme point de départ, une disposition très ingénieuse qui figurait à l'exposition de 1839, et qui appartenait à M. Vérité, horloger distingué, à Beauvais.

La figure 16 en représente le mécanisme.

Fig. 16.



A est une roue ordinaire à chevilles, arrêtée dans son mouvement, à chaque oscillation du pendule P, par un des leviers B ou C, monté sur le même axe, et dont les extrémités, terminées par deux petits plans, font équerre avec elles; c'est contre ces petits plans que viennent successivement buter les chevilles. Les deux leviers continuent d'une seule pièce D, au-delà de leur centre d'oscillation, et l'extrémité de cette pièce D est engagée dans une fente ou mor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taise M, pratiquée dans une pièce L, fixée à l'extrémité K d'une traverse J, qui fait partie du pendule et oscille avec lui.

Un autre levier E F a son centre de mouvement sur la platine de l'horloge, et l'un de ses bras E s'engage entre les dents de la roue A. Son second bras F, un peu plus lourd que l'autre, porte, à son extrémité, une soie au bout de laquelle est suspendue une boule G dont le poids seul donne l'impulsion au pendule, à chaque oscillation double de celui-ci.

Enfin, à l'extrémité N de la traverse J, est fixée une pièce O, terminée par une cavité qui reçoit la boule G. Cette pièce est de niveau avec le centre de mouvement du pendule.

Voici comment fonctionne ce mécanisme.

Le pendule P est représenté marchant de droite à gauche, la pièce O arrivant au contact de la boule G, qu'elle soulèvera d'une certaine quantité jusqu'à la fin de l'oscillation du pendule. Mais, dans cette oscillation, la pièce L se sera abaissée de manière que le haut de la mortaise M, venant au contact du bras D, abaissera ce bras, et soulèvera, par conséquent, le bras B, qui retient une cheville de la roue A. Cette roue sera mise en mouvement par la force motrice, et la cheville qui aura quitté le levier B viendra s'arrêter un peu plus loin sur le petit plan du levier C. Mais ce mouvement de la roue aura dégagé, en même temps, le bras de levier E de la cheville qui le retenait, et il se sera relevé jusqu'à la rencontre de la cheville suivante, qui le retiendra à son tour.

Ce relèvement du bras E aura amené l'abaissement du bras F, et déterminé une flexion encore plus grande du fil qui suspend la boule G; en d'autres termes, ce bras F se sera rapproché de la boule G, relevée en ce moment par la pièce O.

Maintenant, l'oscillation de gauche à droite du pendule va commencer. Le poids de la boule G, agissant sur l'extrémité N de la traverse J, la fera basculer, jusqu'au moment où cette même boule restera suspendue au fil de soie. Le pendule, continuant sa marche, relèvera l'extrémité K de la traverse J, et, avec elle, la pièce L. Le bas de la mortaise M, rencontrant alors le bras D, fera monter ce bras, d'où résultera le dégagement de la cheville qui reposait contre le petit plan du levier C qui se sera abaissé, et une autre viendra au contact du plan du levier B; mais le mouvement de la roue aura fait descendre la cheville contre laquelle butait le bras E, sans cependant le faire échapper. Ce bras E se sera par conséquent abaissé, ce qui aura amené le relèvement du bras F, et, avec lui, celui de la boule G, pour lui permettre, par une nouvelle descente, de donner une nouvelle impulsion au pendule.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque le mouvement de gauche à droite du pendule a opéré ces divers effets, il revient librement de droite à gauche ; la pièce O rencontre la boule G, qu'elle soulève d'une certaine quantité en vertu de sa vitesse acquise; le haut de la mortaise M arrive au contact du bras D, qui s'abaisse pour relever le levier B, qui laisse échapper sa cheville, laquelle retombe sur le levier C. Enfin, le bras E échappe, dans le mouvement de la roue, à la cheville qui le retenait, pour se relever et venir buter contre la cheville suivante, ce qui abaisse le bras F, et rend, à la chute de la boule G, la même course que précédemment pour donner une même impulsion au pendule, et ainsi de suite.

Cet échappement remplit, comme on le voit, la double condition formulée en horlogerie par les mots *échappement libre* et *échappement à force constante :* car le pendule parcourt ses arcs avec une entière liberté, jusqu'au moment où il a à opérer le dégagement des chevilles de la roue A ; et la force qui lui donne l'impulsion est le poids seul de la boule, parcourant toujours le même espace de chute, et agissant rigoureusement pendant le même temps, à chaque impulsion, qui, en vertu des lois de la pesanteur, doit rester constamment uniforme. De sorte que, même les variations qui peuvent survenir dans la seule durée du remontage du poids, soit par suite des inégalités propres de la force motrice, soit dans sa transmission par les rouages, et résultant de l'épaisissement des huiles ou de toute autre cause, demeurent sans influence sur le pendule régulateur.

Mais ce même pendule a malheureusement pour mission essentielle de déterminer le dégagement des chevilles de la roue d'échappement, retenues par les leviers de repos B et C; et, comme la pression de ces chevilles contre ces leviers est nécessairement variable comme la force motrice qui la produit, il en résulte que ce dégagement oppose, au pendule, des résistances variables qui absorbent une plus ou moins grande quantité du mouvement qu'il possède, et que l'*isochronisme* de ses oscillations s'en trouve nécessairement altéré ; moins fortement, sans doute, que si ces variations se manifestaient dans la force impulsive elle-même ; mais, pourtant, d'une quantité suffisante pour se faire reconnaître dans la marche de l'horloge.

Cet échappement, tout ingénieux qu'il est, n'est donc qu'un renversement des conditions ordinaires des échappements dits *échappements libres*, et ne peut mériter entièrement le nom d'*échappement à force constante.*

M. le baron Séguier avait fait, à la Société d'encouragement, un

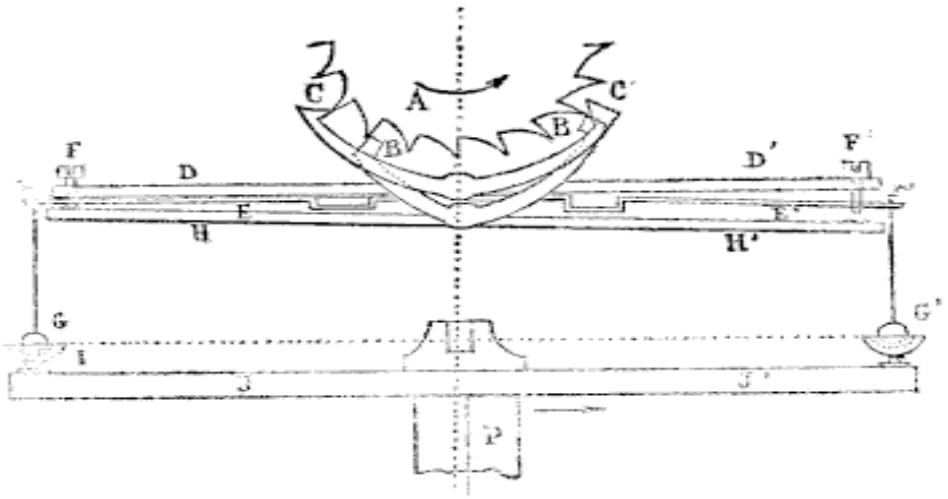
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapport sur cet échappement. Frappé de ce qu'il avait d'ingénieux, il pensa qu'on pourrait en appliquer plus avantageusement le principe, en doublant cette application, et en ôtant, aux dispositions de M. Vérité, cette apparence boiteuse qui choquait certains esprits amateurs de la symétrie.

Cette idée, communiquée à M. Winnerl, à l'habileté duquel j'ai déjà rendu une justice méritée, fut réalisée par lui, avant la fin de l'exposition de 1839, dans les conditions suivantes qui firent une vive sensation parmi les hommes compétents.

Cet échappement est représenté figure 17.

Fig. 17.



P est le pendule, surmonté d'une traverse JJ′, aux deux extrémités de laquelle sont fixés deux petits godets I et I′.

A est la roue d'échappement.

Au-dessous, sont placés deux leviers DD′, HH′, au centre d'oscillation desquels sont adaptés, pour le levier DD′, un ancre CC′ portant deux plans inclinés à ses deux extrémités, et, pour le levier HH′, un ancre BB′ portant deux plans de repos.

Sous le levier DD′ sont fixés deux petits ressorts très flexibles EE′, traversés chacun par une vis FF′ qui fait corps avec lui, mais qui traverse, sans frottement, les extrémités du levier DD′.

Enfin, à l'extrémité de chacun de ces ressorts, sont suspendues par un fil de soie, au-dessus des godets I et I′, deux petites boules en platine G et G′.

Voici comment fonctionne cet échappement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La figure le représente au moment où l'impulsion de gauche à droite va cesser, et où la boule G va rester suspendue.

Son poids, agissant alors sur le ressort E, solidaire avec la vis F, pèsera entièrement sur le bras H, qu'elle abaissera ; d'où résultera le dégagement du plan B, de l'ancre BB′, qui retenait une dent de la roue d'échappement A. Celle-ci, mise en mouvement par la force motrice, repoussera par la pointe de l'une de ses dents, le plan incliné C′, de l'ancre CC′, fixé sur l'axe du levier DD′, tandis que la dent suivante viendra s'arrêter contre le plan B′ que le mouvement de bascule du levier HH′ aura fait entrer dans l'intervalle qui sépare deux dents.

Le repoussement du plan incliné C′ aura déterminé, à son tour, le mouvement de bascule du levier DD′, dont l'extrémité D, venant buter sous la tête de la vis F, relèvera la boule G pour préparer une impulsion future de gauche à droite ; l'autre extrémité, en s'abaissant de manière à ne plus supporter la tête de la vis F, dont la pointe reposera alors sur l'extrémité du levier E′, déterminera la longueur de chute de la boule G′, pour donner au pendule une impulsion de droite à gauche.

Pendant ce temps le pendule aura continué son oscillation de gauche à droite et aura quelque peu remonté la boule G′, jusqu'au moment où il marchera de droite à gauche en vertu de sa propre gravité, et sous l'influence du poids de la boule G′.

Au moment où, dans cette oscillation, la boule G′ cessera de peser sur lui, il sera tout près d'atteindre la boule G ; et comme, alors, toutes les pièces de droite seront dans les positions relatives où la figure représente les pièces de gauche, les effets déjà décrits s'y produiront à leur tour. La boule G′ pesant de tout son poids, par la pointe de la vis F′, sur le bras H′, lui fera faire la bascule pour le remettre dans la position représentée. Mais ce mouvement de bascule ne pourra avoir lieu sans dégager le plan B′ contre lequel butait une dent de la roue A qui, se mettant en mouvement, agira par la pointe de l'une de ses dents contre le plan incliné C, le repoussera et fera faire la bascule au levier D, dont le bras D′, soulevant la tête de la vis F′, relèvera la boule G′ pour lui permettre de donner une nouvelle impulsion de droite à gauche. Le mouvement de bascule du levier HH′ aura engagé de nouveau le plan B entre deux dents de la roue A, ce qui déterminera l'arrêt de cette roue. Le mouvement du levier D, outre qu'il aura fait relever la boule G′, aura encore déterminé la longueur de chute de la boule G, qui, à la fin de cette oscillation, donnera une nouvelle impulsion de gauche à droite.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il semblerait, au premier aperçu, que cet échappement remplit complétement toutes les conditions énoncées déjà tant de fois, et que surtout il est entièrement soustrait aux influences variables de la force motrice. Il n'en est cependant pas ainsi ; car, si l'on se rend bien compte de ses effets, on verra que le poids des boules n'est pas entièrement employé au dégagement du rouage ; que ce poids se partage en deux portions, dont l'une continue à donner l'impulsion au pendule, tandis que l'autre opère le dégagement. Or, j'ai signalé maintes fois, comme la cause principale des irrégularités d'une pièce d'horlogerie, la pression variable des derniers mobiles du rouage contre les pièces qui en arrêtent périodiquement la marche, variations qui sont dues en grande partie à celle de la force motrice. Il est donc évident que, dans le cas d'une plus grande pression, une plus grande portion du poids des boules sera employée à opérer le dégagement, et que l'impulsion du pendule sera diminuée d'autant ; que, réciproquement, une moindre pression faisant opérer le dégagement avec une moindre portion du poids, l'impulsion du pendule sera plus considérable, puisqu'elle sera déterminée par une plus grande portion du poids des boules.

D'un autre côté, quand la force du rouage est plus grande, le mouvement du levier DD' se fait plus vite, et la boule arrive plus tôt à la rencontre du godet montant, qui a par conséquent à la remonter de plus bas, ce qui diminue encore l'amplitude de ses oscillations déjà diminuée par la moindre impulsion de l'autre boule.

Il résulte de ces considérations que, contrairement à ce qui se passe dans les autres dispositions d'horlogerie, l'échappement de M. Winnerl fait décrire au pendule des arcs plus grands avec moins de force, et des arcs plus petits avec une force plus grande.

Il est donc évident enfin que, malgré les ingénieuses dispositions adoptées par M. Winnerl, cet *échappement* n'est pas *à force constante* dans l'acception rigoureuse de l'expression.

L'impression produite, à l'exposition de 1839, par les deux dispositions que je viens de décrire, avait stimulé le génie inventif de M. J. Wagner, qui voulut, à son tour, se présenter à celle de 1844 avec sa part du progrès.

Voyons comment il a tenté la solution du problème.

La figure 18 représente les dispositions qu'il a adoptées.

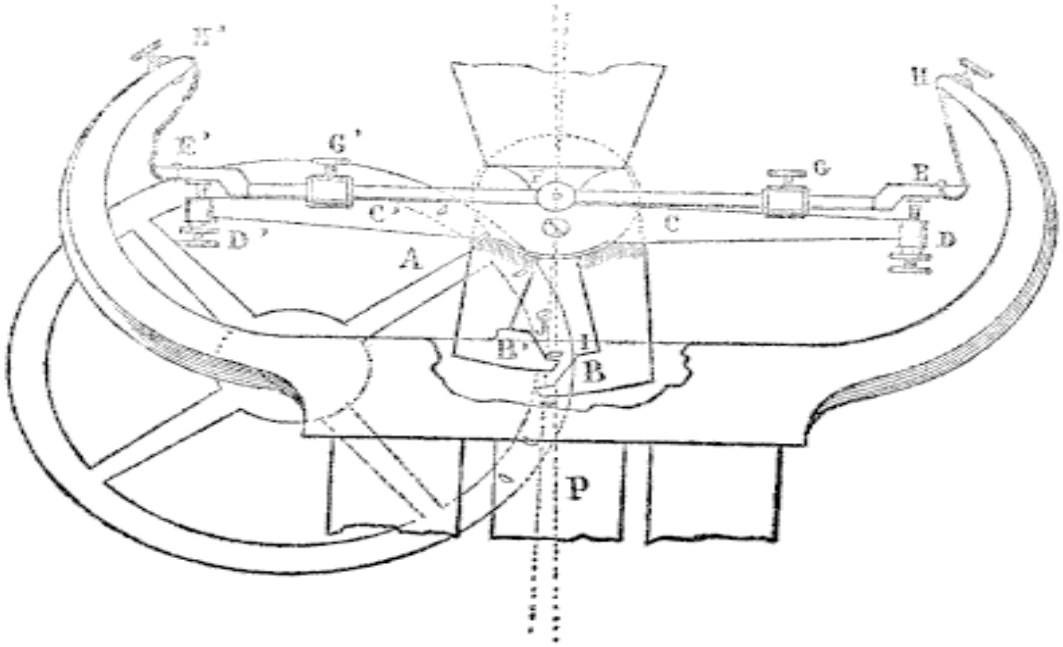
A est une roue d'échappement, ordinaire, à chevilles.

BB′ becs de l'échappement, portant chacun un plan de repos au bas du plan incliné. Ils sont fixés sur un levier CC′, portant, à chacune de ses extrémités, une vis d'acier DD′.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

EE′ sont deux leviers horizontaux, ayant chacun leur axe indépendant, mais concentrique, en F, avec l'axe du levier CC′.

Fig. 18.



GG′ poids curseurs, placés sur les leviers EE′, et dont la position règle l'effort nécessaire à l'impulsion du pendule.

HH′ cornes du pendule P, faisant corps avec lui, et à l'extrémité de chacune desquelles est fixé un fil de soie, ou un fil métallique très flexible qui s'attache, par l'autre bout, à l'extrémité de l'un des leviers EE′.

Dans ces conditions, l'impulsion est donnée au pendule par le poids de l'un des leviers EE′, relevé par le fil qui le réunit à l'une des cornes HH′ (1).

La figure représente le commencement d'une impulsion du pendule de droite à gauche, sous l'action du poids G du levier E.

Le rouage est arrêté, parce qu'une cheville de la roue d'échappement est sur le plan de repos du bec B′, placé dans la verticale, et

(1) M. J. Wagner a préféré l'emploi de ces leviers à celui des boules de MM. Vérité et Winnerl, d'abord pour éviter l'adhérence qu'il suppose devoir s'établir entre les boules et les godets; mais surtout pour que le balancement latéral des boules ne soit pas une nouvelle cause de variation, en les plaçant tantôt plus près, tantôt plus loin du centre de mouvement du pendule, et, par conséquent, en faisant agir leur poids sur des bras de levier variables.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le levier E′, ainsi que son poids G′, pèse sur le bras C′ du levier qui porte les becs, ce qui garantit la sûreté de l'arrêt.

Deux effets mécaniques très différents se produiront, selon que les fils de soie qui suspendent les leviers E et E′ seront plus longs ou plus courts.

Supposons, pour un moment, que leur longueur soit telle que, lorsque l'un des leviers E ou E′ touche la vis D ou D′, l'autre soit immédiatement relevé par la corne opposée.

Dans ce cas, au moment où le levier E viendra toucher la vis D, le levier E′ étant relevé par la corne H′, le poids du levier E, agissant sur le bras C du levier des becs, lui fera faire la bascule, dégagera la dent I qui reposait sur le plan de repos du bec B′, et cette dent rencontrant, dans le mouvement de la roue A, le plan incliné du bec B, le fera basculer en sens contraire, en repoussant ce plan incliné, au bas duquel elle s'arrêtera sur le plan de repos. Ce mouvement de bascule aura éloigné la vis D′ du levier E′, déjà soulevé par la corne H′ du pendule, et déterminé la longueur de chute de ce levier, lorsque le pendule fera son oscillation de gauche à droite sous l'action propre de ce levier.

Lorsque, dans cette oscillation, le levier E′ revient au contact de la vis D′, il cesse de donner l'impulsion, pèse sur cette vis, et dégage la cheville I, tombée précédemment sur le plan de repos du bec B. Une seconde cheville J, alors en contact avec le plan incliné du bec B′, repousse ce bec et vient s'arrêter sur son plan de repos, ce qui relève le bras C′, et abaisse le bras C, condition qui détermine la hauteur de chute du levier E dans une nouvelle impulsion de droite à gauche.

On comprend que, dans ces conditions, l'échappement de M. J. Wagner n'atteint pas plus le but théorique que celui de M. Winnerl, et qu'il resterait soumis aux influences variables de la force motrice, si ces influences n'étaient pas détruites, dans l'horloge exposée, par l'un des remontoirs que j'ai décrits plus haut: car, si le dégagement du rouage se fait avec plus ou moins de facilité, le levier qui détermine ce dégagement en y employant, comme la boule de M. Winnerl, seulement une portion de son poids, agira, pendant ce dégagement, avec un poids variable sur le pendule, si le dégagement offre des résistances variables qui absorberont une plus ou moins grande portion du poids du levier.

Mais, si les fils de soie sont un peu plus longs que dans l'hypothèse précédente, les choses ne se passeront plus de la même manière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au moment où, dans l'oscillation de droite à gauche, le levier E viendra se poser sur la vis D, le levier E′ reposera encore sur la vis D′, tous deux se feront équilibre; le dégagement du rouage et les effets qui en sont la conséquence ne se produiront que quand le pendule aura marché suffisamment pour relever le levier E′, et permis en conséquence au levier E de dégager le rouage. Or, comme en ce moment le pendule aura sa plus grande vitesse, la petite quantité de mouvement que doit faire le levier CC′ pour opérer ce dégagement ne sera pas suffisante pour que la vis D′ rattrape le levier E′; la descente du levier E ne sera pas non plus assez grande pour tendre de nouveau le fil de soie qui le supporte, et, par conséquent, pour agir de nouveau sur le pendule. Il en résultera donc que, quelque variables que soient, dans des limites convenables, les résistances opposées au dégagement du rouage, ces résistances n'auront aucune influence sur la marche du pendule, qui restera entièrement *libre*, et dont les impulsions seront dues à une *force* rigoureusement *constante*.

On obtiendrait probablement le même résultat, dans la première hypothèse, celle où les deux leviers E et E′ ne peuvent reposer en même temps sur les deux vis, en plaçant très bas le centre de gravité du levier CC′, pour lui donner une certaine paresse de mouvement, qui permette au pendule de cheminer assez loin avant le dégagement du rouage pour que le levier E ou E′ n'ait pas le temps de tendre son fil avant d'être remonté par la vis D ou D′.

Un grand nombre de dispositions mécaniques peuvent produire cette paresse de mouvement, attribuée ici à l'abaissement du centre de gravité.

On atteindrait encore le même but en disposant sur l'axe du levier CC′ un pendule à deux branches dans le genre de celui du métronome de Maelzel, et dont les longueurs seraient réglées de manière que ses oscillations propres, s'il était libre, fussent d'une durée plus longue que celles du pendule de l'horloge.

Ces deux dernières hypothèses n'ont pas été vérifiées expérimentalement; mais, depuis la fermeture de l'exposition, M. J. Wagner, qui avait d'abord adopté les premières conditions décrites, a, sur ma demande, expérimenté l'emploi de fils plus longs, et le résultat a complétement confirmé nos prévisions.

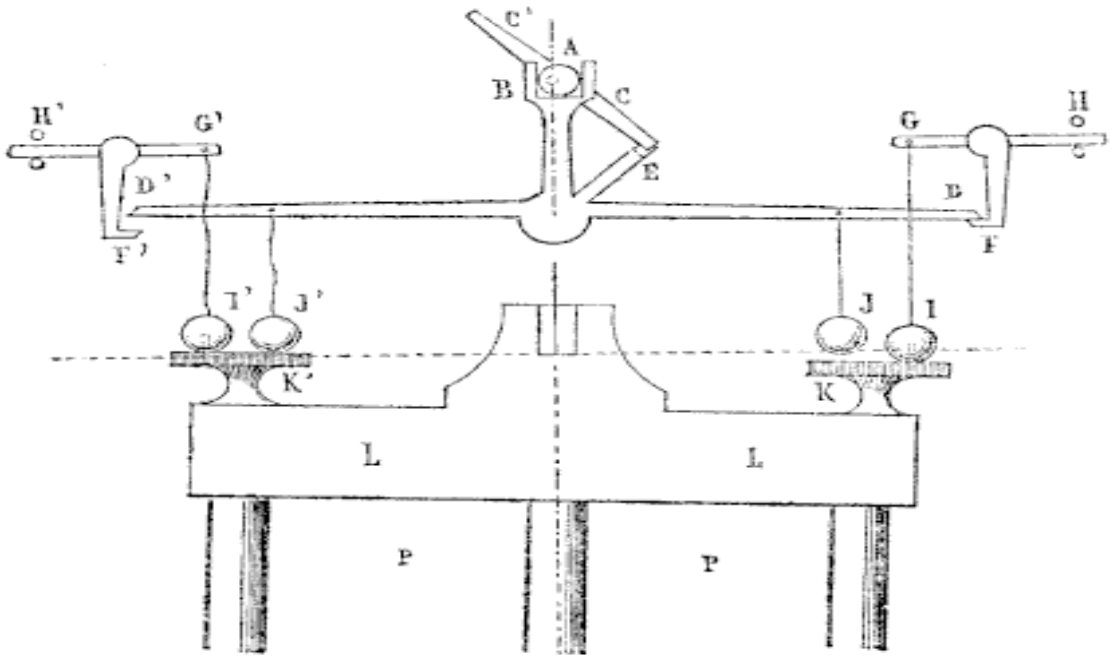
L'apparition de l'échappement de M. J. Wagner avait soulevé de nombreuses et vives polémiques parmi les hommes plus ou moins compétents qui fréquentaient les galeries de l'exposition, et probablement la palme lui fût demeurée en définitive, lorsqu'une grande caisse, laissée vide pendant le premier mois de cette solennité, ra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nima tout-à-coup la discussion, en offrant, aux regards des amateurs, un échappement qui affichait hautement la prétention d'être à l'abri de toutes les causes de variation. C'était M. Vérité (1) qui complétait son œuvre de 1839, d'une manière aussi simple qu'ingénieuse.

La fig. 19 est un croquis, fait de souvenir, des dispositions de M. Vérité.

Fig. 19.



A est un excentrique monté sur l'axe du dernier mobile de l'horloge, sur lequel est également placé un levier ou volant CC′.

Un levier DD′ porte, au-dessus de son centre de mouvement, une fourchette B dont les branches verticales reçoivent l'excentrique A. Une autre branche oblique E fait corps avec le levier DD′, et reçoit, par une projection que la figure ne peut montrer parce qu'elle est placée derrière, une autre projection appartenant au bras C ou C′ du levier fixé sur l'axe de l'excentrique A. C'est le contact de ces deux projections qui détermine l'arrêt du rouage, et les choses sont disposées de manière que la pression de ce levier contre la branche E soit perpendiculaire au rayon passant par le point de contact et le centre de mouvement du levier DD′, qui, en outre, doit être parfaitement équilibré. Ces conditions ont pour but de rendre les mouvements de ce levier aussi indépendants que possible des variations de pression au contact de la branche E et du levier CC′.

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au levier DD′ sont suspendues deux boules de métal J et J′, qui doivent donner l'impulsion au pendule.

De chaque côté du levier DD′ sont placées deux pièces FF′, mobiles autour d'un axe, et dont l'extrémité inférieure porte deux petits plans de repos sur lesquels viennent s'appuyer alternativement les extrémités du levier DD′.

Deux boules métalliques I et I′ sont suspendues au bras G ou G′ des leviers GH et G′H′ fixés sur le même axe que les repos F ou F′, et dont le bras H ou H′, plus lourd que le bras G ou G′, est logé entre deux goupilles pour limiter le mouvement de ce système.

Enfin, à l'extrémité supérieure du pendule est une traverse LL, portant à ses deux extrémités un plan K ou K′, sur lequel reposent alternativement les boules impulsives. Une petite cheville placée sur chaque plan pénètre dans les boules I et I′ pour les empêcher de faire de trop grandes oscillations latérales.

Voici comment fonctionne cet échappement.

La figure représente la fin de l'impulsion de droite à gauche donnée par la boule J, et continuée encore par la boule I. Les boules J′ et I′ sont déjà soulevées par le plan K′.

Le pendule continuant son oscillation de droite à gauche, une portion du poids de la boule I va cesser de peser sur lui ; elle entraînera le levier G, dont la descente fera glisser le repos F de dessous l'extrémité D du bras de levier qui porte la boule J ; le poids de cette boule abaissera alors ce bras D et séparera les contacts de la branche oblique E et du bras C. Le rouage n'étant plus arrêté, fera tourner l'excentrique A, qui, entraînant la fourchette dans son mouvement de rotation, fera faire la bascule au levier DD′ dont le bras D′ viendra reposer sur le repos F′, au moment où le bras C′, ayant fait une demi-révolution, viendra arrêter le rouage en se reposant sur la branche oblique E. Ce renversement du levier DD′ aura déterminé la hauteur de chute de la boule J′ dans l'impulsion future de gauche à droite, et relevé en même temps la boule J pour préparer l'impulsion future de droite à gauche.

On remarquera que l'excentrique A ne remplit pas complétement l'intervalle entre les branches de la fourchette B. Cette condition a pour but de permettre à la boule J le petit mouvement de descente, qui amène le dégagement du rouage, mouvement qui ne peut pas être assez grand pour lui faire rattraper le pendule alors à sa plus grande vitesse.

Lorsque le pendule aura achevé son oscillation de droite à gauche, il commencera celle de gauche à droite, sous l'influence de sa propre pesanteur et de celles des deux boules I′ et J′. Arrivée en un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

certain point de sa course, la boule J′ cessera de peser sur lui, et il ne sera plus soumis à d'autre impulsion qu'à celle de la boule I′, qui, à son tour, l'abandonnera pour rester suspendue au bras G′. Son poids fera alors basculer le repos F′ qui supportait l'extrémité du bras D′. La boule J′, n'étant plus retenue par la résistance de ce repos, fera faire au levier DD′ un petit mouvement qui dégagera de nouveau les contacts de la branche oblique E et du bras C′; le rouage marchera, et, avec lui, l'excentrique A, dont le mouvement fera faire encore la bascule en sens contraire à ce levier DD′, pour le remettre dans la position représentée par la figure, déterminer la hauteur de chute de la boule J pour l'impulsion prochaine et relever la boule J′ pour préparer l'impulsion suivante.

On voit, par cette description, que l'échappement de M. Vérité remplit complétement les conditions essentielles d'un *échappement à force constante*, et que le pendule est entièrement soustrait aux irrégularités de la force motrice.

En effet, la force qui détermine ses impulsions, celle qui, à chaque oscillation, rétablit la vitesse qu'a pu lui faire perdre la résistance de l'air, ou les autres résistances qui s'opposent à son mouvement, lui est *uniquement* appliquée par les boules J et J′, qui, bien que chargées de dégager le rouage, ne remplissent cette fonction que quand elles n'ont plus sur le pendule aucune action possible.

Quant à l'action des boules I et I′, on comprend que le pendule ayant à les relever de la quantité précise de leur chute, elles opposent à leur soulèvement exactement la même quantité d'action qu'elles appliquent à l'impulsion, ce qui rétablit l'équilibre; la vitesse du pendule étant ralentie par elles dans son mouvement d'ascension de toute celle qu'elles lui ont communiquée dans son mouvement de descente.

Le même raisonnement peut s'appliquer au relèvement des boules J et J′ pendant le mouvement ascensionnel du pendule, une portion de la descente de ces boules compensant exactement la vitesse perdue par ce relèvement.

La seule force impulsive *réelle* est donc celle due à la hauteur de chute des boules J et J′, déterminée par la corde de l'arc que parcourt le point d'attache du fil qui suspend ces boules au levier DD′; et, comme cet arc est constant, il s'ensuit que la force impulsive est rigoureusement constante.

Les résistances qui peuvent s'opposer au mouvement des boules I et I′ sont évidemment constantes aussi, si on ne tient pas compte de l'altération des huiles qui lubrifient l'axe de rotation des plans de repos F et F′, et de l'altération possible des surfaces de contact

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entre les extrémités du levier DD′ et ces plans de repos. Mais ces altérations sont d'un ordre tel, qu'il n'est jamais venu à personne la pensée de les éviter entièrement; on devra toujours se borner aux conditions qui en diminuent la rapidité, mais qui ne peuvent jamais les faire complétement disparaître.

Une objection, plus spécieuse que juste, a été faite contre l'échappement de M. Vérité. On disait que les variations de la force motrice devaient nécessairement déterminer des pressions variables entre les contacts de la branche oblique E et du levier CC', et que la boule J ou J′ avait par conséquent des résistances variables à surmonter. Cela n'est vrai que jusqu'à un certain point, grâce à la précaution qu'a prise M. Vérité, de rendre son levier C C′ tangent à la courbe parcourue par la branche oblique E, d'équilibrer parfaitement le poids du levier DD′ des deux côtés de son axe, et de diminuer par là tous les frottements que les boules J et J′ ont à vaincre. Mais la première précaution était en elle-même superflue, puisque les choses sont disposées de manière que, lorsque ces boules produisent le dégagement du rouage, elles sont assez éloignées du pendule pour ne pas pouvoir le rattraper dans la petite chute qu'elles font pour opérer ce dégagement, et qu'elles sont immédiatement remontées par le renversement du levier DD', que l'excentrique A fait aussitôt basculer.

Quelques personnes ont considéré comme inutile l'emploi des boules I et I′, et prétendu que l'échappement fonctionnerait de même si on les supprimait.

Elles n'ont pas réfléchi qu'on rentrerait par là dans les conditions de l'échappement de M. Winnerl, ainsi que dans celles de l'échappement de M. J. Wagner, lorsque les fils ne sont pas suffisamment longs: car, malgré la plus grande réduction possible du frottement des contacts de la branche oblique E et du levier CC′, ce frottement offrira toujours une résistance variable, si la force motrice qui le détermine vient à varier, et la portion du poids des boules J et J′, qui servirait à opérer le dégagement, devant nécessairement varier, le pendule, pendant la durée du dégagement, serait nécessairement soumis à des impulsions de force variable.

L'emploi des boules additionnelles I, I′ et des organes qui les supportent remédie à cet inconvénient.

En effet, le poids du bras H, dont les dimensions sont trop exiguës dans le dessin, est calculé de manière à faire équilibre au poids de la boule J, dont la chute est arrêtée par le plan F, tant que le poids, ou plutôt une portion du poids de la boule I ne vient pas rompre cet équilibre, et faire basculer le levier GH pour mettre en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

liberté la boule J, et lui permettre d'opérer le dégagement du rouage. C'est, comme on le voit, cette condition qui assure à l'échappement de M. Vérité les propriétés que je lui ai reconnues plus haut, et sans lesquelles il ne serait pas à force constante.

Les inconvénients que M. J. Wagner a reconnus dans l'emploi des boules d'impulsion, lui ont suggéré l'idée de remplacer les boules I, I′ de M. Vérité, par un fil de soie réunissant les deux plans d'impulsion K, K′, et les bras G, G′. Au moyen de ces fils, le pendule dégagerait, pendant ses arcs supplémentaires, le levier DD′ des repos F, F′, en faisant basculer les bras G, G′ et en les laissant revenir à leur position normale, avant le renversement, par l'excentrique, du levier DD′, pour recevoir, sur les repos F, F′, les extrémités de ce levier. Cette disposition me semble devoir atteindre complétement le but.

L'horloge de M. Vérité présentait d'autres conditions que je ne pourrais exposer que de souvenir, la note qu'il m'avait promise ne m'étant pas parvenue. Il m'a par conséquent été impossible de les étudier suffisamment pour que je puisse en discuter convenablement le mérite.

Pendant le cours de l'exposition, j'ai entendu M. Vérité, faire remarquer à M. J. Wagner que l'échappement à *repos fixes*, décrit à la page 255, était l'application d'un principe dû à *Cumming*.

J'ai été curieux de vérifier cette assertion, en recourant aux *Elements of Clock*, publiés par cet horloger anglais en 1766, et j'y ai trouvé effectivement, non seulement l'application du principe des *repos fixes*, comme l'énonçait M. Vérité, mais encore, ce que M. Vérité n'ajoutait pas, celle du principe d'un poids moteur directement appliqué à l'impulsion du pendule. Cette trouvaille m'a paru assez piquante pour m'engager a la communiquer à vos lecteurs, en même temps qu'elle leur fera connaitre une disposition assez ingénieuse pour mériter de ne pas rester dans l'oubli où elle est tombée.

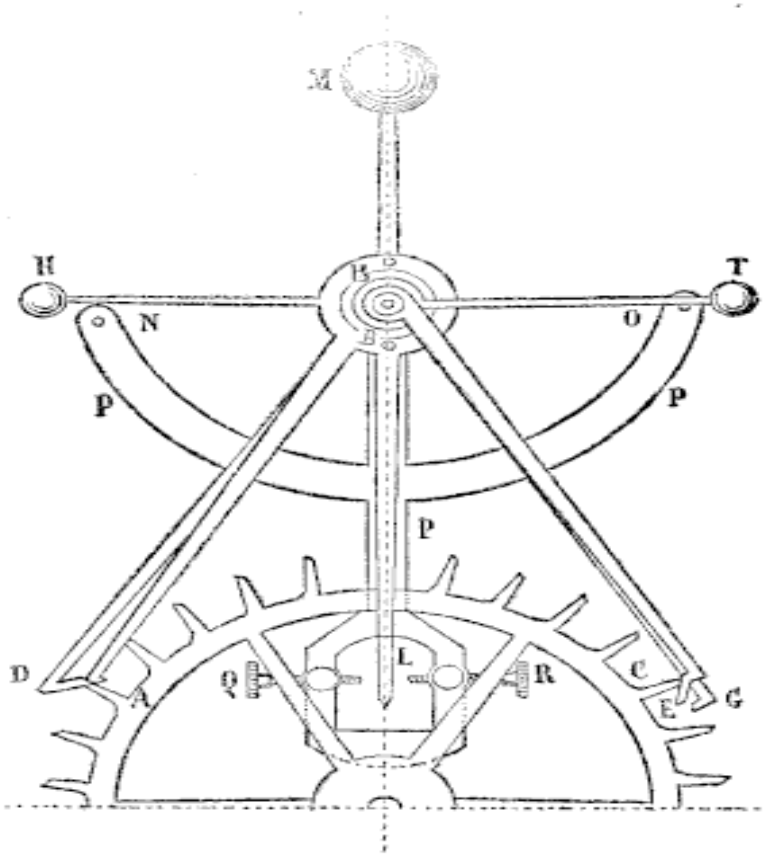
Nous avons vu plus haut que les expériences de M. Brocot paraissent avoir démontré d'une manière complète les avantages de l'échappement à *recul* sur l'échappement à *repos*. Les expériences de Cumming l'avaient conduit à une conclusion tout opposée; et l'échappement que je vais décrire avait été construit spécialement pour cette démonstration. Mais on remarquera que, obligé de comparer l'action de plusieurs mécanismes séparés, des causes d'erreur spéciales à chacun de ces mécanismes pouvaient fausser les expériences de Cumming, tandis que M. Brocot, n'ayant aucune pièce à changer pour mettre son échappement à recul ou à repos,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

évitait, par l'emploi d'un seul mécanisme, les causes d'erreur inévitables dans l'emploi de plusieurs.

Quoi qu'il en soit, voici la description de l'échappement de Cumming représenté dans la figure 20.

Fig. 20.



AC est une roue d'échappement construite dans les conditions usuelles.

D et E sont des plans inclinés disposés comme les becs d'impulsion dans les échappements ordinaires. Ils sont adaptés à l'extrémité inférieure de deux branches qui se réunissent sur un même axe auquel sont également adaptées deux petites branches horizontales, terminées chacune par une boule ou poids, H et T.

F et G sont des plans de repos, appelés *détentes* par Cumming, placés également à l'extrémité inférieure de deux branches qui se réunissent sur un cylindre BB, enveloppant l'axe précédent, et auquel est attachée la branche verticale L, faisant fonctions de fourchette.

L'axe et le cylindre sont concentriques, et peuvent se mouvoir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'un dans l'autre, et indépendamment l'un de l'autre. Des encoches sont pratiquées dans le cylindre pour le passage des branches des becs E et D, ainsi que celui des branches qui portent les poids H et T.

M est un poids qui équilibre exactement celui des détentes et de la fourchette, de manière que leur ensemble conserve, de lui-même, toutes les positions qu'on peut lui donner.

N et O sont des goupilles fixées aux extrémités d'un croissant, faisant corps avec le pendule P, et sur lesquelles les poids H et T viennent se poser alternativement pour donner l'impulsion au pendule.

Enfin Q et R sont deux vis qui font aussi corps avec le pendule, et qui, agissant alternativement contre la fourchette L, déterminent le dégagement des détentes F et G, lorsque le pendule arrive au terme de chaque oscillation (1).

Voici, d'après le texte même de Cumming, comment fonctionne cet échappement :

Supposons le pendule en repos, les becs, détentes, fourchette et goupilles N O, dans les positions représentées par la figure.

Si on fait mouvoir le pendule vers la détente F, la goupille N s'élèvera vers la branche qui porte le poids H. La vis R doit être ajustée de manière à faire dégager la détente F, et à permettre à la roue de marcher, aussitôt que la goupille N *sent* le poids H. Alors le bec D sera dégagé de la dent A, le poids H pourra descendre, et presser sur la goupille N pour donner l'impulsion au pendule.

Mais le pendule n'a pas plus tôt marché vers F, que la goupille O s'est trouvée soulagée par la pression du poids T ; car le bec E, appuyé contre la dent C, a empêché toute descente ultérieure du poids T. Par conséquent, l'action du bec E contre la roue diminue la pression de celle-ci contre la détente F, de manière à permettre à cette détente de se dégager avec plus de facilité. Ce dégagement étant opéré, la roue marche, et, par son action sur le bec E, relève le poids T, jusqu'à ce que la détente G arrête son mouvement.

Lorsque la dent C s'appuie contre la détente G, le poids T reste en repos jusqu'à ce que le pendule arrive au terme de son oscillation vers G. Alors la goupille O *sent* le poids T, la vis Q dégage la dé-

(1) Le lecteur est prié de suppléer encore ici aux omissions du graveur, qui a supprimé la lettre F du plan de repos voisin du plan incliné D, et attaché le bras du poids H au cylindre extérieur BB, au lieu de l'attacher comme celui du poids T à l'axe intérieur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tente G, permet au poids T de descendre, et de presser sur la goupille O pour donner une nouvelle impulsion au pendule.

Les oscillations du pendule sont donc constamment entretenues par la descente alternative des poids H et T; et, *puisque ces poids sont dans un repos absolu quand ils commencent leur descente*, il s'ensuit que la vitesse de leur ascension ou la force qui l'a produite, *ne peut, en aucune manière, influencer les effets de leur descente.* Par conséquent, quelque grandes que soient les irrégularités d'action dans *le grand ressort, dans les roues, les pignons, etc.*, résultant de l'influence du chaud et du froid, des huiles, du frottement, etc., s'il reste une force suffisante pour élever ces poids, *la force motrice* (maintaining power) *du pendule sera aussi invariable que l'action de la pesanteur*; et, par ce moyen, tous les effets résultant d'une imperfection dans le mouvement, de quelque nature qu'elle soit, seront totalement évités.

J'ai évité, ajoute Cumming, d'en dire trop pour défendre *une cause dont la candeur ne peut être mise en question.* Je méprise les attaques du préjugé, lorsqu'il est en mon pouvoir de donner la preuve expérimentale de mes assertions. Mais celui qui produira un échappement d'une construction plus parfaite a complétement le droit de trouver le mien défectueux, et je ne serai pas le dernier à congratuler publiquement celui qui montrera à la fois le *mal* et le *remède* dans une partie quelconque de cette théorie.

On voit que Cumming croyait avoir réellement atteint les conditions absolues d'un échappement parfait. J'ai trop souvent insisté sur ces conditions, pour que vos lecteurs n'aient pas déjà remarqué que, s'il est vrai que la force impulsive reste rigoureusement constante, il est également vrai aussi que le dégagement du rouage, produit par l'action du pendule, présente, à cette action, des résistances variables, résultant des pressions variables de la roue d'échappement sur ses détentes, et que le mouvement du pendule doit s'en trouver modifié, ainsi que je l'ai plusieurs fois démontré pour des cas analogues.

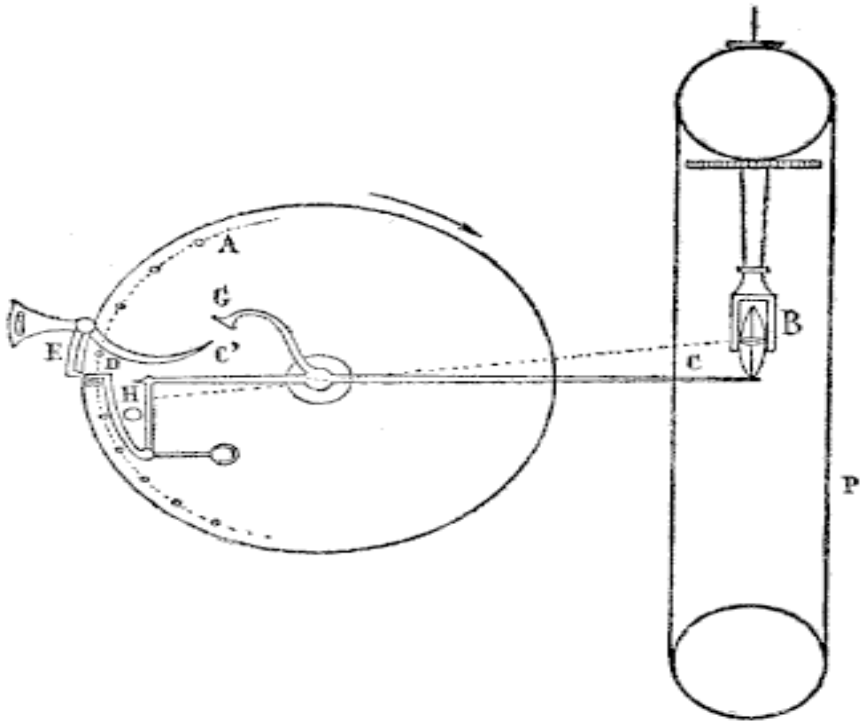
Une pièce à laquelle Cumming avait appliqué une partie des conditions ci-dessus décrites, a été exécutée en 1763 pour le roi d'Angleterre; elle enregistrait les variations barométriques, de manière à faire connaitre pour toute une année les variations survenues pour un jour quelconque de cette année à un centième de pouce près, en même temps qu'elle indiquait l'heure précise de ces variations. Il est à regretter qu'il n'ait pas laissé, à ma connaissance du moins, de renseignements détaillés sur le mécanisme qui donnait ces résultats.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Brosse (1) de Bordeaux exposait aussi un échappement libre et à force constante dont les dispositions mécaniques ont une originalité tout-à-fait nouvelle, et sont, pour ainsi dire, en dehors de celles auxquelles l'horlogerie a ordinairement recours.

La fig. 21 représente ces dispositions.

Fig. 21.



Le pendule est suspendu au-dessus du rouage, et sa lentille P est formée d'un anneau métallique représenté en section verticale; au centre de cet anneau est un galet B très mobile sur son axe.

Autour de l'axe même de la roue d'échappement A, se meut un levier CC′ dont le long bras C arrive jusqu'au galet B, qui, en passant, l'atteint légèrement, de manière à l'abaisser d'une petite quantité. Son petit bras C′ se retourne d'équerre vers le bas. A son extrémité inférieure s'articule, sur un axe très mobile, une espèce de crochet D relevé verticalement, et qui repose successivement sur chacune des chevilles de la roue A. Un petit contre-poids horizontal tend constamment à renverser ce crochet en arrière, mouvement qui ne peut avoir lieu dans les conditions représentées par la figure, parce que la cheville retient le crochet.

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin, une espèce de loquet E, qui a son centre de mouvement sur la platine, tend constamment, en vertu d'un petit contre-poids, à se placer sur la courbe parcourue par les chevilles pour les arrêter successivement au passage.

Voici comment fonctionne cet échappement.

Lorsque toutes les pièces sont dans les positions relatives représentées par la figure, si l'on donne, à la main, une impulsion au pendule, le galet B, rencontrant le bras du levier C, l'abaissera, en faisant remonter le bras C′ d'une quantité suffisante pour dégager le crochet D de la cheville qui le retenait. Le contre-poids de ce crochet le renversera en arrière ; et, comme le système adapté au petit bras C′ le rend plus lourd que le grand bras C, le petit bras C′ s'abaissera et relèvera le grand bras C dont le mouvement d'ascension donnera l'impulsion au pendule en restant en contact avec le galet B, jusqu'au moment où il aura dépassé le diamètre horizontal de ce galet.

Mais, pendant le mouvement de descente du petit bras, le crochet D a rencontré un petit galet H dont l'axe est fixé sur la platine, et qui, maîtrisant l'action du contre-poids, a forcé le crochet à se porter au-dessus de la cheville immédiatement inférieure à celle qu'il vient de quitter, et à venir se reposer sur cette cheville.

D'un autre côté, au moment où, dans son mouvement d'ascension, le bras C aura dépassé le diamètre horizontal du galet B, c'est-à-dire, quand il ne sera plus en contact avec lui et que le pendule parcourra son arc supplémentaire, une pièce G, faisant corps avec le levier CC′, se trouvera au contact de la queue du loquet E, et tout le système adapté au petit bras C′ continuant à descendre, la pression de la pièce G, sur la queue du loquet E, fera reculer celui-ci de dessus la cheville qu'il retenait. Cette cheville dégagée, la roue A se mettra en mouvement, en remontant, avec elle, le crochet D arrêté sur l'une de ses chevilles, et, avec lui, le petit bras C′ dont ce mouvement d'élévation abaissera le grand bras C.

Mais le petit bras C′ ne peut pas se relever sans que la pièce G cesse d'être en contact avec la queue du loquet E, que son contre-poids ramène au-dessus de la cheville qui remonte le crochet D, et qui arrête le rouage lorsque cette cheville vient en contact avec lui.

Le retour du pendule, ramenant le galet B sur le grand bras C, reproduit les mêmes effets, avec cette seule différence que l'action de ce bras sur le galet B se produit alternativement des deux côtés de ce galet.

Si l'on s'est bien rendu compte des effets que je viens de décrire,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on verra que l'échappement de M. Brosse remplit les conditions absolues d'un échappement à *force* théoriquement *constante*.

En effet, bien que le pendule soit chargé d'opérer le dégagement du crochet D, ce dégagement ne lui présente qu'une résistance constamment uniforme; car le rouage est arrêté par le loquet E, et le soulèvement du crochet D est la seule opération du pendule qui n'a affaire qu'au poids de ce crochet et du levier CC′, tant pour ce dégagement que pour l'impulsion qu'il en reçoit.

Nous avons vu, plus haut, que le dégagement du loquet F ne s'opère, sous l'influence de ce même poids, que lorsque le grand bras C a dépassé le diamètre horizontal du galet B, et n'est plus en contact avec ce galet. Or, c'est ce dernier dégagement seul qui peut présenter des résistances variables, puisque le loquet E est seul chargé d'arrêter le rouage; il en résultera donc que, quelles que soient ces résistances, il suffira qu'elles puissent être vaincues par le poids du petit bras C′ et de ses appendices, pour que le mécanisme continue ses fonctions, et que le pendule n'ait jamais à subir les influences des variations, soit de la force motrice, soit de sa transmission par les rouages.

J'ai entendu faire quelques critiques de l'échappement de M. Brosse. Elles portaient notamment sur les efforts latéraux éprouvés par l'axe du levier CC′ commun à la roue d'échappement pendant l'action du levier CC′ à droite et à gauche du galet B, efforts qui, suivant ces critiques, auraient pour résultat d'altérer les fonctions de cet échappement plus promptement que dans les cas ordinaires.

J'avoue franchement mon incompétence absolue sur ce point, et je laisse à M. Brosse la tâche de réfuter cette critique ou la résignation de l'accepter.

La pièce d'horlogerie à laquelle appartient cet échappement renferme d'autres dispositions très remarquables, mais sur lesquelles, ainsi que sur d'autres produits également très ingénieux du même exposant, je n'ai eu que des indications purement orales. Je ne puis assez compter sur la fidélité de mes souvenirs, pour entreprendre d'en donner une idée suffisamment précise à vos lecteurs, le croquis de son échappement étant le seul document que m'ait laissé M. Brosse.

L'importance qui paraissait s'attacher à juste titre dans le monde chronométrique, aux échappements à force rigoureusement constante, ne tarda pas à faire sortir des rangs un athlète éprouvé par plus d'une victoire. M. Paul Garnier, dont, à deux reprises, j'ai déjà signalé à vos lecteurs l'incontestable habileté, vint réclamer pour

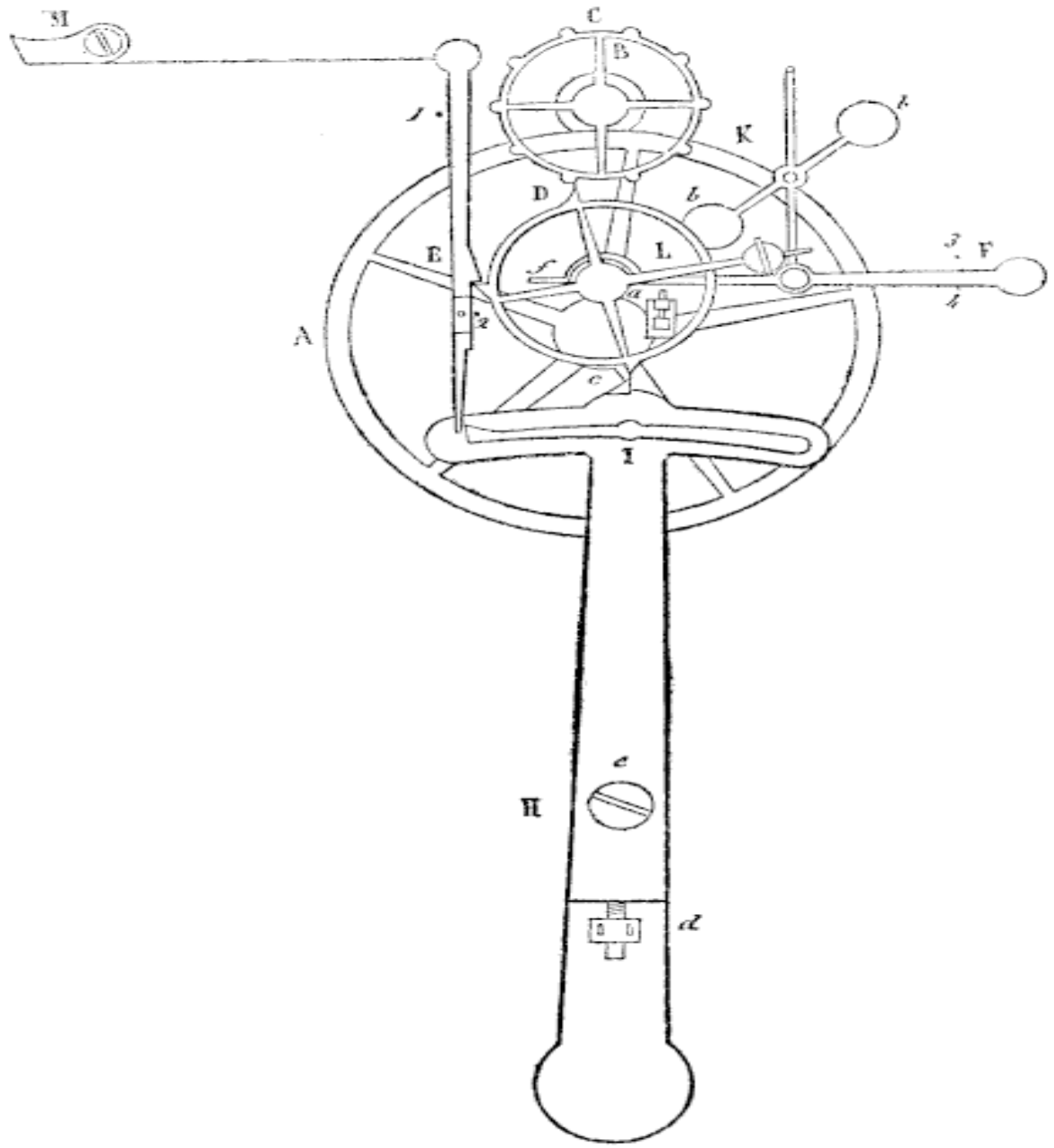
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

son compte une priorité qui remonte à dix-huit années sur ses concurrents actuels.

En effet, en 1826, M. Garnier avait exécuté l'échappement que je vais décrire, et qui figurait à l'exposition de 1827.

Il est représenté par la figure 22.

Fig. 22.



A est une roue fixée sur la tige de l'aiguille des secondes, et qui fait sa révolution en une minute.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

B est un pignon ajusté sur l'axe de la roue C; il engrène avec la roue A, et fait six tours pour un de celle-ci.

La roue C, qui marche avec la même vitesse, porte dix chevilles perpendiculaires à son plan, et qui, toutes les secondes, sont chargées de remonter le poids moteur du pendule.

D est une roue que M. Garnier appelle *cercle d'impulsion;* vers l'extrémité supérieure de son diamètre vertical, est une dent D sur laquelle agissent les chevilles de la roue C, qui forme le levier chargé de remettre le poids en prise.

A l'extrémité inférieure de ce même diamètre, est une autre dent qui sert à donner l'impulsion au pendule.

A angle droit de ces deux dents, et appartenant à la même roue, ou cercle d'impulsion, est un bras L portant une boule de métal dont le poids et la position sur le bras L déterminent la force appliquée aux impulsions du pendule.

Au-dessous de ce bras L est logée, dans une pièce fixée sur la platine, une vis A dont la hauteur règle la descente du petit poids, et détermine par conséquent la course que doivent faire les dents du cercle d'impulsion.

E est un levier que M. Garnier désigne sous le nom de valet, et qui porte, vers la moitié de sa longueur, un talon qui arrête le mouvement du cercle d'impulsion au moyen d'une troisième dent placée sur la circonférence de ce cercle. L'extrémité du valet coïncide avec le bout d'une bascule I, portée par le grand levier H, qui est une prolongation du pendule au-dessus de son centre de mouvement. Lorsque ce levier se meut de gauche à droite, cette bascule I, qui est terminée par un plan incliné, s'abaisse et reste sans action sur le valet. Mais, quand ce mouvement s'opère de droite à gauche, elle repousse le valet et dégage, par là, la dent de la roue d'impulsion que ce valet retenait, ce qui permet le mouvement de cette roue sous l'influence du poids de la boule fixée sur le bras L, et, par conséquent, produit l'impulsion du pendule par la rencontre de la dent inférieure du cercle d'impulsion et de la dent d'acier *c*, placée à l'extrémité du levier H.

M est un ressort très flexible qui ramène le valet à sa place après qu'il a fonctionné.

K est un pignon de six ailes qui engrène avec la roue A. Sur le même axe sont placés deux grandes ailes d'égale longueur et diamétralement opposées. Ces ailes viennent buter alternativement sur une goupille fixée près du centre de mouvement du levier F qui se prolonge jusqu'en *f*, où il rencontre une goupille fixée sur une des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

barrettes du cercle d'impulsion opposée à celle qui porte le levier L. Le graveur a omis cette cheville dans la figure.

Lorsque le cercle d'impulsion est en mouvement, cette cheville rencontre le bras *f*, le soulève et dégage la grande aile de l'axe K qui reposait sur la goupille fixée dans le levier F*f*. La roue A, n'étant plus retenue par cet arrêt, se met en mouvement, et, avec elle, le pignon B et la roue C, dont une cheville, rencontrant la dent supérieure du cercle d'impulsion, fait tourner ce cercle en sens contraire et remonte le levier L avec son poids. Le levier F*f* reprend alors sa place, et le mouvement du rouage se trouve suspendu quand l'autre aile de l'axe K vient buter contre la goupille du levier F*f*.

bb sont deux masses équilibrées sur l'axe du pignon K. Elles servent à régler la vitesse du rouage et à empêcher le petit tremblement qui se produirait chaque fois qu'une des grandes ailes vient buter contre la goupille du levier F*f*.

Le levier H est de deux pièces ajustées l'une sur l'autre, et rendues solidaires par la pression de la vis *e*. Une vis de rappel *d* permet de régler de la quantité convenable le croisement de la dent d'acier *c* et de la dent inférieure du cercle d'impulsion.

Enfin 1, 2, 3, 4 sont des goupilles fixées dans la platine pour limiter la marche du valet E et du levier d'arrêt F*f*.

Cet échappement est représenté tout prêt à fonctionner. Le pendule revient sur lui-même et ramène avec lui le grand levier. La bascule I, portée par celui-ci, va écarter le valet qui arrête le cercle d'impulsion. Celui-ci se mettra en mouvement sous l'action du poids porté par le levier L, sa dent inférieure rencontrera la dent *c* du grand levier H, et lui donnera l'impulsion. Cette impulsion donnée, le cercle continuera sa marche jusqu'à ce que la goupille placée sur sa barrette rencontre le bras *f* qu'elle soulèvera, ce qui dégagera la grande aile du pignon K, arrêtée par la goupille placée près du centre de mouvement du levier F *f*, et permettra au rouage de se mettre en mouvement, et d'amener une cheville de la roue C contre la dent D qu'elle entraînera en lui faisant remonter le levier L et son poids, jusqu'à ce que le valet E soit en prise avec la dent horizontale du cercle d'impulsion qui se trouve ainsi retenu. En même temps l'aile de l'axe K, opposée à celle qui agissait précédemment, viendra buter à son tour contre la goupille du levier F*f*, et arrêtera de nouveau le rouage.

Pendant ce temps, le pendule aura achevé son oscillation, il reviendra sur lui-même, et le bout de sa bascule I, cédant un peu en passant sous l'extrémité inférieure du valet, se trouvera remise en prise par le poids de son autre bras.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces dispositions, comme on le voit, ne permettent au rouage de marcher qu'à chaque deuxième oscillation du pendule, dont la longueur correspond à une demi-seconde. Il en résulte que la pièce marque cependant des secondes entières, puisque l'une des deux oscillations ne fait pas marcher l'aiguille.

On voit encore, d'après cette description, que l'échappement de M. Garnier remplit complétement la condition de soustraire le pendule aux variations de la force motrice.

En effet, le dégagement que le pendule opère entre le talon du valet E et la dent horizontale du cercle d'impulsion ne peut offrir qu'une résistance constante, puisque le rouage reste arrêté jusqu'au moment où, après avoir donné l'impulsion, le cercle D, continuant son mouvement, dégage le rouage en soulevant le bras *f* du levier F*f*. Or, lorsque cet effet se produit, le pendule a marché assez loin pour que sa dent *c* ne soit plus en contact avec celle du cercle d'impulsion, et son mouvement ne peut en être modifié en aucune manière, non plus que par l'action du rouage qui remonte le petit poids moteur avant que le pendule soit revenu au contact du valet E.

M. Garnier a donc une incontestable antériorité de dix-huit ans sur ses concurrents. Mais voyons s'il n'est pas primé lui-même par des droits qui remonteraient plus loin que les siens?

Pour m'en assurer, je ne puis mieux faire que de recourir encore une fois à cette mine si prodigieuse et si variée qui m'a déjà fourni tant de matériaux, à Abraham Bréguet, enfin, qui a dû, en effet, son plus beau titre de gloire à la première solution de cet important problème.

La figure 23 représente le dispositif général de l'une des formes sous lesquelles il a matérialisé son idée fondamentale.

Dans cette figure, le pendule P est suspendu au-dessus du rouage et porte, à son extrémité inférieure, une pièce L en rubis qui reçoit l'impulsion (1)

A A est la roue d'échappement, fixée sur la roue de secondes GG.

V est un pignon engrenant avec la roue GG, et sur l'axe duquel est monté un volant.

H ressort portant un repos R′ contre lequel le volant vient s'arrêter.

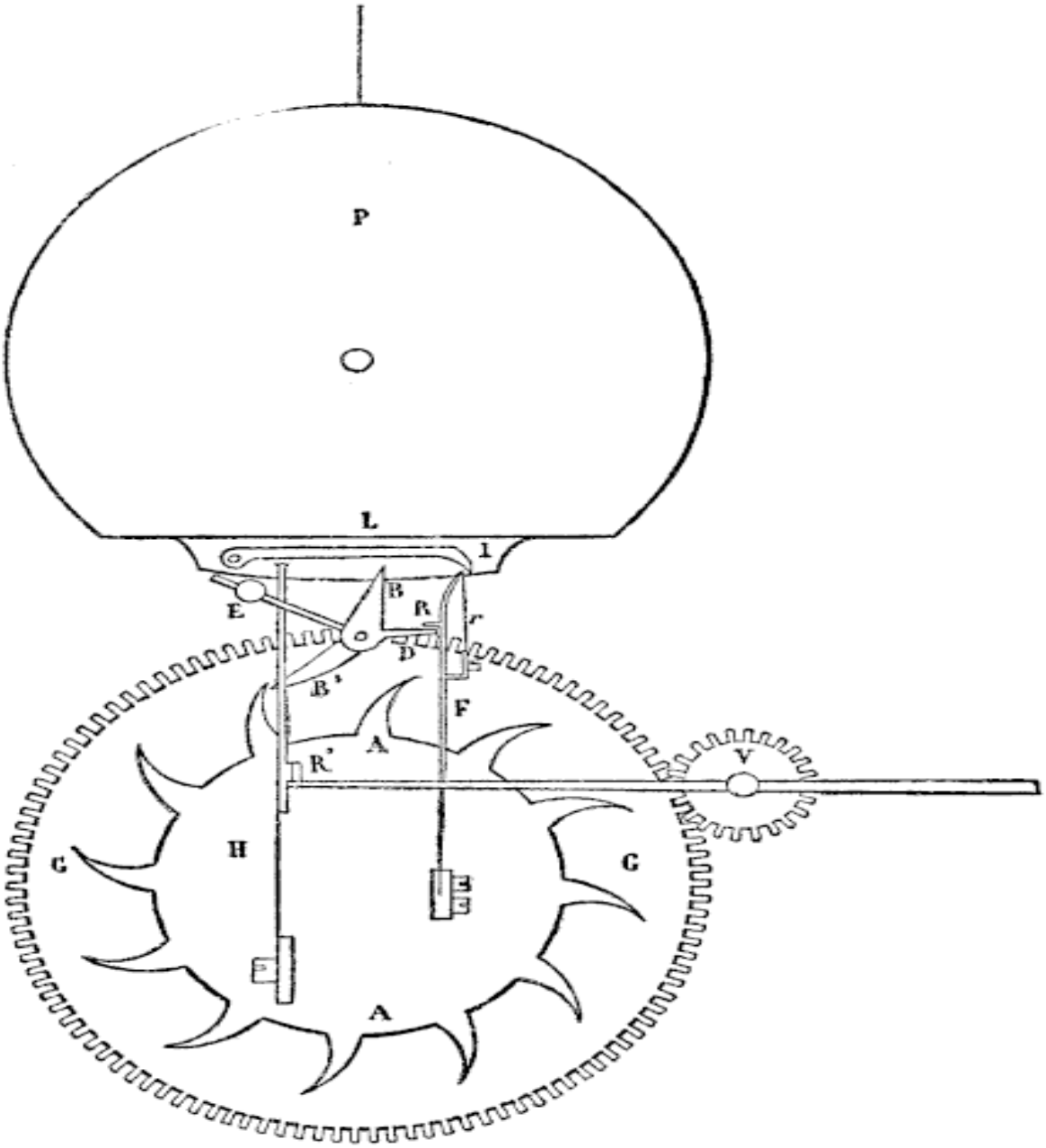
Ce repos, ainsi que l'extrémité du volant, forment une espèce de crochet horizontal laissant un vide en arrière. Ces vides, que la

(1) Cette pièce L, que le lecteur est prié de suppléer, est encore une omission du graveur, qui a négligé, avant son travail définitif, de me faire collationner plusieurs figures. On s'en rendra compte en recourant à la figure 22, de l'échappement de M. Garnier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

figure ne pouvait pas représenter, donnent passage au volant au moment du dégagement.

Fig. 23.



F, détente portant un repos R contre lequel vient s'arrêter le bras D de l'*impulteur* B. Ce nom a été donné à cette pièce parce qu'elle est chargée de donner l'impulsion au pendule. Elle a quatre bras : B, B′ E et D.

Le ressort H et la détente F sont fixés sur une platine qu'on n'a pas pu représenter dans la figure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

I, cliquet porté par la lentille du pendule.

Voici comment fonctionne cet échappement.

Quand le pendule oscille de gauche à droite, le cliquet I rencontre le petit ressort *r* de la détente F, et aucun effet n'est produit, parce que ce ressort cède et que rien ne rencontre la pièce en rubis L.

Mais quand le pendule oscille de droite à gauche, le cliquet I fait reculer la détente F, en appuyant contre elle le petit ressort *r*, ce qui permet au bras D de l'impulteur de passer derrière l'arrêt R disposé comme je l'ai indiqué plus haut. Le poids E de l'impulteur lui fait faire la bascule, son bras B atteint la pièce en rubis L, et donne l'impulsion au pendule. Mais, continuant sa marche après l'impulsion donnée, ce même bras B atteint le ressort H et le repousse, ce qui dégage le volant retenu par le repos R', et rend la liberté au rouage. La roue GG se met en mouvement avec la roue AA dont une dent, rencontrant le bras B' de l'impulteur, ramène celui-ci à son point de départ et remet le bras D sur le repos R. Dans ce moment, le volant a fait un tour et vient se placer sur le repos R'.

J'ai trop souvent décrit des effets de ce genre, pour qu'il soit nécessaire d'insister sur les conditions que remplit ce mécanisme d'une si remarquable simplicité. Il doit être maintenant évident, pour vos lecteurs, que les variations de la force motrice sont sans influence sur le pendule dont les seules fonctions sont de dégager le repos R pour laisser à l'impulteur toute son action ; et que, lorsque ce dernier dégage le rouage, le pendule est assez éloigné pour que les effets qui en résultent soient sans influence sur son mouvement.

Une longue expérience a prouvé l'efficacité de ces dispositions appliquées aux pièces fixes, dans lesquelles un pendule est le régulateur. Le résultat n'a pas été aussi avantageux dans leur application aux montres marines. Et depuis longtemps la maison Bréguet y a renoncé, en se bornant, pour ces dernières pièces, aux échappements dits *libres*.

On a dû remarquer, d'un autre côté, qu'à la différence des formes près, l'échappement de M. Garnier est identique avec celui de Bréguet; mais je connais trop bien la probité de M. Garnier pour ne pas accepter comme parfaitement vraie son assertion formelle qu'au moment où il a exécuté cet échappement, il ignorait entièrement les conditions employées par l'illustre artiste.

J'ajouterai que ce même échappement appliqué à un chronomètre a donné à M. Garnier des résultats beaucoup plus satisfaisants que ceux obtenus par la maison Bréguet. Ces résultats peuvent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

être dus à une circonstance qui semblerait indifférente, mais qui, en réalité, ne manque pas d'importance.

Si on recourt aux deux dernières figures, qui, toutes deux, représentent des dispositions appliquées à des pièces fixes, on remarquera que, dans toutes deux, la dent de l'impulteur décrit un arc de cercle qui coupe l'arc décrit par la dent du pendule, et se croise avec elle d'une certaine quantité, quand toutes deux arrivent à la ligne des centres. Cette même condition a été employée par Bréguet dans l'application de son principe au balancier des chronomètres.

Dans la même application, M. Garnier a disposé les choses de manière que les arcs en question, au lieu d'avoir en regard leur côté convexe, se regardent par deux côtés différents, c'est-à-dire que le côté convexe de l'un est en regard du côté concave de l'autre, à la condition bien entendu de n'être pas concentriques. Il en résulte que, pour une même longueur de levée, la pénétration est beaucoup moindre quand les deux dents arrivent ensemble à la ligne des centres, et que le frottement se trouve ainsi notablement réduit.

J'ai dit plus haut, en parlant de cette condition, que depuis cinq ans que cet échappement fonctionne sans huile dans un chronomètre, la levée n'a subi aucune altération.

Il serait toutefois nécessaire, avant d'admettre que ces conditions sont absolues, que l'expérience eût prononcé sur un plus grand nombre de pièces.

Cette discussion sur les échappements à force constante pourrait faire penser, à ceux de vos lecteurs qui ne sont pas familiarisés avec les questions de chronométrie, qu'à l'aide des conditions si laborieusement étudiées et accomplies par des artistes éminents, une pièce d'horlogerie marchera désormais avec une précision mathématique, et qu'une fois réglée, rien ne pourra en faire varier la marche ; puisqu'au moyen d'une compensation bien établie, le pendule aura une longueur rigoureusement invariable, que la force qui le mettra en mouvement aura constamment la même intensité, et qu'enfin les résistances mécaniques qu'il aura à surmonter ne subiront aucune altération.

Il est malheureusement d'autres causes de variations que je n'ai pas encore signalées, et dont les plus importantes sont dans les altérations que subit l'huile employée à lubrifier les axes des pivots et autres pièces frottantes, ainsi que dans l'usure de ces mêmes parties, qui amène principalement l'agrandissement des trous des pivots, et par conséquent une altération des positions relatives des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

différentes pièces dont les effets les unes sur les autres se trouvent ainsi modifiés.

L'emploi des trous en pierres dures a pour but de combattre cet agrandissement des trous ; mais l'altération de l'huile s'y produit d'une autre manière que dans des trous en métal. Elle y devient fréquemment tellement poisseuse, que j'ai vu plusieurs fois le balancier d'une pièce marine rester, malgré son poids notable, suspendu au coq par la seule force agglutinative de l'huile qui ressemblait à du caoutchouc. On comprend quelle variation la marche d'une pièce doit éprouver avant que l'huile acquière cette consistance.

Une autre cause d'irrégularité à laquelle il est absolument impossible de remédier, est la variation fréquente de la pression atmosphérique, qui, faisant varier le nombre des molécules d'air que le pendule ou le balancier déplace à chaque oscillation, lui oppose par conséquent des résistances variables qui altèrent l'uniformité de son mouvement.

Ces causes d'erreur auxquelles il a, jusqu'à présent, été impossible de remédier, diminuent notablement l'importance des questions que je viens de traiter ; car les conditions si intelligemment appliquées par les artistes dont j'ai décrit les ingénieux mécanismes ne remédient qu'à des irrégularités souvent beaucoup moins grandes que celles que j'ai signalées en dernier lieu, et avec lesquelles s'établissent de fréquentes compensations.

Quoi qu'il en soit, à défaut de perfection absolue, on peut se contenter de la perfection relative, et c'est avec un juste sentiment d'orgueil que la France peut réclamer pour ses enfants l'honneur de la solution d'un beau et difficile problème, si longtemps et toujours si inutilement tenté par les artistes étrangers.

Je ne quitterai pas les questions d'horlogerie, sans faire renouveler connaissance à ceux de vos lecteurs qui ont fréquenté l'exposition, avec un artiste tout-à-fait à part, M. Robert-Houdin (1), dont les pendules mystérieuses, et surtout les jolis automates, attiraient une foule constamment empressée.

L'une des pendules de M. Robert-Houdin se compose d'un socle en bronze renfermant un rouage d'horlogerie. Sur ce socle s'élèvent deux colonnes en cristal sur lesquelles repose une plaque de bronze, qui est surmontée d'un cadran en verre, portant deux aiguilles indiquant l'heure et les minutes. A la plaque de bronze est suspendu un pendule également de verre, mû par une fourchette fixée sur

(1) **Médaille d'argent.**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'axe d'une roue d'échappement dont les pivots tournent dans deux grosses pierres très transparentes, placées elles-mêmes au sommet de deux tréteaux fixés sur le socle, d'où sortent les deux branches d'une ancre renversée, sur lesquelles agit la roue d'échappement.

On voit que les deux colonnes de verre isolent complétement le cadran du rouage, car leur transparence permettrait d'apercevoir les organes de la transmission du mouvement. La transparence du cadran lui-même ne laisse apercevoir aucune pièce qui puisse déterminer le mouvement des aiguilles; celle des pierres traversée par les pivots de la roue d'échappement détruit toute apparence des moyens employés pour la faire tourner. Ajoutons que le support du cadran, sur la plaque de bronze, est découpé à jour, de manière à briser toute ligne droite allant de cette plaque au cadran, qu'une forte échancrure, entre le sommet des tréteaux et les pierres qui les terminent, exclut encore toute idée d'une communication mécanique par les jambes de ces tréteaux; et vos lecteurs ne s'étonneront plus de l'intérêt de curiosité que produisait, chez les horlogers, comme chez le vulgaire, ce véritable logogriphe mécanique, que tous étaient appelés à deviner.

Je ne vous dirai pas les mille et une solutions présentées pour rendre compte de chacun des effets sans cause apparente qu'offrait la pendule mystérieuse de M. Robert-Houdin. Très peu approchaient de la vérité, car la plupart supposaient des conditions mécaniques inadmissibles en bonne horlogerie, et je dois ajouter que M. Robert-Houdin n'a employé, dans cette pièce, que des dispositions parfaitement conformes aux véritables principes. C'est malheureusement tout ce qu'il m'est permis de révéler sur une pièce qui perdrait, par mon indiscrétion, son principal attrait, celui du mystère.

En me confiant son secret, M. Robert-Houdin m'a imposé virtuellement le silence, et m'a mis dans l'obligation d'agir envers vos lecteurs comme le père Sournois envers ses filles : *Je n'ai qu'un mot à vous dire..... et je ne vous le dirai pas.*

Les automates de M. Robert-Houdin, petits chefs-d'œuvre de grâce et d'élégance, ont été les produits les plus courus de l'exposition. Les plus curieux n'étaient pas les enfants; et Dieu sait quelles explications ceux-ci recevaient de leurs grands-parents sur les tours de gibecière du *joueur de gobelets*, sur les tours de force du *danseur de corde*, et sur le plus ou moins de docilité de l'*oiseau* à répéter l'air que sa maîtresse lui joue sur la serinette. Mais quelle n'était pas la stupéfaction des uns et des autres, quand l'*écrivain* transcrivait réellement sur un carré de papier une réponse spirituelle à l'une des six questions qu'on pouvait indifféremment lui adresser,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réponse écrite en anglaise ou en ronde, ou bien formulée par un joli dessin!

On pourrait bien croire, au premier aperçu, que les produits exposés par M. Robert-Houdin, ne sont au fond que quelques uns de ces tours de force qui ruinent fréquemment leur auteur, et qui n'auraient pas dû figurer dans une exposition purement industrielle. Heureusement il n'en est pas ainsi; M. Robert-Houdin pouvait se présenter à l'exposition à plus juste titre que beaucoup d'autres. Les pièces qui y figuraient, et qui lui avaient été commandées par la maison Giroux, sont les sœurs cadettes d'un grand nombre de petits chefs-d'œuvre du même genre que fabrique depuis longtemps M. Robert-Houdin, et qui occupent, dans ses ateliers, un assez grand nombre d'ouvriers. La plupart des produits de cet habile artiste passent à l'étranger.

On doit à M. Robert-Houdin une disposition aussi simple qu'ingénieuse, au moyen de laquelle les sonneries à chaperon ne peuvent décompter plus de douze heures. La sonnerie et les aiguilles se trouvent remises d'accord à midi ou à minuit, quels que soient les changements survenus dans cet intervalle. Cette disposition peut s'appliquer presque sans frais à toutes les pendules à chaperon. Enfin j'appellerai l'attention sur les jolis réveille-matin qu'il fabrique en quantités considérables, et dont quelques uns, après vous avoir averti quelque temps, allument une bougie qui achève de vous réveiller.

Instruments de précision.

La fabrication de ces instruments, qu'on désigne vulgairement sous le nom d'*instruments de mathématiques*, et qu'on suppose l'œuvre d'une seule classe d'industriels, les *opticiens*, occupe à Paris un assez grand nombre d'ouvriers en chambre dont les noms ne figuraient pas au livret, et dont les produits paraient la montre d'une grande partie des exposants de cette catégorie. Laissons dans l'oubli les noms des uns et des autres, et ne nous occupons que des produits dont la paternité n'est pas contestable.

La première travée, à gauche, en entrant par la porte Royale, était occupée par trois opticiens. La place du milieu était littéralement encombrée d'instruments de toutes dimensions dont aucun ne se répétait; indice assez plausible d'une grande fabrication; et je me hâte d'ajouter qu'ici l'enseigne n'était pas menteuse.

Ces produits, auxquels il était presque impossible de toucher sans

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

risquer de faire crouler tout l'échafaudage qu'ils formaient, étaient ceux de M. Buron (1) dont, par les motifs que je viens d'indiquer, il m'eût été impossible d'entretenir vos lecteurs, si je n'avais pris le parti d'aller les étudier dans ses ateliers mêmes.

M. Buron possède la plus grande fabrique d'instruments d'optique qui existe dans le monde entier. Ses relations commerciales embrassent l'Europe et l'Amérique ; et, depuis longtemps, il fait à l'Angleterre, jusque dans ses propres colonies, une guerre industrielle où la victoire est toujours de son côté.

Malheureusement, le préjugé qui veut que les Anglais fassent mieux que nous tout ce qui a rapport à la marine persiste encore ; et, on voit souvent dans nos ports, vendre à haut prix, comme lunettes anglaises, les excellents produits fabriqués à très bon marché, rue des Trois-Pavillons.

M. Buron ne se borne pas à être un habile manufacturier : aucun de ses produits n'est, comme dans beaucoup d'ateliers, le résultat d'une routine aveugle ; ils doivent leur bonté et leur excellente exécution à une longue et laborieuse expérience, éclairée par une théorie approfondie des lois de l'optique ; à des moyens mécaniques particuliers qui, en régularisant le travail, permettent, à bas prix, l'exécution de produits plus nombreux et plus parfaits.

L'établissement de M. Buron, fondé par son père, remonte à 1788. Son début fut l'acquisition, à l'Anglais Bond, qui l'avait importé en France, de son outillage pour l'étirage à la filière des tubes métalliques, et son application de cet outillage à la fabrication des premières lunettes à plusieurs tirages. Avant lui, la lorgnette de spectacle et la longue-vue, destinées aux personnes riches, n'avaient qu'un tirage en cuivre fabriqué au marteau, dont les traces disparaissaient sur le tour, et qu'on dorait ou qu'on argentait ensuite.

Les lunettes à plus bas prix avaient des tirages en carton, et se fabriquaient principalement à Venise.

L'invention du plaqué d'or ou d'argent, alors toute récente, engagea M. Buron père à fabriquer économiquement des tubes, de dimensions décroissantes, au moyen desquels de nombreux tirages permirent aux *incroyables* de l'époque de mettre une grande lorgnette dans la poche de leur gilet ; innovation qui, par son utilité, eut alors un succès de vogue, et à laquelle on a renoncé de nos jours pour revenir à la forme lourde des anciennes lorgnettes, dont on a doublé l'incommodité par l'invention des *jumelles* qui préseu-

(1) Médaille d'or et décoration de la Légion-d'Honneur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tent cet autre inconvénient de pouvoir rarement être mises au point, à la fois pour les deux yeux, et, par conséquent, de diminuer la netteté de la vision.

L'extérieur de la lorgnette était alors, comme aujourd'hui, en forme de poire, prise dans une masse d'ivoire. M. Buron père y substitua, pour les petites bourses, la poire en plaqué d'or ou d'argent, repoussée sur le tour.

J'ai lieu de croire que cet utile procédé d'emboutissage est de l'invention de M. Buron père qui, en tout cas, en fit de nombreuses et utiles applications, notamment à la fabrication des chandeliers en plaqué. Ces utiles perfectionnements, en faisant la fortune de leur auteur, mirent à la portée d'un plus grand nombre des produits qui, jusqu'alors, n'étaient abordables qu'à la richesse.

Cependant arriva 1814, et, malgré les progrès faits, malgré un droit d'entrée de 33 p. c., la concurrence anglaise menaçait d'anéantir cette industrie en France, si M. Buron père, alors secondé par son fils, n'eût trouvé le moyen de soutenir la lutte, en finissant par donner une lorgnette au prix d'une loupe anglaise.

A partir de 1818, époque à laquelle M. Buron resta seul aux affaires, son établissement n'a fait que grandir et se développer. A la fabrication des corps de lunette, il ajouta celle des verres en tout genre, dont, à l'exception d'un petit nombre d'opticiens en chambre, fabriquant les verres fins et les objectifs achromatiques, la Picardie avait seule le monopole.

C'est alors qu'il créa les premiers éléments de ce magnifique outillage mécanique, dont les produits ont achevé la défaite de l'Angleterre jusque dans ses propres colonies, et qui n'a aucun rival dans le monde entier.

Malgré les moyens mécaniques dont la production est si considérable, la fabrication des verres occupe plus de trente ouvriers dans les ateliers de M. Buron. La lime et le tour y en occupent plus de quarante, et on peut porter à un nombre beaucoup plus grand celui des ouvriers, d'industries diverses, entièrement alimentés au-dehors par les besoins de cette immense fabrication, qui comprend en outre les instruments d'arpentage et de géodésie sur une grande échelle.

J'ai, en ce moment, sous les yeux le catalogue, ou prix-courant, de M. Buron, daté du 1er mai 1844. Il se distingue des prix-courants ordinaires par une heureuse innovation qui, pour cette maison, remonte à 1838, et qui, depuis, a été imitée par quelques fabricants anglais. De jolies figures de chacun des principaux articles fabriqués par M. Buron se trouvent intercalées dans le texte de ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

catalogue ; et vos lecteurs se feront une idée plus exacte de l'immense variété de ces produits quand j'aurai ajouté que le nombre de ces figures s'élève à trois cent dix, et que, pour la plupart, le texte indique de quinze à vingt-cinq grandeurs différentes du même modèle.

La plupart des marchands d'instruments d'optique et de mathémathiques des départements et de l'étranger, cumulent cette profession avec celle de quincaillier, d'épicier, de mercier, etc., etc., et sont presque toujours d'une ignorance complète, non seulement sur les qualités, mais encore sur l'usage et même le nom d'un grand nombre de ces instruments qu'ils ne tiennent pas habituellement dans leurs magasins. L'amateur qui veut se les procurer n'a d'autre ressource que de les faire demander à Paris. La commande, mal faite, amène fréquemment l'envoi de tout autre objet que celui qu'on désire, ou bien l'amateur, mal renseigné, demande un instrument moins utile qu'un autre, qui atteindrait mieux son but. Le catalogue de M. Buron remédie à tous ces inconvénients : l'acheteur, bien renseigné par les figures, peut désigner exactement ce qu'il désire, et le marchand, qui n'a qu'un numéro à inscrire dans sa commande, est tout-à-fait certain qu'elle sera parfaitement remplie, et qu'aucun mécompte n'en pourra résulter. Je ne crains pas d'affirmer que la publication de ce catalogue est un véritable service rendu à une importante industrie, mais surtout à la science, dont les adeptes, éloignés de Paris, pourront se procurer sans difficultés, et à coup sûr, les appareils dont ils auront besoin.

La très grande majorité des opticiens ne possède, il faut bien l'avouer, aucune des notions théoriques nécessaires pour l'exécution *prime-sautière* d'un bon objectif de lunette achromatique. Les matières employées sont très variables dans leurs propriétés optiques ; et telle courbure, qui convient à une espèce de verre, est loin d'être appropriée à une autre. De là, des tâtonnements sans fin qui augmentent considérablement le prix de la main-d'œuvre, recommencée plus ou moins fréquemment sur le même objectif. Aussi, lorsqu'ils sont arrivés au but, se bornent-ils à copier servilement l'objectif réussi, tant qu'ils ont les mêmes matières à leur disposition, et leur est-il impossible d'en faire varier, soit le champ, soit le grossissement ; parce que, pour arriver à ce but, il leur faudrait appliquer le résultat de calculs d'un ordre assez élevé, et entièrement inconnus au plus grand nombre.

Dans la plupart des cas, on se contente d'approximations dont l'acheteur est obligé de se contenter ; et s'il tombe à une lunette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

absolument exempte de défauts, c'est au hasard seul qu'il en devra rendre grâce.

Pénétré de cette trop triste vérité, M. Buron, malgré les soins multipliés qu'exige la direction matérielle de son vaste établissement, a voulu s'approprier tout ce que les théories ont maintenant d'applicable à la pratique. Chez lui, aujourd'hui, aucun morceau de verre n'est travaillé en objectif ou en oculaire, sans que ses propriétés optiques aient été déterminées par des procédés ou des appareils appropriés par lui aux besoins de la pratique, et sans qu'on sache quel résultat on obtiendra des courbes que l'ouvrier leur donnera. Chez lui, le grossissement et le champ d'une lunette en construction sont connus d'avance. De nombreux tableaux, dressés par lui, permettent au chef d'atelier de faire exécuter sans tâtonnement des objectifs d'un foyer donné, quelles que soient les propriétés optiques des matières employées.

Ces conditions appliquées définitivement aux objectifs de petites et de moyennes dimensions, en un mot, à la fabrication courante de l'établissement, M. Buron s'est plus récemment livré à l'étude des conditions applicables à l'exécution des objectifs achromatiques de grandes dimensions.

Ici les mêmes procédés de travail matériel ou de détermination des courbures à donner aux quatre faces de ces objectifs, devenaient insuffisants.

Une précision plus rigoureuse est nécessaire dans les unes comme dans les autres ; car les tâtonnements, les changements fréquents de courbures pour corriger les défauts reconnus, deviennent ruineux pour l'opticien qui paie, à des prix exorbitants, les grands morceaux parfaitement purs de la matière employée.

Pour déterminer, avec plus de précision, dans les conditions de la pratique, les indices de réfraction et de dispersion du *flint* et du *crown-glass* qu'il veut employer à l'exécution d'un grand objectif, M. Buron a apporté, au goniomètre de M. Babinet, des modifications qui lui permettent de mesurer l'indice de réfraction avec une précision qui va jusqu'à trois décimales, et par conséquent, d'assigner, à un verre quelconque, les courbures rigoureuses d'un foyer donné.

Les rapports de dispersion n'ayant encore été déterminés que par un petit nombre de physiciens, notamment par Rochon et le docteur Brewster, c'est dans leurs mémoires que M. Buron a puisé les seuls renseignements qui pussent lui permettre de construire un *diasparomètre* d'une application pratique dans l'atelier.

Un autre goniomètre dont les conditions exigent des procédés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'expérimentation différents de ceux de l'instrument de M. Babinet, lui permet de contrôler l'exactitude des observations faites avec le premier.

Jusqu'à présent les formules d'Herschell, répétées dans tous les traités d'optique, sont les seules que M. Buron ait pu employer pour la détermination des courbures des grands objectifs. Il espère que la publication toute récente du *Traité d'astronomie physique* de M. Biot lui en fournira de plus applicables aux besoins de la pratique.

Quoi qu'il en soit, ces travaux, qu'on pourrait appeler théoriques, ont déjà produit plusieurs objectifs achromatiques de 19 cent. (7 pouces) de diamètre exécutés dans les conditions que je viens de décrire, et qui ne laissent rien à désirer. D'autres objectifs de 38 cent. sont maitenant en cours d'exécution, et M. Buron espère, à l'aide de ses méthodes, surmonter les immenses difficultés dont une pareille tâche est nécessairement accompagnée.

On sait que les pieds ou supports des grandes lunettes astronomiques, sont exécutés en bois et formés d'un assemblage de traverses et de charnières très compliqué, que détraquent rapidement les influences de la sécheresse et de l'humidité; que leur volume est considérable; que beaucoup d'amateurs d'astronomie renoncent à faire des observations, faute d'emplacement suffisant pour loger l'instrument quand on ne s'en sert pas; et qu'enfin, pendant les observations, ils permettent à la lunette un tremblement qui nuit notablement à la précision des résultats. Frappé de ces inconvénients, M. Buron a imaginé un pied de lunette entièrement construit en fer et dont la stabilité est absolue, malgré ses petites dimensions. Ses dispositions sont telles que l'observateur peut faire faire à la lunette le tour entier de l'horizon, sans déranger le pied; qu'il peut observer debout ou assis, un astre depuis son lever jusqu'au zénith, et en suivre le cours avec la plus grande facilité sans quitter l'œil de la lunette. Tous les mouvements possibles peuvent être imprimés à l'instrument par des organes placés sous la main de l'observateur et qu'il peut manœuvrer sans gêne et sans fatigue; enfin, je ne crois pouvoir faire un plus bel éloge des avantages que promettent les dispositions de l'appareil de M. Buron, qu'en répétant ici le reproche que lui faisait récemment M. Arago, de rendre trop commodes les observations astronomiques, et de laisser l'observateur courir le risque de s'endormir pendant une observation.

A côté de M. Buron, et non moins encombrée que la sienne, figurait l'exposition de M. Lerebours (1), qui marche dignement sur les

(1) Rappel de médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

traces de son père, auquel il a succédé depuis quelques années. Elle se composait de nombreux instruments d'optique, de physique et d'astronomie, exécutés avec une rare habileté dans le vaste atelier qu'il vient de fonder, et d'où sont déjà sorties un grand nombre de pièces remarquables, notamment un cabinet de physique complet exécuté pour le compte du marquis Stanga, qui veut en doter la ville de Crémone, et y fonder plusieurs cours sur les sciences physiques.

Un grand nombre des produits de M. Lerebours sont la reproduction des meilleurs modèles d'appareils ou d'instruments connus ; mais il s'en est rendu propres quelques autres par les modifications capitales qu'il y a apportées.

Je citerai, entre autres, son *porte-lumière universel*, qui, avec un petit nombre de pièces, permet de répéter toutes les expériences fondamentales de l'optique. M. Lerebours a vaincu, avec bonheur, les difficultés d'un appareil qui, au prix de 900 fr., remplace des appareils nombreux, dont la valeur s'élèverait à plus de 1800 fr.

J'appellerai également l'attention de vos lecteurs sur ses microscopes achromatiques simplifiés, comportant les avantages d'instruments beaucoup plus compliqués, et surtout beaucoup plus chers.

Mais j'insisterai surtout sur le mérite et le dévouement incontestables dont M. Lerebours a fait preuve dans l'exécution d'une nombreuse série d'objectifs de diverses dimensions, depuis 11 cent. jusqu'à 38 cent. d'ouverture. Ce dernier, que le temps n'a pas permis d'essayer convenablement pendant le cours de l'exposition, a, depuis cette époque, reçu de M. Arago les éloges les plus complets en présence de l'Académie des sciences.

A cette occasion, M. Arago a fait remarquer que rien n'est plus difficile que l'appréciation du mérite des grandes lunettes, dans lesquelles la vision est d'autant plus susceptible d'être troublée par les vapeurs de l'atmosphère, et surtout par les différences de densité de l'air, que l'objectif est plus grand, puisqu'il embrasse un plus gros faisceau de rayons rencontrant par conséquent un plus grand nombre de causes de déviation. La même lunette, à laquelle l'œil a été appliqué des heures entières, prendra tout-à-coup des qualités nouvelles. Pendant moins d'une seconde, quelquefois, elle fait voir les planètes avec une netteté jusqu'alors inconnue. Trop fréquemment, a-t-il ajouté, on attribue aux imperfections de la lunette les mécomptes produits par l'inégalité des réfractions atmosphériques, ou par l'impatience de l'observateur. J'ajouterai qu'un astronome distingué, M. Secretan, de Lausanne,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

m'a plusieurs fois affirmé que, dans tout le cours d'une année, il y avait rarement une nuit favorable aux observations astronomiques; et que, même sous le beau ciel de Naples, les astronomes se trouvaient heureux quand ils pouvaient compter jusqu'à trois de ces nuits.

Quoi qu'il en soit, avec la lunette de M. Lerebours, M. Arago a pu nettement *détripler* une étoile du groupe d'Andromède, qui n'avait pu être observée dans les mêmes conditions qu'à l'observatoire de Pultawa, où l'on possède la meilleure lunette connue. De temps à autre, on a vu Saturne d'une manière très satisfaisante, même avec un grossissement de plus de mille fois. Enfin ce même grossissement, appliqué à l'observation de la lune, a fait voir que tout n'est pas dit, tant s'en faut, sur la constitution physique de notre satellite. Les astronomes de Paris, a ajouté M. Arago, attendent, avec impatience, le moment où ce grand objectif sera établi sur un tuyau pouvant suivre le mouvement diurne à l'aide de rouages convenables.

Noel-Jean Lerebours, fondateur de l'établissement actuel, commença, comme tant d'autres artistes illustres, par être un simple ouvrier opticien.

Mais un travail opiniâtre, malgré les charges nombreuses qu'il s'était imposées en servant de père à ses frères et sœurs, dont il n'était pas cependant l'aîné, ne tarda pas à lui permettre de s'établir à son compte, et à se distinguer dans l'exécution d'objectifs de dimensions plus grandes qu'on ne les avait exécutés avant lui, dimensions qu'il ne cessa d'augmenter successivement jusqu'à la fin de sa carrière. On cite à cet égard l'anecdote suivante :

Napoléon, voulant se rendre au camp de Boulogne, manifestait à Delambre le désir d'avoir une excellente lunette. — Sire, nous pouvons vous donner la lunette de Dollond, qui est dans nos cabinets; et Votre Majesté ferait une chose agréable aux astronomes si elle voulait nous accorder, en échange, une excellente lunette de quatre pouces (0m,11) que vient de construire M. Lerebours— Elle est donc meilleure? — Oui, Sire. — En ce cas, je la prends.

Cette lunette, considérée comme une des meilleures qui existent, est actuellement connue sous le nom de *lunette de l'Empereur*.

Les objectifs construits par Lerebours ont été souvent l'objet des rapports les plus flatteurs, tant à l'Académie des sciences qu'aux expositions de l'industrie. Cinq médailles d'or, et le titre d'artiste du Bureau des longitudes, ont été la récompense méritée d'une longue carrière, entièrement consacrée aux progrès de son art, carrière que continuent dignement les travaux de son fils.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La même travée était occupée par l'exposition de M. Charles Chevalier (1). Il m'a été impossible d'y constater de véritables progrès sur ceux qui, en 1834, lui avaient si justement mérité la médaille d'or. Une machine pneumatique qui avait la prétention de se faire manœuvrer par un mouvement de rotation continu, m'a paru n'atteindre ce but qu'à des conditions que le moindre des mécaniciens de l'exposition n'eût pas osé avouer, et qui surtout avait l'immense inconvénient d'augmenter outre mesure le prix de l'appareil. M. Charles Chevalier a été le plus utile promoteur des perfectionnements apportés au microscope achromatique. Son père et lui sont les premiers qui, sur les données fournies par M. Selligues, aient osé aborder la tâche difficile d'exécuter d'aussi petites lentilles achromatiques. Les succès en ce genre de M. Charles Chevalier lui avaient fait une belle et honorable réputation, que la dernière exposition ne pourra que laisser stationnaire. Mais, en industrie, ne pas marcher, quand les autres marchent, c'est reculer.

Cette dernière observation ne s'applique pas à M. Brunner (2), qui, dès 1839, s'était placé hors ligne dans l'exécution des instruments d'astronomie, et qui est cependant parvenu, en 1844, à montrer, par des progrès importants, ce que peut accomplir une intelligence d'élite jointe à une grande habileté professionnelle.

La pièce capitale de l'exposition de M. Brunner était un cercle répétiteur, concentrique, astronomique, de 65 centimètres de diamètre, et cependant portatif, aussi remarquable par la bonne disposition de toutes ses parties, que par l'excellence de son exécution ; expressions qui, tombées devant moi de la bouche même de M. Gambey, ont dû se retrouver ici sous ma plume.

Un système de contre-poids reporte le centre de gravité de tout l'appareil, sous les vis calantes, et lui donne une complète stabilité. L'instrument proprement dit se compose de deux cercles concentriques, tournant dans un plan vertical autour d'un axe horizontal, fixé lui-même à une colonne verticale. Le cercle extérieur (le limbe) est divisé de manière à lire trois secondes de degrés. Le cercle intérieur, auquel la lunette est fixée, porte quatre verniers armés chacun d'un microscope donnant un grossissement de vingt fois.

L'exactitude de leur ajustement et la précision de la division sont telles que la différence des quatre verniers n'atteint jamais la grandeur des trois secondes données par le limbe. Ce fait remarquable a été vérifié fréquemment, tant à l'exposition que chez

(1) Rappel de médaille d'or.
(2) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Brunner, par un grand nombre d'hommes compétents, qui ont été obligés de se rendre à l'évidence. La disposition de ces cercles est telle que, si l'on réunit par des vis de pression le cercle intérieur avec le cercle extérieur, on peut les faire tourner tous deux autour de leur axe commun. Si, au contraire, on détruit cette solidarité, en fixant en même temps le cercle extérieur sur l'axe horizontal, le cercle intérieur pourra seul se mouvoir. Cette disposition permet de prendre plusieurs mesures consécutives du même angle vertical et de multiplier ces mesures de manière à compenser, presque entièrement, les faibles erreurs que peut comporter encore la division. La lunette est munie, pour les observations zénithales, d'un oculaire prismatique. Elle a 8 cent. d'ouverture, et 28 cent. de foyer, avec un grossissement de 60 diamètres. L'axe de la lunette est en acier trempé tournant dans des coussinets de même matière. L'ajustement des deux parties de ce magnifique instrument a une telle précision, que toutes les pièces se meuvent avec la plus grande facilité sans ballottement, mais sans bridage.

La perfection avec laquelle M. Brunner est connu pour faire les divisions, lui a assuré la clientèle de tous les fabricants d'instruments nautiques qui tiennent à la réputation de leur maison.

Le grand cercle répétiteur de M. Brunner était accompagné d'un petit théodolite répétiteur de 16 cent. de diamètre, avec boussole de 10 cent., à l'usage des ingénieurs des mines et des arpenteurs, recommandable, à la fois, par son excellente exécution, la facilité de son emploi et le bon marché auquel M. Brunner peut le livrer.

M. Brunner exposait également des microscopes de la forme généralement adoptée aujourd'hui, c'est-à-dire verticale et à chapelle. L'un d'eux, comparé à celui que M. Amici livrait, à l'époque de l'exposition, à l'admiration méritée des savants de la capitale, a subi, sans trop d'infériorité, ce redoutable parallèle, et, de l'aveu de M. Amici lui-même, s'est trouvé celui qui approchait le plus des qualités si remarquables de son instrument.

Le microscope de M. Brunner comporte encore diverses particularités remarquables. Il est goniomètre, parce que son porte-objet peut être mû circulairement autour de l'axe optique, et que l'angle peut s'estimer en minutes au moyen d'une division convenable et d'un vernier, condition qui permet de mesurer les angles des cristaux microscopiques. Cette disposition est encore avantageuse pour mieux apprécier la forme des corps qu'on peut faire tourner facilement autour du rayon éclairant, en déterminant, sur toutes ses faces, un éclairage oblique, et sans le perdre de vue.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une autre condition très rare et peut-être unique, c'est la sûreté de mouvement de la vis micrométrique, qui donne des dix-millièmes de millimètre sans *temps perdu* appréciable, quelles que soient les variations de ce même mouvement en avant ou en arrière.

Deux mouvements rectangulaires de translation de la platine, permettent en outre, de mener, au milieu du champ, les objets placés au bord ; enfin, la précision du foyer s'obtient rapidement au moyen des dispositions connues sous le nom de *mouvement rapide* et de *mouvement lent*.

Une dernière disposition extrêmement commode de ce microscope résulte d'un prisme à réflexion totale, dont l'angle est d'une vingtaine de degrés environ. Au moyen de ce prisme, le rayon émergent prend une direction telle, que la tête de l'observateur conserve la position naturelle d'un homme qui lit, ce qui permet de prolonger indéfiniment, sans fatigue, les observations microscopiques.

Les phares destinés à protéger la navigation en indiquant, par les conditions qui sont propres à chacun d'eux, à quelle côte ils appartiennent, ont dû leurs principaux perfectionnements au génie de Fresnel, que la mort a frappé si jeune et si plein d'avenir.

Un habile artiste, M. Soleil père, avait secondé de tous ses efforts ceux de Fresnel, pour l'exécution des lentilles à échelons, inventées par l'illustre académicien.

Atteint d'une maladie grave, M. Soleil père s'est vu dans la nécessité de cesser ses importants travaux.

M. François jeune (1), son gendre, n'était alors (1838) que marchand de fournitures d'horlogerie ; il se plaça résolument à la tête de l'établissement que son beau-père se trouvait forcé d'abandonner.

Doué d'un esprit exact et droit, dit M. Calla, dans son rapport à la société d'encouragement, M. François reconnut bientôt que les appareils construits par son prédécesseur, pour la taille des verres, premiers jets d'une combinaison nouvelle, laissaient beaucoup à désirer sous le rapport de la solidité des organes du mécanisme, et de l'exactitude des produits ; il y introduisit immédiatement de notables améliorations.

Ce qui distingue particulièrement M. François, c'est sa manière absolue d'envisager les travaux dont il est chargé... Il reçoit des épures calculées avec une précision mathématique ; il n'admet pas que l'exécution puisse n'être qu'approximative ; il ne recule devant aucune tentative, devant aucun progrès, pour mettre cette exécution à la hauteur de la conception.

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Soleil reculait d'abord devant l'exécution d'un prisme courbe en verre de plus de 30 cent. de hauteur.

M. François améliora les lingotières destinées au coulage des prismes, et obtint, de la manufacture de Saint-Gobin, des prismes courbes de 1m,40 de corde et de 20 cent. de flèche, des segments d'anneaux sphériques de 80 cent. de corde sur 28 cent. de hauteur.

Ces résultats obtenus, il fallait que la taille des pièces de cette dimension fût irréprochable. M. François remplace ces instruments imparfaits, par des tours à cristaux montés sur de solides bâtis en fonte dont les plateaux ont jusqu'à 2m,30 de diamètre.

Les pièces de verre n'étaient fixées avant lui que sur des mandrins de plomb, coulés pour chaque opération, et d'une exactitude très douteuse. Il remplace ces mandrins par des cylindres en fonte très rigides, et d'une exactitude rigoureuse ; enfin, une machine à vapeur vient remplacer le manége qu'il avait trouvé dans l'établissement.

Le phare de premier ordre, exposé par M. François, se distinguait par une couronne catadioptrique disposée pour recueillir et diriger vers l'horizon les rayons lumineux émanés du foyer de l'appareil, et passant au-dessus du tambour dioptrique. Elle est divisée en quatre parties égales, et se compose de treize anneaux de verre à section triangulaire.

Le système de ces treize anneaux remplace les sept zones de miroirs concaves ordinairement employés comme partie accessoire supérieure des appareils lenticulaires de premier ordre. Un système cylindrique de six anneaux catadioptrique recueille et ramène à l'horizon les rayons émanés du foyer, et passant au-dessous du tambour lenticulaire.

La nouvelle et l'ancienne combinaison appartiennent toutes deux à Augustin Fresnel. Mais, jusqu'à M. François, les moyens d'exécution avaient limité l'emploi des anneaux catadioptriques à de petits appareils de 25 à 30 cent. de diamètre.

Une expérience faite à l'Observatoire, le 28 décembre dernier, constata que l'éclat de cette couronne, éclairée par une lampe à quatre mèches concentriques, brûlant 650 à 700 grammes d'huile par heure, équivaut, dans tous les méridiens, à 140 becs Carcel, brûlant 40 grammes d'huile par heure.

M. L. Fresnel, inspecteur des phares, a reconnu que ce système l'emportait de 60 p. c. sur l'emploi des miroirs concaves qui couronnent la plupart des phares de premier ordre. Mais il présente encore cet immense avantage d'être entièrement à l'abri des altéra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions qu'éprouvent les miroirs que l'humidité et la trop grande chaleur tendent à détériorer.

M. Stevenson, ingénieur des phares d'Écosse, était venu visiter l'établissement de M. François. Il lui parla des difficultés qu'éprouvait M. Kocson, de Newcastle, dans l'exécution d'un phare catadioptrique de premier ordre, et des doutes qu'il éprouvait sur sa réussite.

M. François avait souvent regretté qu'on eût recours aux miroirs courbes dont les résultats sont si loin de l'exactitude; mais beaucoup moins favorisé que son concurrent par l'administration des phares, il hésitait à entreprendre, sans sécurité de placement, l'exécution des anneaux catadioptriques. Il s'empressa donc de proposer à M. Stevenson d'entreprendre ce travail, si M. Kocson y renonçait; et, en effet, il reçut, peu de temps après, le calcul des angles des anneaux à exécuter.

L'exécution d'un appareil catadioptrique de troisième ordre lui avait donné la mesure des difficultés qu'offrirait le travail du plus grand anneau du premier ordre dont le rayon de courbure est de $8^{m},7$. Il fallait faire mouvoir un levier de cette longueur sans flexion de sa part pour éviter de produire aucune ondulation sur la surface du verre; il fallait vaincre les difficultés que présentait un local restreint, y placer les dispositions propres à donner toutes les coordonnées pour obtenir rigoureusement le point de centre, et le fixer assez solidement pour qu'il ne pût pas varier pendant le cours du travail. Il fallait mettre les ouvriers dans l'impossibilité de mal faire, et c'est ce à quoi M. François est parvenu par des procédés dont il est à désirer qu'il conserve le secret.

L'appareil exposé est le second de ce genre exécuté par M. François. Son frère aîné est en Écosse, où il éclipse tous les phares de construction anglaise. Sa coupole est divisée en huit parties : celle du phare, qui figurait à l'exposition, ne l'est qu'en quatre, dont le poids pour chacune d'elles est de 180 kil.

Vos lecteurs se feront une idée de la précision avec laquelle M. François travaille ces masses énormes de verre, par ce seul fait qu'une lentille à échelon de 70 cent. de diamètre, construite par ses procédés, réduit l'image solaire à un diamètre de 4 millimètres.

Le mécanisme du phare de M. François avait été exécuté, avec toute l'habileté qui le distingue, par M. J. Wagner.

L'absence de tout document sur les phares exposés par M. Henry-Lepaute (1), ne me permet pas d'en entretenir vos lecteurs. Je me

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bornerai à louer la belle exécution de leur mécanisme qu'il m'a été possible d'apprécier.

M. Soleil fils (1), dont l'exposition se composait principalement d'instruments destinés aux expériences d'optique, est le premier artiste qui ait réussi à exécuter ces appareils si délicats et si utiles pour la manifestation des phénomènes d'interférence dont Fresnel, Young, MM. Arago, Pouillet, Babinet, etc., etc. ont enrichi la science. C'est grâce à lui que, en 1836, le public de la Sorbonne fut témoin, pour la première fois, de la fameuse *expérience des deux miroirs* de Fresnel ; expérience capitale pour la théorie de l'optique, et qui a servi, à ce savant illustre, à prouver que la lumière est le résultat de vibrations ou d'ondulations analogues à celles produites dans l'eau par la chute d'un corps ; ondulations résultant du mouvement vertical imprimé à l'eau par la chute du corps, transformé en anneaux horizontaux, déterminés par des abaissements et des surélévations qu'on nomme vagues, qui, parcourant uniformément l'espace, depuis le point choqué, s'étendent jusqu'à la rive qui anéantit ou dissimule la propagation à travers la terre, et qui très souvent les réfléchit.

Cette apparence grossière est exactement ce qui se passe d'une manière infiniment plus délicate dans la propagation de la lumière, et ce que Fresnel a déduit de la mesure des franges colorées que les deux miroirs produisent sur tout le trajet du parcours de la lumière qu'ils réfléchissent simultanément presque dans la même direction. C'est cette expérience qui, après Grimaldi, prouva de nouveau que de la lumière ajoutée à de la lumière peut produire l'obscurité, paradoxe apparent que la sagacité de Fresnel a complétement expliqué, tant théoriquement qu'expérimentalement, en démontrant que, comme celles de l'eau, les ondes se propagent dans un fluide infiniment plus subtil, et surtout plus élastique que l'eau. Cette expérience permit à Fresnel de constater la longueur de ces ondes qui diffèrent pour chaque couleur, et qui se mesurent par millionièmes de millimètres, de la manière la plus sûre et la plus simple.

C'est par cette expérience, que personne, après Fresnel, n'avait pu parvenir à répéter, que M. Soleil débuta de la manière la plus heureuse. Il organisa, à cet effet, l'appareil qu'il nomme *banc de diffraction*, et sur lequel des supports appropriés reçoivent successivement un porte-lumière, les objets ou écrans qui agissent sur la lumière qui les touche ou qui les traverse, pour passer ensuite par

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une lentille où l'œil voit ses riches franges, où il peut les mesurer, ou bien, les laisser se peindre sur un écran pour les livrer à la vue d'un grand auditoire.

C'est dans l'opiniâtre persévérance de M. Soleil que les travaux des physiciens observateurs ont trouvé un habile et utile contrefacteur. Il n'a pas été ingrat, car il les a dotés d'un instrument facile à manier et rigoureux dans ses résultats.

Ce n'est pas là le seul titre de M. Soleil à l'estime, et, disons-le hautement, à la reconnaissance des savants. Il a également enrichi une autre branche de l'optique, la *polarisation*, d'appareils que seul jusqu'à présent il sait construire en France, et pour lesquels il n'a guère de rivaux à l'étranger.

On lui doit l'appareil propre à mesurer l'angle que font entre eux les axes des cristaux bi-axes, ainsi que le diamètre des anneaux pour les cristaux à un seul axe.

Les tableaux peints par M. Silberman jeune, préparateur au Collége de France, et que le public admirait dans l'exposition de M. Soleil, sont des représentations fidèles de quelques unes des apparences produites par les ingénieux appareils de polarisation dus à cet artiste, et qui, bien que différents de formes et de dispositions, peuvent se résumer en un seul principe fondamental. Tous sont composés de trois parties principales : 1° un *polariseur* qui dispose la lumière qui le frappe à vibrer dans telle ou telle direction ; 2° le *cristal* qui modifie le rayon suivant sa constitution ou structure moléculaire ; 3° et enfin, l'*analyseur*, qui tamise à son tour la lumière, et fait voir, soit à l'œil, soit sur l'écran, les modifications admirables qu'un simple rayon de lumière a subies par son passage à travers cette triple couche transparente.

C'est dans ces ingénieux appareils, dont le point de départ est dû à Malus, qu'on voit que la lumière qui est réfléchie, ou qui traverse deux écrans très transparents, peut être totalement absorbée, *passe*, ou reste visible suivant la position du deuxième écran par rapport à l'autre, sans que le premier phénomène résulte de l'interposition d'un troisième corps. C'est encore un paradoxe apparent, analogue à celui de deux miroirs, et que Fresnel a expliqué de la manière la plus vraie, en appuyant ses explications d'un grand nombre d'expériences. Elles prouvent toutes que les vibrations de l'éther se propagent sphériquement autour du point vibrant, de la même manière que celles des molécules d'eau, dans l'exemple des miroirs, par des mouvements perpendiculaires à la direction de cette propagation, sans déplacement en avant ou en arrière de cette direction, condition que fera mieux comprendre la position d'un corps

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

flottant sur l'eau, qu'on ne voit pas progresser avec les anneaux ou les ondes formées, mais simplement s'élever ou s'abaisser avec l'onde sur laquelle il flotte ; ou bien prenant en même temps un mouvement d'oscillation circulaire, comme le fait la lumière qui traverse le quartz ; phénomène découvert par M. Arago, et que M. Biot a appliqué à l'analyse des sucres et d'une foule d'autres substances. Tous ces phénomènes ont pris, entre les mains de M. Soleil, la forme d'appareils aussi ingénieux dans leur construction qu'utiles pour la démonstration et dans leur application à l'analyse des substances en question.

L'appareil de M. Arago, muni d'un prisme bi-réfringent, présente des images dont les couleurs sont toujours complémentaires l'une de l'autre, c'est-à-dire que leur réunion forme la couleur blanche. Ces images ont ordinairement la forme d'un pain à cacheter. Pendant une des visites de la famille royale à l'exposition, M. Soleil eut occasion de faire regarder dans cet appareil le comte de Paris, qui s'écria qu'il voyait du *bleu*. La reine demanda, en plaisantant, à voir le *bleu du comte de Paris*. Mais la suite de S. M., prenant la chose au sérieux, voulut à son tour mettre l'œil à l'oculaire de l'instrument, en s'extasiant sur la belle couleur bleue découverte par l'héritier du trône, et personne ne fit attention à la magnifique teinte orangée qui accompagnait forcément le *bleu du comte de Paris*.

Les divers appareils de polarisation construits par M. Soleil sont :

1° L'appareil déjà cité, qui sert à la mesure des axes et des anneaux ;

2° Celui de M. Norrenberg, que sa simplicité et son bas prix mettent à la portée de toutes les bourses ;

3° Celui de M. Amici, qui sert à analyser tous les cristaux, notamment les petits échantillons et même les éclats ;

4° L'appareil chromatique, ou microscope polarisant, qui sert à faire voir ces beaux phénomènes à tout un amphithéâtre ;

5° Et enfin une foule d'autres appareils destinés à produire, d'une manière spéciale, tel ou tel phénomène dépendant d'une disposition particulière, soit des cristaux, soit des polariseurs.

C'est M. Soleil que M. Silbermann aîné, préparateur de physique à la Sorbonne et au Conservatoire des arts et métiers, a chargé d'exécuter, sous sa direction, l'héliostat dont il est l'inventeur, instrument qui, malgré la simplicité des organes qui le composent, et la facilité de sa manœuvre, ne le cède en rien, sous le rapport de la précision et des effets produits, à aucun des appareils de ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

genre. Le bas prix auquel il est établi en permettra désormais l'acquisition à tous les cabinets de physique, où il rendra de précieux services.

Dans la plupart des expériences d'optique, on a particulièrement besoin de la lumière solaire, qu'on est dans la nécessité de faire réfléchir par un miroir, afin de la diriger dans l'intérieur de la chambre où l'on se propose d'expérimenter. Ce rayon, dont on a assigné la direction, resterait fixe si le soleil restait en place; mais, comme cet astre marche sans cesse, pour remettre le rayon dans la direction assignée, on est forcé à chaque instant de donner une nouvelle position au miroir, pour continuer l'expérience.

En d'autres termes, si l'expérience doit durer un certain temps, l'expérimentateur est cloué au miroir pour le manœuvrer sans cesse.

L'héliostat a pour but de dispenser l'expérimentateur de ce soin difficile et surtout fastidieux.

On comprend d'abord que, comme il s'agit de se mettre en rapport avec la marche du soleil qui règle le temps, une horloge doit être employée à donner au miroir un mouvement relatif qui lui fasse conserver la même direction par rapport au soleil. Cette direction dépend :

1° Du méridien du lieu des observations :

2° De sa latitude ;

3° De la hauteur ou de la déclinaison du soleil, qui varie chaque jour et même à chaque instant ;

4° Enfin, la position du miroir doit être relative à l'heure vraie qu'indique le soleil, et à la direction fixe qu'on veut donner au rayon.

L'instrument de M. Silbermann réalise toutes ces conditions de la manière la plus simple. J'éprouve le plus vif regret de ne pouvoir le faire connaître plus complétement à vos lecteurs ; la figure sans laquelle sa description serait entièrement inintelligible, m'ayant complétement manqué au moment de mettre sous presse, je me trouve obligé de supprimer cette description.

L'instrument de M. Silbermann a reçu, de tous les savants de l'Europe qui ont fait depuis deux ans quelque séjour à Paris, une approbation sans réserve parfaitement justifiée par l'universalité des directions qu'il donne au rayon réfléchi, sa manœuvre facile, et le bas prix auquel il est livré pour un instrument de cet ordre.

M. Soleil est aussi le constructeur d'un autre appareil de M. Silbermann, et qui est destiné à mesurer la distance focale des lentilles. Cet instrument repose sur ce principe de dioptrique qu'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

objet placé en avant d'une lentille, et à une distance double de la distance focale principale, forme, derrière cette dernière, une image renversée de la même grandeur, et à une distance de la lentille également double de celle du foyer ; de sorte que la distance entre l'objet et son image est quadruple de la distance focale, qui, par conséquent, n'est que le quart de cette distance totale.

Pour bien préciser cette distance focale, M. Silbermann a choisi pour *objet* la moitié d'un micromètre dont l'image vient se peindre au foyer d'un oculaire, où l'on a placé pour terme de comparaison l'autre moitié du même micromètre coupé perpendiculairement aux traits.

Avec cet instrument, il est facile d'estimer, jusqu'aux centièmes de millimètre, la distance focale des bonnes lentilles. Il sera, entre les mains d'un opticien, un moyen précieux de perfectionner la construction des instruments à lentilles.

C'est encore chez M. Soleil que M. Silbermann a fait construire un instrument d'une grande simplicité, destiné à la démonstration des lois générales de la réflexion et de la réfraction de la lumière, instrument qui manquait complétement à la science, et qui rendra évidente la démonstration de toutes ces lois.

Cet instrument se compose d'un grand cercle vertical divisé qui, pour la réflexion, porte un miroir dont le plan passe par le centre de ce cercle. Deux alidades, passant par ce centre, donnent la direction des deux rayons, l'incident et le réfléchi.

Pour la réfraction, le miroir est remplacé par une cuve cylindrique en verre, dont l'axe est horizontal, et qu'on remplit d'eau ou d'un liquide quelconque, jusqu'à la hauteur de son diamètre horizontal.

Sur le pied de l'instrument glisse une règle divisée qui permet de prendre immédiatement la longueur des sinus d'incidence et de réfraction.

Si, à la place du cylindre, on met un prisme de verre ou d'une autre matière transparente, l'instrument permettra de démontrer les lois de la réfraction pour les prismes, et la théorie des goniomètres.

Enfin, si, à la place du prisme, on met des miroirs de diverses substances, solides ou liquides, on pourra démontrer les lois qui déterminent les angles de polarisation.

Les nombreux appareils d'optique créés par M. Regnault, pour son cours du Collége de France, ont tous été construits par M. Soleil avec l'habileté qui le distingue.

Parmi ceux dont on doit la création à M. Soleil seul, je citerai

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

son petit appareil destiné à démontrer la réfraction conique, et qui fait voir ce phénomène remarquable, de la manière la plus facile.

La polarisation elliptique sur les métaux a aussi son représentant dans les appareils de M. Soleil.

Enfin, pour terminer, je citerai son éclaireur à quinquet, qui vient merveilleusement au secours des professeurs d'optique auxquels, pendant les expériences publiques, viendrait à manquer la lumière solaire, et qui pourraient encore, au moyen de cet *en cas*, prouver les assertions avancées dans le cours de la leçon. C'est un des mille moyens qui, sans être absolus, peuvent cependant vous tirer d'embarras à l'instant même, et qui, par conséquent, sont accueillis avec plaisir, et par le professeur pris au dépourvu et par l'élève studieux.

M. Legey (1) exposait une belle collection de cercles répétiteurs, de sextants, d'équatoniaux, etc., etc., d'une excellente exécution; mais l'instrument qui m'a le plus particulièrement frappé, est celui auquel il donne le nom de *cercle astronomique de Legey*.

En exécutant cet instrument, M. Legey a voulu mettre à la portée des amateurs d'astronomie un appareil d'un prix abordable, et qui pût réunir la plupart des propriétés qu'on ne trouve que dans les instruments spéciaux placés dans les observatoires.

La manœuvre de ce cercle est d'une grande facilité, et permet de parvenir à de nombreux résultats astronomiques avec une précision remarquable.

La verticalité du cercle s'obtient à l'aide d'un niveau parallèle à l'axe optique. Cet axe est aussi celui du cercle, et se rectifie par six points de repère, dont deux correspondent au zénith et au nadir, et les quatre autres, aux points cardinaux. Tous sont par conséquent perpendiculaires les uns des autres. C'est de cette disposition que dépend la facilité des observations, et c'est elle qui détermine la position de l'instrument. On conçoit qu'elle permet en outre de réduire les dimensions de l'appareil et son prix.

L'instrument étant placé et vérifié par plusieurs retournements, on pourra déterminer des azimuths en partant de l'un des repères et en le faisant tourner concentriquement à celui de l'axe optique, ce qui donnera tous les angles appartenant à la verticale. En éloignant de cette verticale l'alidade du sextant, on aura tous les angles compris entre le plan vertical et le point horizontal de l'axe optique.

(1) **Rappel de médaille d'argent.**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On obtient par ce moyen, et en une seule opération, la hauteur et la distance d'un point quelconque compris dans le quart de la sphère.

Pour attendre un astre au passage, on amène le plan du sextant dans la verticale, et l'axe optique au point de repère méridional. On fait coïncider le vernier à la division du sextant indiquée, pour le jour de l'observation, dans la *Connaissance des Temps;* et, au moment ou l'astre vient à passer, il suffit de rappeler l'alidade pour déterminer la parfaite coïncidence.

Si on a placé les quatre points cardinaux par rapport à ceux de la sphère, en dirigeant l'axe optique sur le point septentrional, et en amenant le vernier du sextant à la distance de l'étoile polaire au vrai pôle (environ deux degrés), si on dirige exactement l'axe optique sur cette étoile, jusqu'à ce que cette dernière soit réfléchie sur le grand miroir de l'instrument, le plan de l'appareil sera parallèle à l'équateur, puisque son axe passera par les deux pôles.

L'avantage principal de cette disposition est de faire trouver promptement la position à donner à l'instrument, de conserver l'étoile polaire comme repère, pendant toute la durée de l'observation, et de pouvoir comparer la différence de la déclinaison dans la marche de deux astres.

La lunette possède un micromètre donnant le dix-huit-centième de millimètre pour la comparaison des diamètres.

Quoique instrument de réflexion, il évite les défauts des appareils de ce genre; et, en définitive, il jouit, d'après les renseignements de M. Legey, des propriétés suivantes :

1° La division est rendue naturelle;

2° On peut appliquer différents grossissements;

3° Les rayons sont toujours reçus sous le même angle d'incidence; ce qui évite les erreurs prismatiques;

4° Les verres de couleur ne sont jamais traversés qu'une fois, n'interceptent aucun angle et ne laissent passer aucun rayon étranger à l'observation;

5° On peut prendre les distances au zénith, réduire à l'horizon;

6° Déterminer un azimuth;

7° Suivre les mouvements diurnes, en conservant l'étoile polaire comme témoin;

8° Suivre deux astres, et connaître leur marche de séparation;

9° Prendre les distances verticales, horizontales ou obliques;

10° Prendre les diamètres et les comparer;

11° Mesurer les dépressions;

12° Déterminer une méridienne;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

13° Enfin l'axe de la lunette, étant toujours dans la même position, ne fatigue pas l'observateur.

Les instruments de marine exposés par M. Schwartz (1) se recommandaient par une excellente exécution ; mais, autant qu'il m'a été permis d'en juger, ils ne présentaient aucun caractère tranché de nouveauté.

M. Deleuil (2), qui exposait en 1839 une balance de 10,000 fr., s'est maintenu cette année dans les limites de l'abordable, et je l'en féliciterai. L'utilité d'une balance qui, chargée d'un poids de 10 kilogrammes, serait sensible à 1 milligramme, n'est pas tellement démontrée qu'on trouve beaucoup de gens qui s'en passent la fantaisie. M. Deleuil est particulièrement connu pour la bonne exécution des balances, qui sont sa principale spécialité, et pour celle des machines pneumatiques, d'après le système de M. Babinet, pour faire le *vide du vide*, suivant l'expression consacrée. Mais il n'est pas toujours heureux dans ses tentatives personnelles. Je ne pense pas que l'essai de machine pneumatique, qu'il exposait, et qui paraît avoir la prétention de faire le vide par la force centrifuge, atteigne jamais le but qu'il se propose.

M. Ruhmcorff (3) est, pour l'électricité et le magnétisme, ce que M. Soleil est pour l'optique, c'est-à-dire un artiste habile, toujours prêt à seconder les expérimentateurs par l'exécution intelligente des conditions matérielles qui doivent réaliser leurs conceptions théoriques. Ces conditions une fois passées dans la science, M. Ruhmcorff trouve toujours le moyen de les grouper de la manière la plus commode pour l'expérimentation, et de rendre plus facile au professeur la démonstration des phénomènes avancés.

C'est ainsi que M. Melloni, après s'être infructueusement adressé à plusieurs artistes en réputation, a trouvé dans M. Ruhmcorff, guidé par M. Silbermann, un habile traducteur de ses idées, et a vu se réaliser entre les mains de cet artiste un appareil permettant la démonstration expérimentale de toutes les découvertes de l'illustre savant italien sur les lois du calorique rayonnant.

M. Ruhmcorff est, je crois, l'un des premiers qui aient exécuté, en France, l'appareil électro-magnétique, connu sous le nom de *machine de Clarke*, et qui n'est qu'une ingénieuse simplification du grand appareil du même genre, imaginé par M. Pixii. L'exécution de cette machine est la principale spécialité de M. Ruhmcorff, qui

(1) Médaille d'argent.
(2) Médaille d'argent.
(3) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sait lui donner une énergie et une solidité qu'on ne rencontre pas toujours au même prix dans celles de ses concurrents.

C'est M. Ruhmcorff qui seul, jusqu'à présent, a exécuté les ingénieux appareils de MM. Bréguet et Masson pour la démonstration des phénomènes d'induction si remarquables dont on leur doit la découverte. Cet appareil a pour propriété principale de faire marcher dans un même sens deux courants qui marchaient d'abord en sens contraire, pour les faire circuler ensemble, soit dans un galvanomètre, soit autour d'un aimant temporaire. C'est à lui que M. Pouillet a confié la construction de son *pyrhéliomètre* destiné à mesurer la quantité de calorique versé, dans un temps donné, par le soleil sur la terre.

Enfin c'est à lui que j'adresserai ceux de vos lecteurs qui voudraient se procurer les galvanomètres les plus sensibles ou qui auraient à faire exécuter des appareils de recherche sur l'électricité ou le magnétisme.

Puisque je suis sur le terrain de l'électricité, je vous signalerai un très joli appareil électro-dynamique exposé par M. Froment (1), et qui repose sur le même principe que celui dont M. Jacobi annonçait, il y a quelques années, les prochaines prouesses, et dont on n'entend plus parler depuis une première tentative de propulsion d'un bateau sur la Newa.

Celui de M. Froment, plus modeste dans ses prétentions, se borne à faire marcher un tour, et sa force n'avait pas encore été complétement vérifiée à l'époque de l'exposition. Il se compose en principe d'un axe vertical sur lequel sont adaptés un certain nombre de rayons terminés chacun par un aimant temporaire, mis en communication avec une source d'électricité voltaïque. Un nombre égal d'autres aimants temporaires, mais fixes, sont en communication avec la même source ; un commutateur, convenablement disposé, renverse le courant dans chaque aimant, de manière à les faire se repousser ausstiôt que leur attraction réciproque les a mis en présence. Mais, lorsque les aimants mobiles ont parcouru la moitié de l'espace qui sépare les aimants fixes, un nouveau renversement du courant leur rend leur premier état pour les faire s'attirer de nouveau et rendre ainsi le mouvement de rotation continu.

M. Breton (2) exposait aussi un appareil électro-dynamique, mais fondé sur un autre principe.

Deux aimants temporaires fixes sont placés en regard des deux

(1) Médaille de bronze.
(2) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

extrémités du diamètre horizontal d'une roue dont la circonférence est armée de distance en distance de morceaux de fer doux.

Les choses sont disposées de manière que, lorsqu'un fer doux est en présence de l'un des aimants, l'autre aimant se trouve en regard de l'intervalle qui sépare deux morceaux de fer.

Lorsque, dans ces conditions, ce dernier aimant est traversé par le courant, et attire le morceau de fer le plus voisin, l'autre aimant est passif, et, réciproquement, le premier redevient actif au moment où le fer doux est en présence du second, qui devient passif à son tour. La vitesse acquise par la roue lui fait franchir le point mort qui résulterait de la position de la roue, au moment où se fait le renversement. On comprend que cette condition limite nécessairement la force de l'appareil, quelle que soit l'énergie de la source électrique. L'appareil de M. Breton faisait mouvoir une très petite pompe. Son exposition se composait d'autres appareils électriques sur lesquels je n'ai pu avoir de renseignements suffisants pour en entretenir vos lecteurs.

Mais je ne quitterai pas cette question sans dire que le premier appareil électro dynamique, exécuté en France, et annonçant la probabilité d'une application utile de l'électricité comme force motrice, est de M. Tranchard, aujourd'hui président du tribunal de Vouziers. Il se compose d'un axe vertical, autour duquel sont disposés en rayons six aimants permanents, alternativement de signe contraire, et d'un seul aimant temporaire disposé de manière que ses deux extrémités sont placées sous les extrémités de deux aimants diamétralement opposés. Lorsque le courant traverse l'aimant temporaire, ses deux bobines sont aussi de signe contraire; elles attirent chacune leur aimant, qui, au moment où il se trouve au-dessus, resterait en place, si un commutateur ne renversait le courant, et ne déterminait la répulsion des aimants permanents par les aimants temporaires, en rendant ceux-ci de signes semblables. Des renversements successifs du courant rétablissent l'attraction et la répulsion aux moments convenables pour continuer le mouvement de rotation commencé. Cet appareil a, depuis, été exécuté par M. Deleuil, auquel j'avais confié le petit modèle que m'avait donné M. Tranchard.

Tous vos lecteurs connaissent, au moins de nom, le *diagraphe* de M. Gavard, dont le principe, emprunté au père Nicéron, consiste à faire suivre, à distance, les contours d'un modèle quelconque par un index suspendu à un appareil dont les mouvements, sur un plan horizontal, sont la reproduction exacte des mouvements de l'index dans le plan vertical, ou, si l'on veut, dont les mouve-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ments horizontaux imprimés à la main sont traduits par l'index dans un plan vertical. Un crayon fixé à l'appareil trace sur le papier des contours réduits semblables à ceux qu'on fait parcourir à l'index.

M. Gavard fils exposait des diagraphes dont le viseur, ordinairement formé d'une plaque portant un petit trou, est remplacé par un microscope qui permet de dessiner en grand de très petits objets; mais cet appareil a cela de particulier, que la grandeur de l'image dessinée ne dépend pas du grossissement, qui ne sert qu'à faire voir l'objet. Elle est uniquement la conséquence des rapports de distance établis, à volonté, entre deux points d'articulation du microscope, de sorte que, ces rapports restant les mêmes, le changement de grossissement ne modifierait en rien la grandeur du dessin.

A propos de microscopes, n'oublions pas ceux de M. Nachet (1), auquel on doit les plus petites lentilles achromatiques, et par conséquent les plus forts grossissements qu'on ait pu obtenir jusqu'ici. On comprend difficilement comment d'aussi petits morceaux de verre peuvent être exécutés dans des conditions de précision aussi rigoureuses que le sont les objectifs achromatiques de M. Nachet, dont la réputation est bien justifiée par l'empressement des microscopistes à se procurer ses jeux de lentilles.

M. Nachet présentait aussi des microscopes qui offraient une particularité, pour ainsi dire, paradoxale, mais fort commode pour les expérimentateurs. Au contraire des microscopes ordinaires, plus on augmente le grossissement, plus le foyer s'allonge, ce qui permet de disséquer facilement les objets soumis à l'observation, l'expérimentateur n'étant plus gêné par le voisinage de l'objectif qui touche presque l'objet, dans les microscopes ordinaires. Ces propriétés sont dues à l'emploi d'un oculaire concave, comme dans les lorgnettes d'opéra, ce qui a le très petit inconvénient de rétrécir le champ.

Je vous signalerai, par la même occasion, les excellentes préparations d'objets microscopiques exposées par M. Bourgogne (2), qui s'est fait en ce genre une grande réputation d'habileté bien justifiée par l'empressement des amateurs à se les procurer.

Parmi les nombreux appareils destinés à faciliter la reproduction des dessins, aucun ne se présentait plus modestement ni avec plus d'avantages que deux petits instruments exposés par M. Guenet (3), secrétaire de M. Pouillet, et qui, bien que présentant au premier

(1) Médaille de bronze.
(2) Médaille de bronze.
(3) Médaille de bronze.

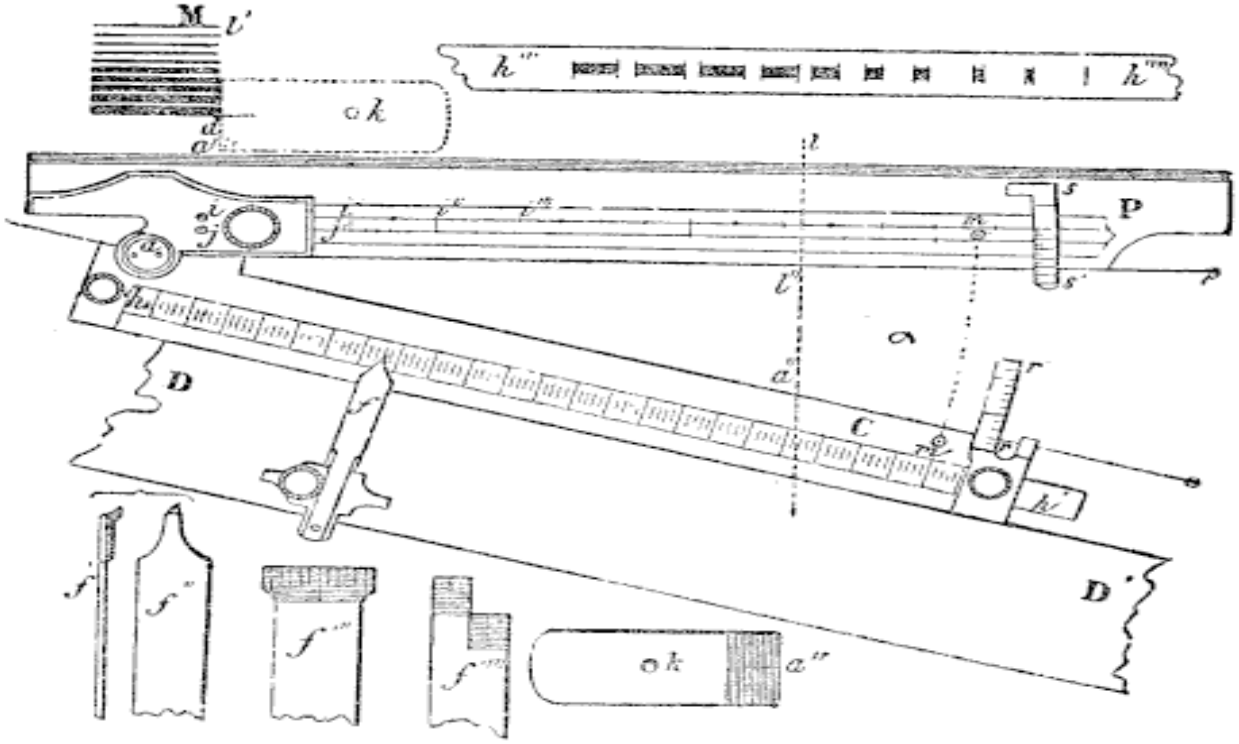
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

coup d'œil des différences assez notables de construction, sont cependant destinés à résoudre les mêmes problèmes.

Je vais essayer de donner la description du plus simple des deux. Il a quelque ressemblance avec l'ancien compas de proportion, dont il possède toutes les propriétés. Mais il en diffère essentiellement en ce sens que les résultats cherchés se tracent directement sur le dessin même, et n'ont pas besoin d'y être rapportés un à un, par points, avec un compas auxiliaire, et qu'une seule opération donne, à la fois, les points cherchés, et très souvent les lignes qui doivent passer par ces points, avec une précision remarquable.

La figure 24 représente l'instrument avec quelques uns de ses appendices de rechange.

F 24.



La pièce principale est une fausse équerre C *a* P que M. Guenet appelle *angle variable*, dont P et C sont par conséquent les *côtés*, et qui est destinée à glisser le long d'une règle *directrice* DD', en conservant son côté C toujours appuyé contre elle.

En faisant stationner cet *angle* en divers points de sa course, et en traçant des lignes avec un crayon, guidé par le bord du côté P, ces lignes seront droites et parallèles entre elles.

Les deux règles *a* P et *a* C sont assemblées au point *a* par une charnière analogue à celle des têtes de compas ordinaires. Elles peu-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent donc s'ouvrir plus ou moins, former même un angle droit, si cela est nécessaire ; et, pour leur faire conserver les diverses positions angulaires qu'on peut avoir à leur donner, on augmente le frottement des pièces d'assemblage de la charnière, au moyen d'un écrou moleté, placé un peu au-delà du centre *a*.

D'apres ce qui précède, on voit facilement qu'en faisant mouvoir l'instrument de droite à gauche, le côté P s'élèvera parallèlement à lui-même, et coupera ainsi une ligne $a''\ l''$ en divers points, d'autant plus éloignés que le côté *a* C aura été transporté plus loin le long de DD'.

On peut prouver qu'en appelant c, c', c'', etc., les divers chemins successivement parcourus le long de DD' par le côté C, et p, p', p'', etc., les espaces correspondants parcourus par le côté P sur la ligne $a''\ l''$ supposée perpendiculaire, on aurait les relations :

$$\frac{\sin \alpha}{R} = \frac{p}{c} = \frac{p'}{c'} = \frac{p''}{c''}, \text{ etc.}$$

α étant l'angle $p\ a\ c$.

La première conséquence que l'on peut tirer de ces relations, c'est que, si l'on établit, *à priori*, un certain rapport entre les espaces c, c', c'', le même rapport existera entre les espaces p, p', p'', déterminés sur $a''\ l''$. Si, par exemple, les espaces c, c', c'' étaient égaux, les espaces p, p', p'' le seraient aussi.

La deuxième conséquence est que, si α est tel que $\frac{\sin \alpha}{R}$ soit égal à 2/3, 1/100, chacun des espaces p sera les 2/3 ou le 1/100 de son correspondant c.

Il reste à indiquer comment, pour utiliser ces propriétés, on peut mesurer, déterminer les chemins c, c', etc., faits le long de DD', et comment on peut construire, avec l'instrument, des angles dont les sinus soient des fractions usuelles, ou même des fractions quelconques de l'unité.

Les chemins c de l'instrument, le long de DD', se mesurent au moyen de réglettes graduées $h\ k'$, qui se placent dans une rainure longitudinale creusée dans l'épaisseur du côté C, où elles sont retenues par deux petites vis de pression, placées en h à chaque extrémité de la rainure. Ces réglettes peuvent être en cuivre, ou bien en carton, et même en papier. Mais il est utile que les divisions des réglettes en bois ou en cuivre soient marquées un peu profondément, pour présenter, en passant sous l'index, un effet de crémaillère dont l'utilité se reconnaitra bientôt.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La règle directrice DD' porte, vers son milieu, un index f (représenté détaché et sous deux faces en $f\,f'$), maintenu solidement en place par une vis de pression, qui permet de le reculer, de l'avancer ou de le remplacer par d'autres représentés en $f'\,f''$. Le plus en usage est terminé en pointe, et est garni, à son extrémité, d'un petit couteau destiné à entrer dans les divisions des réglettes avec lesquelles il forme une espèce d'encliquetage. En faisant glisser l'instrument sous l'index, sur lequel un doigt de la main gauche appuie légèrement, on sent les vides ou creux de ces divisions s'arrêter sous cet index qui détermine ainsi des positions exactes de l'instrument lorsqu'il doit servir à diviser une ligne en parties égales ou proportionnelles à des nombres donnés. Ces nombres, bien entendu, ne doivent pas être plus grands que celui des divisions gravées sur les réglettes. Cependant on peut, pour ainsi dire, décupler ce dernier, en employant l'index f' qui doit alors former vernier ou nonius, avec les divisions tracées sur la réglette. Si cette dernière porte 200 millimètres, par exemple, avec le vernier, on pourra représenter des nombres au-dessous de 2000, et si, en outre, l'ouverture de l'instrument est telle que $\frac{\sin \alpha}{R} = \frac{1}{100}$, il est évident que le mouvement de P, parallèlement à lui-même, ne sera plus, pour chaque dixième de millimètre, indiqué par le vernier, que la millième partie du millimètre, grandeur inappréciable aux meilleures loupes. Mais il n'en est pas moins vrai que, dans ce cas, la position de P se trouve déterminée à ce degré d'exactitude, et que l'instrument présente ainsi une échelle très applicable à la construction des plans (1).

L'index f''' est double ; il s'emploie avec les bandes de papier ou de carton, et il donne, sans déplacement, les indications qui peuvent être tracées sur deux ou trois lignes parallèles d'une même réglette, et qui peuvent représenter les longueurs et les largeurs d'un même dessin à réduire.

Pour ouvrir l'instrument de manière qu'il réduise dans le rapport de 1/10 ou dans un rapport plus petit, on a recours aux deux

(1) La facilité de diviser, en 1,000 parties, et par une seule opération, toute ligne considérée comme rayon, donne donc le moyen de construire des angles ou de les évaluer en degrés, en minutes, avec une assez grande précision. Si la ligne à construire était très grande, relativement à l'instrument ; si, par exemple, on voulait construire $0^m,53475$, on porterait d'abord sur une droite 53 cent. auxquels on ajouterait $0^m,00475$ que l'instrument, ouvert au dixième, donnerait avec sa réglette et son vernier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

petits arcs en cuivre s,s' et r,r', rivés sur les extrémités des côtés aP et aC, et dont le centre est en a : chacun de ces arcs est gradué, et lorsque l'instrument est fermé, les divisions marquées r et s', r' et s se correspondent, et ces divisions sont telles que les angles qu'elles représentent, comptés du point r, ont pour sinus les fractions décimales 0,01, 0,02....0,10 du rayon. Les graduations de l'arc ss' ont pour index la ligne r' de l'autre arc; elles donnent des angles dont les sinus sont 1/10, 1/11, 1/12.... 1/30 du rayon.

On détermine l'ouverture de l'instrument, pour des angles plus grands, au moyen des distances $ii',ii''...jj',jj''$. Les premières sont des cordes telles, qu'étant portées de m en n, les sinus de α soient 0,10, 0,15,0,20....0,85 ; les secondes, portées au même point, donnent les fractions ordinaires 1/10, 1/9, 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 3/4 etc.

Lorsque l'instrument est fermé, l'angle man est de 5°, et les bords extérieurs des règles aP et aC sont parallèles.

Pour construire un angle α, dont le sinus serait 26/97, on ferait mouvoir le côté C sous l'index jusqu'à la rencontre de la 97e division de la réglette, et l'on ferait varier l'ouverture de l'instrument, jusqu'à ce que, dans le même temps, le côté P eût pu parcourir 26 divisions portées d'avance sur la ligne $a''l''$; ajustement qui n'exige que très peu de temps, le sinus 26/97 (ou 0,26804123.) appartient à un angle de 15° 32',52"

Voici quelques exemples d'application de cet utile instrument à la reproduction des dessins.

Soit M une série de hachures que l'on veut reproduire à la même échelle, ou à une échelle plus petite. Après avoir placé, dans la rainure hh', une bande de papier blanc, on choisira pour ouverture des côtés de l'instrument, un angle tel que, pour faire passer le côté P sur toutes ces hachures de a' en l, il ait fallu faire parcourir au côté C, le plus grand chemin possible. Puis, faisant stationner les bords du côté P sur toutes les lignes à reproduire, on tracera, chaque fois, sur le papier, la ligne correspondante, en se servant de l'index $f''f'$. Les lignes à reproduire sont, bien entendu, les lignes limites de la largeur de chaque hachure; et, pour trouver avec plus de précision les lignes correspondantes sur la réglette, au lieu de placer le bord de la règle P sur ces lignes en a, on peut se servir du petit morceau de cuivre à biseau, représenté en k sur lequel on a tracé une ligne très fine a' et que l'on place comme l'indique la figure ponctuée à droite de M. Ce n'est plus alors le bord de la règle P placé en b qui vient en contact avec les hachures, mais la ligne fixe a' qui monte à mesure que l'instrument chemine vers la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gauche. Le tracé de la réglette de papier, étant terminé, présentera alors les épaisseurs des hachures considérablement agrandies, comme on le voit en $h'h''$, et il est évident que, pour reproduire les hachures M, il n'y a plus qu'à faire repasser sous l'index f la réglette h', h''. Si l'on voulait réduire le dessin, il faudrait diminuer l'angle α, et l'on pourrait un peu l'augmenter en augmentant au contraire cet angle. Les réglettes telles que h', h'', s'appellent des *types*. On conçoit, en effet, que, si on avait tracé, sur une réglette semblable, le profil d'une colonne d'un ordre quelconque, puis les largeurs, diamètres, saillies des bases, chapiteaux, etc., dans leurs proportions, une fois ce type construit, on pourrait copier immédiatement cette colonne et la réduire dans tous ses détails, en limitant seulement une des dimensions qu'elle doit avoir.

En divisant une demi-circonférence en un nombre $4n$ de parties égales, et en projetant, sur son diamètre, tous les points de division, on forme une réglette très utile pour construire des ellipses dont les diamètres conjugués seraient donnés de grandeur et de position, ou seulement les axes. Une pareille réglette sert également à représenter des roues dentées de divers nombres de dents et vues de champ.

Le second instrument de M. Guenet diffère de celui que je viens de décrire, en ce que, à l'exception du côté P, toutes les pièces sont en métal. Le côté P peut prendre toutes les inclinaisons possibles dans le plan horizontal, et même se mettre en contact parfait avec des portions de surfaces peu inclinées par rapport au plan de la règle directrice. Cette dernière est en fonte et a une longueur de 50 cent. Elle est garnie d'une crémaillère en bronze remplaçant les réglettes graduées en parties égales, et d'un mécanisme très simple, au moyen duquel on fait marcher en avant ou en arrière l'*angle matériel*. On supprime à volonté l'action de la crémaillère, lorsqu'on veut conduire à la main le côté P : l'instrument fonctionne alors comme un T qu'il remplace complétement sans cesser d'être lié à la règle. Enfin, une autre rainure reçoit des réglettes plus longues, plus larges, ou des cartons. On s'est réservé le moyen d'y adapter des verniers variables suivant les échelles employées, et de fixer solidement la règle sur la table par des pointes placées à chaque extrémité.

L'appareil géométrique de M. Guenet m'amène naturellement à parler de l'appareil arithmétique de M. le docteur Roth, au moyen duquel on exécute mécaniquement, avec sécurité, les deux opérations les plus fastidieuses de l'arithmétique, l'*addition* surtout, et la *soustraction*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il se compose extérieurement d'une longue boîte de quelques centimètres d'épaisseur, sur l'une des faces de laquelle sont pratiquées un certain nombre de rainures demi-circulaires, laissant apercevoir chacune les dents d'une roue. En face de l'intervalle qui sépare chaque dent, et sur le bord concave de la rainure, est un chiffre, dans l'ordre suivant, de gauche à droite 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0. Une autre série de chiffres dans l'ordre inverse, est gravée sur le bord convexe. Au-dessus de la courbe concave de la rainure est un guichet dont la moitié est recouverte par une projection appartenant à une coulisse qui traverse toute la longueur de a boite. En tirant ou en poussant cette coulisse, on couvre ou on découvre l'une ou l'autre moitié de chaque guichet. La moitié supérieure sert pour l'*addition ;* la moitié inférieure pour la *soustraction.* La première rainure à droite est consacrée aux *unités*, la suivante vers la gauche, aux *dizaines*, la troisième aux *centaines*, etc. Une double rangée de chiffres correspondant aux deux moitiés du guichet est gravée sur chacune des roues dont les dents s'aperçoivent à travers les rainures circulaires. Cette double rangée de chiffres suit un ordre inverse l'une de l'autre.

Voici comme on procède pour *l'addition.*

Tous les guichets présentant des zéros on engage une pointe, fixée à l'extrémité d'un petit manche, entre deux dents, dans l'intervalle qui correspond, du côté concave, au premier chiffre de la colonne des unités, et on pousse la roue vers la droite, jusqu'au bout de la rainure. Le guichet des unités montre alors le même chiffre que celui que la pointe a attaqué. On engage alors cette même pointe en face du chiffre des unités de la seconde somme, et on pousse de même la roue. Le guichet des unités fait voir aussitôt le chiffre représentant la somme des deux premiers, et ainsi de suite pour toutes les unités de chaque somme à additionner. Mais aussitôt que la somme des chiffres ainsi additionnés dépasse 9, le guichet des dizaines montre le chiffre 1, puis le chiffre 2, si la somme des unités dépasse deux dizaines, et ainsi de suite. Lorsque le nombre des dizaines dépasse 9, le guichet des centaines se comporte de la même manière, en offrant un nouveau chiffre à la vue, chaque fois que la somme atteint *dix dizaines.* Il en est de même pour tous les guichets successifs que peut comporter l'appareil.

Lorsque la colonne des unités est épuisée, on passe à celle des dizaines, puis à celle des centaines, et ainsi de suite, en faisant sur chacune les mêmes opérations. Enfin, lorsque l'addition de la dernière colonne est terminée, on lit, sur chaque guichet de l'in-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

strument et de gauche à droite, dans l'ordre ordinaire, le total des sommes additionnées.

On peut également procéder successivement par sommes entières, c'est-à-dire prendre dans chaque rainure, et successivement, tous les chiffres appartenant à une même somme, et en commençant indifféremment par la droite ou par la gauche ; le résultat sera le total des sommes successivement *écrites*, par la pointe, dans chaque rainure.

La soustraction se fait exactement de la même manière, avec cette différence seulement qu'on se sert de l'autre moitié du guichet et qu'on prend les chiffres sur le bord convexe des rainures.

Ceux de vos lecteurs qui ont quelques notions de mécanique ont déjà compris que, lorsque la pointe, en faisant tourner la roue, amène un zéro devant le guichet, une disposition de sautoir détermine, dans la roue suivante, un mouvement qui fait passer un nouveau chiffre devant son guichet. Mais ce sautoir, pour fonctionner, dépense une certaine force qui se multiplie par le nombre de sautoirs que la marche de l'opération peut amener à fonctionner en même temps. Supposons, par exemple, que l'appareil ait dix guichets et que l'opération ait amené devant chacun d'eux les chiffres suivants 0,9,9,9,9,9,9,9,9,9, si on a maintenant une seule unité à ajouter à cette somme, il est évident que, cette unité ajoutée au premier 9 à droite, déterminera le sautage des huit autres et celui du zéro pour produire la somme 1,000,000,000. Mais l'effort à faire pour déterminer ces dix sautages sera dix fois plus grand que pour en produire un seul. Non seulement la main pourra être fatiguée dans une longue opération où ces sautages plus ou moins nombreux sont fréquents ; mais, comme tout l'effort porterait d'abord sur la première roue, le détraquement de la machine en serait probablement la conséquence inévitable. C'est surtout cet inconvénient qui a fait renoncer à la machine à calculer de Pascal, qui fatiguait notablement l'opérateur et se détraquait rapidement.

L'appareil de M. Roth en est complétement exempt. Les choses y sont disposées de manière qu'à chaque chiffre qui passe devant un guichet, un petit ressort est armé d'un dixième de la plus grande tension qu'il pourra recevoir, qu'une pièce qui lui appartient échappe, au moment où le zéro se présente à son guichet, et va agir sur la roue suivante pour faire passer un chiffre, et bander le ressort propre de cette roue d'un dixième. Cette disposition ne modifie en rien la dépense totale de la force employée ; mais elle la répartit avec une régularité telle, que la main de l'opérateur ne s'en aperçoit pas. Il en résulte que, dans l'exemple précédent, la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

main n'a d'autre effort à faire que celui qui bande, de son dernier dixième, le ressort des unités, et que tous les autres, arrivés aux neuf dixièmes de leur dernier bandé, agissent successivement les uns sur les autres aussitôt que le second a reçu l'action du premier.

M. Roth fait sentir la différence qui existe entre son mécanisme et celui de Pascal par une expression aussi pittoresque qu'exacte. La machine de Pascal, dit-il, fait un *feu de bataillon*, et la mienne un *feu de file*.

Lorsqu'une opération est terminée, une pièce armée d'un bouton qu'on tire amène le zéro dans tous les guichets.

Cet appareil peut aussi servir de compteur, et s'appliquer, comme celui de M. Garnier, à l'enregistrement des périodes de mouvements d'une machine quelconque.

M. Roth exposait également une machine à multiplier et à diviser dont il me serait impossible de donner même une idée succincte à vos lecteurs, sans y consacrer beaucoup de pages et beaucoup de figures. Il me suffira de dire qu'elle atteint très bien son but, mais que son prix élevé n'en permettra jamais l'usage à ceux auxquels elle pourrait être utile. Aussi M. Roth, pour y suppléer, a-t-il imaginé une espèce de tableau dont quelques parties sont mobiles, et qui permettra de transformer, au moyen de l'appareil que j'ai décrit, la *multiplication* en *addition*, et la *division* en *soustraction*. Ce tableau n'a point encore reçu une publicité suffisante pour que je puisse entrer à son sujet dans l'examen des détails qu'il comporte.

Je dois enfin ajouter que l'exécution des machines de M. Roth est due à M. Deshays, dont j'ai déjà eu l'occasion de signaler plusieurs fois l'habileté à vos lecteurs.

L'aréométrie était particulièrement représentée par deux exposants bien connus par de nombreux perfectionnements apportés par eux aux instruments en verre.

M. Bodeur (1) présentait des thermomètres dont la lecture est rendue beaucoup plus facile par une petite bande d'émail incorporée au tube de verre, et qui fait nettement apercevoir l'extrémité de la colonne de mercure dans les thermomètres capillaires. L'échelle des aréomètres, au lieu d'être exécutée sur papier roulé dans le tube de verre, est tracée sur une feuille de métal mince, dont la position est conservée dans le tube par le ressort propre à cette lame. Il en résulte que l'instrument peut être impunément plongé dans des liquides à hautes températures, sans risquer d'être mis hors de service comme les aréomètres à échelle en papier. Non seulement une

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

empérature élevée fait fondre la cire, et l'échelle se déplace, mais souvent même elle produit dans le papier une torsion, un raccourcissement qui exige la construction d'une nouvelle échelle. Ces graves inconvénients disparaissent dans l'emploi des échelles métalliques, qui ne peuvent ni glisser, ni se raccourcir, et qui conservent une exactitude invariable à l'instrument.

Le *thermo-baromètre* de M. Bodeur est une heureuse simplification d'appareils dont l'invention remonte aux Amontans, aux Boyle, qui imaginèrent un nombre considérable de dispositions pour vérifier l'assertion de Galilée sur la pesanteur de l'air, et confirmer les expériences de Torricelli et de Pascal.

L'instrument de M. Bodeur se compose, en principe, de deux thermomètres, l'un à mercure, l'autre à air. L'index de ce dernier est le sommet d'une petite colonne de mercure. Tous deux sont étalonnés sous la pression barométrique moyenne. L'appareil, maintenu à une température constante, est soumis à des pressions diverses et connues, qui font varier l'index du thermomètre à air. L'intervalle donné par les plus grandes variations est divisé en parties correspondantes aux millimètres du baromètre. Ces divisions sont alors posées sur le bord extérieur d'un anneau tournant dan un cercle divisé, puis sur le bord intérieur du même anneau sont portées les divisions correspondantes aux degrés du thermomètre à mercure.

Voici de quelle manière on se sert de cet appareil :

Supposons que le thermomètre à mercure indique 15°, et le thermomètre à air 17°, on met la flèche de la division, indiquant la pression moyenne 760 sur la division 15, et on lira, vis-à-vis la division 17 de l'anneau, le chiffre 757, correspondant à la pression barométrique 757 millimètres. Ces indications sont suffisamment approchées pour l'usage ordinaire, et l'exiguïté de l'instrument permet de l'appliquer aux pendules de cheminée, ou dans tout autre point d'un cabinet.

M. Bodeur exposait un autre instrument ayant le même but, mais plus volumineux.

C'est un thermomètre à air dont le tube est plié en cercle. L'appareil, mobile sur un axe horizontal, tourne de manière que l'index de mercure occupe toujours la partie la plus basse du cercle. La différence, entre les indications de ce thermomètre réglé pour une pression constante, et celle d'un thermomètre à mercure, que porte le pied de l'instrument, fait connaître la pression barométrique, toutefois avec une correction de calcul qu'on atténue, en donnant un grand volume à la boule. Malgré ses ingénieuses dispositions,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cet instrument ne peut donner que des indications approchées ; le frottement sur l'axe, celui de l'index de mercure dans le tube, un défaut d'équilibre, sont autant de causes d'inexactitude qui n'en permettraient pas l'emploi dans des recherches précises et délicates.

M. Bunten (1) exposait un instrument appelé *sympiézomètre*, qui est théoriquement le même appareil que le premier décrit de M. Bodeur, avec cette différence importante, que le réservoir du thermomètre à air est logé dans le réservoir d'un thermomètre à alcool. Le liquide du thermomètre à air, à la fois très léger et peu vaporisable, permet d'avoir des divisions barométriques beaucoup plus grandes, qui se lisent immédiatement vis-à-vis du sommet de cette colonne, après qu'on a eu porté l'index d'une échelle mobile sur l'échelle du thermomètre à air au degré indiqué par le thermomètre à alcool.

Quoique plus volumineux que le thermo-baromètre, cet instrument est assez petit pour servir de baromètre marin.

M. Silbermann aîné, dont j'ai déjà fait connaître à vos lecteurs les ingénieux appareils d'optique, a apporté au sympiézomètre des modifications importantes qui rendent cet instrument d'un usage plus sûr, et dispensent des fastidieuses corrections qu'on est obligé de calculer dans les recherches délicates où l'on fait usage du baromètre, et où il faut tenir compte des dilatations dues à la température, du verre, du mercure, et même du cuivre de l'échelle, ainsi que de celle de l'air enfermé dans les instruments dont nous nous occupons.

Au moyen de ces modifications, les indications se lisent au croisement d'un fil tendu obliquement, et d'un second indicateur horizontal, glissant parallèlement à lui-même sur l'échelle des divisions barométriques. Cette lecture est définitive, et n'exige aucune correction, parce que, dans la confection de l'instrument, des pressions diverses ont dû être mécaniquement exercées sur l'instrument à des températures extrêmes, et ramenées cependant à zéro. De sorte que la pression indiquée est nécessairement celle du baromètre ramené à zéro. Dans ces conditions, le sympiézomètre devient un instrument d'un haut intérêt, à cause de l'extrême facilité de son emploi, et surtout de sa rigoureuse exactitude, qui dispense l'observateur des calculs minutieux de corrections qui font souvent perdre un temps précieux.

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Instruments de musique.

Jusqu'à présent j'ai pu fournir ma tâche laborieuse avec quelque assurance ; le terrain où se portaient mes pas un peu vagabonds avait quelque solidité, et je ne risquais pas trop fréquemment de m'égarer dans les parties du labyrinthe où m'ont entraîné mes premières investigations. Mais où trouver l'Ariane dont le fil secourable puisse me guider dans cette portion la plus inextricable du dédale industriel ? Quel nouveau Prométhée me prêtera son flambeau pour porter la lumière dans ce chaos où se heurtent tant d'ambitions rivales, où s'accomplissent tant de mystérieuses roueries, où le charlatanisme trône avec tant d'impudeur sur des monceaux de réclames mensongères ? Et, d'un autre côté, ne dois-je pas craindre qu'en portant ce flambeau trop près de matières si combustibles, je n'allume un vaste incendie où se consumerait, avec les réputations usurpées, le mérite modeste que ma faible main ne pouvait tirer à temps de la conflagration générale?

Essayons, cependant; et, avant tout, dévoilons, sinon la cause unique, du moins la cause principale du mal que la force de la vérité m'oblige à signaler. Le remède n'est pas toujours loin quand la maladie est bien connue.

Aucune industrie, parmi tant d'industries déloyales, ne pousse aujourd'hui l'oubli de toute probité aussi loin qu'une industrie qui ne figure pas au livret, et qui parvient à se faire un revenu considérable aux dépens des dupes, auxquelles elle sait habilement s'imposer; le professorat musical, en un mot, qui, se posant en arbitre souverain du mérite des instruments, n'en laisse sortir aucun des magasins du facteur sans prélever sur lui un impôt qui va souvent jusqu'au tiers et plus de la valeur marchande.

Aucun moyen, pour le facteur, de se soustraire à son insolente rapacité. S'il ose marchander avec les pirates de l'industrie, sa maison est bientôt mise à l'*index*. Ses instruments sont cités partout comme détestables, comme manquant de solidité, de son, d'éclat, etc., etc. Les qualités particulières que ses instruments peuvent avoir leur sont impudemment déniées, et attribuées, sans vergogne, aux instruments du facteur qui fait la plus forte remise. Et ne croyez pas que la mère de famille qui, connaissant la probité d'un facteur, a osé se passer de l'intermédiaire obligé pour acheter un piano à sa fille, aura soustrait le fabricant à l'impôt qu'elle-même aurait payé en définitive. Non, la remise est due, quand même, au professeur : il viendra hautement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la demander comme un droit imprescriptible ; et, si le facteur, qui a vendu le piano à sa juste valeur, ne sait pas faire un sacrifice, l'instrument, constamment déprécié devant l'élève, devant sa famille, quelquefois détraqué par la malveillance du professeur, est bientôt considéré comme mauvais, et ne tarde pas à être échangé contre l'excellent piano de l'habile facteur qui a le bon esprit d'accepter l'autocratie du professorat.

Qu'on ne m'accuse pas ici d'avoir voulu charger les traits du déplorable tableau que je viens de tracer, d'avoir peint quelques honteuses exceptions, pour en conclure l'immoralité générale. Malheureusement, je ne fais ici que de la médisance, et ces habitudes sont tellement passées dans les mœurs musicales, elles tiennent si essentiellement à la profession d'artiste que ces quelques lignes arrachées à mon indignation, ne soulèveront, j'en suis certain d'avance, aucune controverse, quant à l'exactitude des faits, et que le monde artistique ne s'étonnera que de mon audace à lui dénier un droit qui lui paraît imprescriptiblement acquis.

La conséquence forcée d'un pareil état de choses est que la majorité des facteurs, voyant l'impossibilité de réussir par les moyens honorables, par la bonne qualité des produits, subissent le patronnage des artistes ; et, certains de tout vendre à l'aide de cette protection intéressée, se contentent de soigner les conditions *apparentes* de l'instrument, dédaignent d'y apporter des perfectionnements réels, et ajoutent, par de menteuses réclames, aux éléments d'une réputation usurpée.

Ce désolant tableau est plus particulièrement celui de la fabrication des *pianos* par laquelle je vais commencer ma revue des instruments de musique. Mais, avant de l'entreprendre, je ne crois pas sans intérêt pour vos lecteurs de la faire précéder d'un précis succinct de l'histoire de cet instrument, dont j'emprunte les principaux traits à l'obligeante érudition de M. Anders, qui, comme on le sait, a fait de nombreuses recherches sur l'histoire des instruments de musique.

Dans le moyen-âge, on employait, à régler l'intonation du chant, un instrument appelé *monocorde*, parce qu'il était en effet composé d'une corde unique, tendue entre deux supports, et sous laquelle on faisait glisser un ou plusieurs chevalets qui, divisant la corde en parties aliquotes, déterminaient le son que chaque partie de cette corde donnait, en la pinçant avec le doigt. Plus tard, à ces chevalets incommodes à déplacer avec la main, on substitua des leviers ou *touches*, dont l'extrémité était armée d'une lame qui, soulevée par le levier, opérait non seulement la division de la corde,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au point où elle venait la toucher, mais encore la faisait vibrer par le choc léger qu'elle lui imprimait. Peu à peu, on augmenta le nombre des touches, puis celui des cordes; on plaça le tout dans une petite caisse, et l'on eut enfin le *clavicorde*, auquel la routine conserva longtemps le nom de *monocorde*, et qui existe encore, d'après M. Anders, dans quelques contrées du nord de l'Allemagne. L'instrument décrit par le père Mersenne, sous le nom de *manichordion*, n'était autre chose que le clavicorde allemand.

On comprend de quelle faiblesse étaient les sons produits par une corde frappée justement au point où elle se divise, où elle n'a aucun mouvement sensible, sur le *nœud* de vibration, en un mot. Pour obtenir des sons plus forts, on inventa des *sautereaux*, petits prismes verticaux en bois, garnis d'une pointe de plume qui pinçait la corde lorsque la touche correspondante soulevait le sautereau, en obéissant à l'impulsion du doigt. Ces instruments reçurent le nom d'*épinettes*, à cause de ces pointes ou *épines* qui attaquaient la corde.

Pour en augmenter la force, on agrandit le volume de la caisse, à laquelle on donna une forme triangulaire, semblable à celle de nos pianos à queue, et l'instrument prit le nom de *clavessin*. Il fut longtemps le roi des instruments à touches, et n'a été complétement détrôné que dans la seconde moitié du XVIIIe siècle, après avoir lutté en vain contre un successeur, le piano, qui avait sur lui des avantages incontestables. Dépourvu des moyens de nuancer convenablement les sons, malgré les nombreuses et remarquables améliorations qu'il subit successivement, notamment par l'emploi des registres, qui permettaient d'attaquer à la fois une ou plusieurs cordes à l'unisson, le *clavecin* (car l'orthographe a varié) restait sec et monotone. Le piano, au contraire, mettant la corde en vibration au moyen d'un marteau, permettait au musicien de nuancer la force du son par la manière dont il attaquait les touches. Mais tel est l'esprit de routine, ou plutôt d'antagonisme à tout ce qui tend à se substituer aux habitudes contractées, qu'en 1763, les protecteurs du clavecin prédisaient encore au piano le sort que madame de Sévigné prédisait à Racine et au café, et prétendaient que le bon sens public ne pouvait manquer d'en faire prompte justice. Mais le bon sens public, aidé du génie de quelques facteurs habiles, donna enfin gain de cause au piano.

La première pensée de substituer des marteaux aux sautereaux du clavier paraît appartenir à Bartolommeo Cristofali de Padoue, qui, en 1711, construisit à Florence trois instruments sur ce principe. Un journal italien de cette année en publia la description sous

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le titre de *Gravicembalo col piano e forte*. Mais les professeurs italiens s'élevèrent contre le nouvel instrument, qui n'obtint pas de succès, et fut bientôt oublié.

Quelques années après, en 1717, l'Allemand Schrœter, qui ne connaissait probablement pas les idées avortées de Cristofali, construisit deux modèles inachevés de piano, que, dans son extrême misère, il présenta, en 1721, à l'électeur de Saxe, dans l'espoir d'obtenir les moyens d'exécuter son instrument. Il n'obtint que des promesses, et réclama vainement ses modèles, qu'on avait gracieusement acceptés. Peu de temps après, divers facteurs essayèrent la construction de cet instrument, et s'en dirent les inventeurs sans reconnaître les droits de Schrœter. Celui qui obtint le plus de succès dans ce pillage fut Godefroy Silbermann, facteur d'orgues à Freyberg, en Saxe, signalé comme le véritable inventeur par plusieurs écrivains qui ignoraient probablement la réclamation publiée par Schrœter, en 1763, pour revendiquer l'honneur de cette découverte. Cette réclamation contient le dessin de l'un de ses modèles, dont le mécanisme fort simple se compose d'un marteau dont la queue se meut autour d'une goupille horizontale, et qui est poussé vers la corde par un pilote vertical implanté sur la touche.

L'autre modèle avait une particularité qui consistait, suivant Schrœter, dans le *placement des marteaux en dessus des cordes ;* mais cette condition ne paraissait pas praticable à son auteur à cause des imperfections résultant du peu de solidité des ressorts destinés à relever le marteau de dessus les cordes : aussi les imitateurs de Schrœter, à l'exception de Hildebrand, qui, vers la fin du siècle dernier, tenta inutilement de faire frapper les marteaux par-dessus, s'en tinrent-ils au système des marteaux en dessous, comme on l'a pratiqué constamment jusqu'au moment où M. Pape, triomphant des énormes difficultés de ce système, en obtint les résultats aussi importants que remarquables dont je parlerai plus loin.

La première application de ces principes, en France, remonte à 1716, où un facteur de Paris, nommé Marius, présenta à l'Académie des sciences quatre *clavecins à maillets* d'une conception grossière, et d'une exécution plus grossière encore, à en juger par les dessins publiés dans le t. III du *Recueil des machines* approuvées par l'Académie : car, dans l'un d'eux, la touche porte directement le maillet, et le musicien devait être obligé de la lancer par un choc sans pouvoir y conserver le doigt, sans quoi le maillet serait resté contre les cordes, comme dans l'ancien clavicorde. Je n'ai pas vu le dessin de Schrœter, que M. Anders considère comme de beaucoup supé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieurs, à ceux de Marius, qui, cependant, malgré leur grossière exécution, renferment nettement le principe de frappement de la corde, et sont antérieurs d'un an au moins à celui de Schrœter.

M. Anders pense, et je suis de son avis, que les premiers pianos étaient à queue, parce que c'était alors la forme des clavecins, instruments les plus parfaits connus. Les dessins de Marius, excepté le premier, sont à queue. Ce ne fut que vers 1758, ajoute M. Anders, que Friederici, facteur d'orgues à Gera, construisit le premier piano de forme carrée. Pour le distinguer du *forte-piano*, ou piano à queue, il lui donna le nom de *fort bien*. Ce nom s'est bientôt perdu pour se confondre avec celui de *piano-forte* ou de *forte-piano*, dont nous avons, pour abréger, fini par faire *piano ;* mais la chose est restée, et bientôt les pianos carrés furent plus nombreux que les autres.

On rencontre encore de vieux pianos carrés, dont la table d'harmonie n'occupe qu'une portion de la caisse, tandis que, dans les pianos plus modernes, cette table la recouvre presque entièrement. Les renseignements que m'a fournis M. Anders ne mentionnent en aucune manière l'époque de cette amélioration, qui nous vient probablement de l'Allemagne.

Je pense, toutefois, que les premiers pianos ont dû être à grande table, puisque les clavecins l'étaient, et que c'est l'introduction des pianos carrés qui a dû la faire raccourcir pour diminuer les difficultés du placement, au-dessous de cette table et au fond de la caisse, du mécanisme de plus en plus compliqué des marteaux. Les tables longues, au contraire, sont constamment restées au piano à queue, dont le mécanisme est placé à l'entrée de la caisse.

Les renseignements de M. Anders ne m'apprennent rien non plus sur l'invention de l'échappement, disposition mécanique modifiée successivement de mille manières différentes, et dont le résultat consiste à déterminer le départ du marteau comme par l'effet d'un choc, bien que le doigt n'agisse sur la touche que par des pressions plus ou moins rapides. A un certain degré d'abaissement de la touche, une pièce du mécanisme *s'échappe* de la position qu'elle occupait, et détermine le brusque départ du marteau, qui, jusqu'à ce moment, n'avait été que soulevé pour le rapprocher des cordes, condition qui fait parler plus vite la corde, donne plus de vigueur au choc du marteau, et permet au musicien une exécution plus rapide et plus nuancée. Mes propres recherches ne m'ont rien fait découvrir sur ce point important de l'histoire des pianos.

Il y a tout lieu de penser que l'échappement est aussi d'invention allemande. Presque partout on voit les premières fabrications du piano être faites par des Allemands. Les premiers facteurs anglais,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui eurent quelque célébrité, les Kerkmann, les Detmer, etc., étaient Allemands. Ils furent détrônés par l'Écossais Broadwood, dont la famille, arrivée à la troisième génération, a eu, jusque vers 1820, le monopole des marchés de l'univers.

Entrons maintenant dans les galeries de l'exposition, et tâchons de nous orienter au milieu des *quatre-vingt-neuf* expositions de pianos, contenant, en moyenne, chacune au moins trois instruments, fréquemment renouvelés par les principaux facteurs, qui, faute de place, ne pouvant exposer, en même temps, toutes les variétés de leur fabrication, les ont fait passer successivement devant le public. L'un d'eux, M. Pape, s'était vu réduit à placer, à côté des trois instruments que contenait son exposition, un tableau contenant les dessins de douze pianos divers, avec l'invitation, aux amateurs, d'aller examiner les instruments eux-mêmes dans ses magasins.

Mais, au milieu du vacarme infernal produit par vingt ou trente musiciens, qui prenaient plaisir à s'empêcher réciproquement d'être entendus, comment juger sainement des qualités de *son* d'un instrument, surtout dans une galerie où tout semblait calculé en dépit des lois de l'acoustique, où les plafonds étaient en toile et en papier, les murailles revêtues de tapis épais, et les portions voisines encombrées par la papeterie? Les étrangers qui n'ont entendu que là les instruments de nos facteurs ont dû en remporter une bien pauvre idée, et doivent penser qu'en France on ne sait faire que des pianos secs et criards, ou bien flasques et mous, suivant la position que chaque instrument occupait dans cette inharmonieuse cacophonie.

Il y a donc, pour moi, force majeure, nécessité absolue de passer sous silence tout ce qui peut se rattacher à cette question; et, l'avouerai-je? c'est sans beaucoup de regrets que je m'abstiens de faire cette comparaison. Le son est comme la couleur, sur laquelle chacun a son goût; le mien pourrait n'être pas celui de la majorité de vos lecteurs. D'un autre côté, mes éloges auraient pu n'avoir pour objet que des instruments fabriqués exprès pour l'exposition, et qui auraient eté loin de donner la mesure des produits habituels d'un facteur. Si j'ajoute enfin que, grâce à une heureuse invention de M. Pape, tout facteur peut, sans difficulté, donner à chaque piano la qualité de son que désire l'acheteur, mon silence sur ce point ne laissera qu'une très faible lacune dans l'examen comparatif auquel je vais me livrer sur les pianos dont il m'a été possible de connaitre plus ou moins exactement les conditions d'exécution matérielle.

Un piano, quelle que soit sa forme extérieure, qu'il soit carré, à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

queue ou droit, contient toujours les mêmes organes fondamentaux, sur lesquels doit principalement porter l'examen que je me propose de faire. Il m'a paru que j'éviterais de longues et fastidieuses répétitions, en même temps que je donnerais plus de clarté à mes descriptions, en n'occupant vos lecteurs que d'une seule chose à la fois, c'est-à-dire en réunissant dans un même groupe toutes les modifications plus ou moins heureuses apportées à un même organe principal, en n'indiquant qu'accessoirement celles qui auraient été motivées par les exigences du format adopté.

Je commencerai donc cet examen par la *table d'harmonie*.

L'organe le plus essentiel d'un piano est, sans contredit, la table d'harmonie, chargée, par ses vibrations propres, d'augmenter l'intensité du son produit par la corde sous la percussion du marteau. Un seul facteur, M. Pape (1), s'en est occupé d'une manière toute particulière, et y a apporté successivement, depuis longues années, d'importantes et avantageuses conditions trop négligées de ses confrères.

Lorsqu'on considère la valeur commerciale d'un piano, indépendamment de son mérite comme instrument, le prix considérable qu'il atteint souvent comme meuble de luxe, on éprouve un sentiment pénible à reconnaître, comme une fatale vérité, que, quelque soin que le fabricant ait apporté dans son exécution, une rapide et inévitable détérioration en diminue graduellement la valeur artistique, à tel point que, suivant une opinion malheureusement trop fondée, les meilleurs pianos perdent, par année, une portion notable de leurs qualités.

Ce déplorable résultat est dû à un vice capital dans les dispositions appliquées généralement dans la construction des pianos ; dispositions en vertu desquelles les conditions de la table d'harmonie manquent de stabilité et éprouvent de continuelles variations.

En effet, si l'on porte une attention tant soit peu réfléchie sur un piano de construction ordinaire, on est frappé de cette circonstance, que tout concourt à refouler la table d'harmonie sur elle-même, par suite d'un tirage constant de sept à huit mille kil. que les cordes exerçent sur les parois de la caisse, et qui, les ramenant en dedans, contre les bords de la table, la refoule sur elle-même quelquefois au point de la briser.

Ce tirage est tellement énergique, et son action est si puissante, qu'il est de règle, dans tous les ateliers, de donner à la caisse, au moment de la fabrication, un *gauche* assez considérable, en sens

(1) Rappel de médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

contraire de celui que doit déterminer le tirage des cordes, qui ne tarde pas à mettre de niveau le plan supérieur de l'instrument; de sorte que, même avant l'entière confection du piano, la table a déjà perdu ses plus belles conditions de sonorité.

La persistance de cette puissante action ne tarde pas, malgré les barrages en fer (1) au moyen desquels on cherche à la contrarier, à produire un nouveau gauche en sens contraire du premier, et qui va toujours en augmentant, détruisant la sonorité de la table. La fin de l'exposition présentait de nombreux exemples de ce gauchissement désastreux.

Les premières tentatives de M. Pape, pour remédier à ce grave inconvénient, eurent lieu en 1826. Il pensa que si, au lieu de ne faire porter les bords de la table que sur quelques points du contour de la caisse, comme la plupart de ses confrères le pratiquent encore aujourd'hui, soit pour le passage des marteaux, soit pour celui des touches du clavier, il les faisait porter solidement sur la totalité de ce même contour, de manière que la résistance de chaque point vint en aide à celle des autres, il apporterait un remède puissamment efficace au voilement de la table.

Mais cette condition était le renversement de toutes les conditions jusqu'alors appliquées; c'était un système tout entier à créer, dont le principe fondamental était le placement des marteaux au-dessus des cordes, au lieu de les faire frapper par-dessous. Cette nouvelle application était hérissée de difficultés que M. Pape ne parvint à surmonter entièrement, qu'après de longs et laborieux essais, mais dont l'accomplissement, sous les formes alors employées, lui procura immédiatement les avantages suivants :

Il put rapprocher la table d'harmonie du fond du piano, et diminuer d'autant l'action refoulante du tirage des cordes, puisque cette action s'opérait sur un bras de levier plus petit. Il put supprimer les arcs-boutants en fer destinés à s'opposer à cette action dans les autres pianos, et par conséquent diminuer le poids de l'instrument sans nuire à sa solidité. Il obtint également plus de sonorité, soit par l'augmentation des dimensions de la table de toute l'étendue de la fente pratiquée antérieurement pour le passage des

(1) Dans une publication sur laquelle je reviendrai plus loin, l'invention de ces barrages est réclamée par la maison Erard, et on en fixe la date à l'année 1822. J'ai, en ce moment, sous les yeux le tome premier du *London Journal of arts*, 1820, qui contient, page 184, une patente de James Tom et William Allen, où se trouvent décrits ces barrages dans des conditions plus avantageuses encore, les cordes ne tirant plus sur les parois de la caisse, mais sur des barres métalliques arc-boutées par ces barrages.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marteaux, soit en laissant à jour le fond de l'instrument formé seulement d'une espèce de grille en bois. Il put enfin attaquer les cordes au point de leur longueur la plus favorable à la bonne qualité et à l'intensité du son, tandis que la construction ordinaire ne permet le choix du point d'attaque qu'aux dépens des dimensions de la table et de la solidité du sommier.

Ces conditions ont parfaitement réussi à M. Pape, qui a exécuté, sur ce principe, près de dix-huit cents pianos carrés dont la solidité ne s'est jamais démentie, et qui, après de longues années de service, conservent toute leur sonorité.

J'ai en ce moment sous les yeux une lettre publiée en 1837, par M. Fétis, directeur du conservatoire de musique de Bruxelles, et dans laquelle il dit formellement qu'un piano de cette construction servait journellement depuis 1832 à exercer des élèves de cet établissement ; et que, malgré le travail incessant de cet instrument, il possédait encore toutes les qualités qui le distinguaient au moment de la livraison.

La hauteur donnée aux premiers pianos verticaux, importés d'Angleterre par M. Pape lui-même, était, en France, un obstacle insurmontable à leur succès. Non seulement ils nuisaient à la voix du chanteur en la répercutant de trop près ; mais, ce qui les faisait absolument proscrire par les dames et par beaucoup d'artistes masculins, c'est que l'exécutant restait entièrement caché à son auditoire. Cependant cette forme est la seule qui, par le peu d'espace qu'elle occupe, peut s'accommoder à l'exiguïté de nos appartements modernes. Réduire la hauteur sans nuire à la qualité et à l'intensité du son, tel est le problème en apparence insoluble que M. Pape a cependant résolu.

En effet, la conséquence forcée de cette diminution était celle des dimensions de la table d'harmonie, et, par suite, de l'intensité du son. Pour y remédier, M. Pape imagina de recourber sur elle-même l'extrémité de cette table, en réunissant par un chevalet remplissant les mêmes fonctions que l'âme d'un violon, les deux portions de la table, rendues parallèles. Il obtint ainsi une sonorité équivalente à celle d'une table de dimensions plus grandes, et, par d'autres dispositions qui exigeraient trop de détails pour être bien comprises, il réussit à conserver aux cordes la longueur qu'elles devaient avoir.

Je n'indique qu'en passant d'autres dispositions, très ingénieuses d'ailleurs, qui avaient pour but de soustraire la table d'harmonie à l'action refoulante du tirage des cordes, pour arriver à la disposition capitale au moyen de laquelle M. Pape obtient non seulement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ce résultat, mais fait servir ce même tirage à l'amélioration constante des qualités de la table; les dispositions antérieures n'étant, pour ainsi dire, que les membres épars d'un système complet qui se formula enfin dans les conditions suivantes :

Entre le plan des cordes et la table d'harmonie, est placé un châssis en fonte s'arc-boutant en tous sens contre les parois de la caisse, de manière que celles-ci, tirées de dedans par l'action des cordes, tendent à s'écarter derrière le châssis ; d'où il résulte que, plus le tirage des cordes est considérable, plus la table fixée aux parois de la caisse est tendue par cette même action; condition tout-à-fait analogue à celle d'une scie, dans laquelle le montant remplit les fonctions du châssis, la lame celles de la table, la corde tordue, celles des cordes de l'instrument, et enfin où les deux bras représentent les parois de la caisse.

On voit que l'application de ce principe soustrait non seulemnt la table d'harmonie à l'action refoulante produite par le tirage des cordes ; mais qu'il fait servir ce même tirage à produire des conséquences aussi importantes que les premières étaient désastreuses : car l'instrument est maintenant dans des conditions telles que, loin de pouvoir perdre de ses qualités par le temps et l'usage, il se perfectionne et s'améliore à la manière des violons et des basses.

Ce dernier résultat a déjà acquis la sanction de l'expérience; M. Pape a pu constater de la manière la plus formelle que des instruments de ce système, construits depuis plusieurs années, s'étaient sensiblement améliorés entre les mains des personnes qui les avaient achetés.

Cette disposition lui a permis en outre de donner aux tables une épaisseur inconnue avant lui, et qui donne aux sons plus de plénitude, de rondeur et de moelleux, en même temps qu'elle ajoute à la solidité de l'instrument, à ce point que la table d'harmonie remplace entièrement le fond, qui a disparu dans ses pianos à queue, et dans les pianos droits qu'il désigne sous le nom de *console*, parce qu'en effet ils ressemblent à ce petit meuble, par leur forme et par le peu d'espace qu'ils occupent dans un appartement.

Cette même disposition, exigeant nécessairement un chevalet très élevé, puisque les barrages de force sont entre les cordes et la table, a détruit, par son succès, un préjugé généralement répandu que le chevalet ne devait pas s'élever de plus de 20 à 25 millimètres au-dessus de la table, et lui a permis de réduire encore les dimensions de certains pianos droits en faisant croiser diagonalement les cordes des basses sur les dessus; c'est à elle qu'il a dû également la possibilité de construire des *pianos-tables* ayant la forme d'un guéridon

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

hexagone ou d'une table carrée, n'occupant, au milieu d'un salon, que la place d'une table à déjeuner ordinaire, et dont les dispositions sont telles qu'on peut immédiatement exécuter un quatuor autour de ce meuble, dont quelques pièces soulevées sur les bords de la caisse offrent aux exécutants les pupitres nécessaires.

C'est ordinairement en sapin qu'on exécute les tables des pianos ; c'est le même bois qu'on emploie pour les tables des violons, des basses et autres instruments à archets. Cette condition ne paraît pas aussi absolue pour les pianos, car MM Roller et Blanchet (1) exposaient un piano droit dont la table est en hêtre, et qui a une intensité de son remarquable. Ce résultat n'est cependant pas nouveau ; car M. Pape, après avoir essayé le cèdre, qui a plus d'analogie avec le sapin, a fait des pianos dont les tables étaient en érable, et qui lui ont donné de bons résultats. En 1834, M. Pleyel avait imaginé de plaquer les tables de sapin avec de l'érable ou de l'acajou, idée beaucoup moins heureuse que celle de n'employer qu'une seule espèce de bois.

Les résultats obtenus par MM. Pape et Roller et Blanchet paraissent pouvoir s'expliquer par cette condition que, dans le piano, les vibrations des cordes sont normales à la table, qui est ébranlée plus directement que la table d'un violon. Les expériences de feu Savart ont démontré que, dans ce dernier instrument, où les cordes sont ébranlées parallèlement à la table, celle-ci n'entre d'abord en vibration que paralèllement à son plan, aidée en cela par l'alternation des fibres molles et dures du sapin ; les fibres molles se compriment et se dilatent alternativement pour permettre le mouvement latéral des fibres dures, et amènent enfin les vibrations normales au plan de la table, parce que, gonflées pendant leur compression dans la direction normale, puis déprimées pendant leur dilatation, elles réagissent tant sur l'âme qui détermine les vibrations normales du fond que sur le chevalet, qui, concurremment avec l'âme, détermine enfin les vibrations normales de la table.

Les formes extrêmement variées que M. Pape est parvenu à donner aux pianos, exigent de nombreuses variétés dans les dispositions des *barrages* dits *d'harmonie* qui servent à déterminer les lignes nodales et surtout ajoutent à la résistance de la table. Leur étude approfondie a fait découvrir à M. Pape que, placés sous la table, comme on le pratique ordinairement, ils étaient beaucoup moins efficaces que placés dessus.

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En effet, dans les instruments où la tendance au voilement de la table est encore possible, ces barrages, placés sous la table, tendent à se décoller par leurs extrémités qui, devenues libres, sont le siége de vibrations indépendantes, et produisent une résonnance propre qui détruit les qualités de son de l'instrument. Placés en dessus, au contraire, ils tendent à se décoller vers leur milieu, où ils présentent une résistance telle que ce décollage est à peu près impossible.

Je ne suis pas autorisé à révéler ici les conditions théoriques qui guident M. Pape dans les dispositions qu'il donne à cette partie importante de sa fabrication. De trop nombreuses et heureusement trop maladroites imitations matérielles de ses inventions se sont révélées aux diverses expositions, pour que mon indiscrétion vienne en aide au pillage organisé dont M. Pape est depuis longtemps la victime.

Les *cordes* sont, autant que la table d'harmonie, un organe essentiel d'un bon piano; et, malheureusement pour les tréfileurs français, leur choix n'est nullement indifférent. Jusqu'à présent les tentatives faites pour employer les cordes françaises n'ont eu aucun succès, et je pourrais citer tel facteur qui, trop confiant dans les promesses qui lui étaient faites, et dans la belle sonorité des cordes qui lui étaient présentées, s'est vu obligé de remplacer, au bout d'une année, toutes les cordes des nombreux pianos montés avec celles d'une importante livraison.

Il y a quelques années, les cordes aiguës étaient en fer et fabriquées à Berlin, les basses en laiton, et fabriquées à Nuremberg; c'est encore là que les bons facteurs se procurent ces dernières. Après avoir inutilement stimulé l'amour-propre de nos tréfileurs, M. Pape parvint à découvrir une maison anglaise qui, comprenant l'importance de cette fabrication, s'est décidée à exploiter exclusivement cette industrie, en faisant choix d'une espèce particulière de fer qui possède naturellement une partie des qualités de l'acier; de sorte qu'elle est certaine de ne faire que des cordes d'une même qualité. Cette maison est peut-être la seule qui fournisse aujourd'hui, aux bons facteurs de l'Europe, les cordes d'acier qu'ils emploient.

L'exposition présentait quelques pianos montés avec des cordes d'acier trempé, par MM. Sanguinede, de Genève (1). Cette condition n'était pas nouvelle.

En 1826, et avant d'avoir recours aux cordes anglaises,

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Pape l'avait appliquée avec succès. Mais la nécessité de détremper les bouts des cordes pour faire la boucle, et permettre leur enroulement autour des chevilles, l'avait fait renoncer à cet emploi, parce que, si le recuit dépassait les points entre lesquels la corde doit vibrer, elle ne pouvait plus donner que des sons faux. Une disposition, plus récemment inventée par M. Pape, et qui permet de pincer les cordes sans les ployer, pourra permettre, à l'avenir, d'employer cette espèce de cordes, qui ont une supériorité marquée pour la tenue de l'accord, mais qui, aussi, sont moins avantageuses dans les basses, en raison de leur grande élasticité. Sur ce point, M. Pape trouve une lacune à remplir. Ni l'acier, ni le fer (1), ni le laiton n'atteignent parfaitement le but. Le cuivre rouge, en raison de son poids spécifique, semblait préférable, en ce qu'il dispensait de filer les cordes graves, dont l'allongement, aux dépens de leur grosseur, empêche la cannetille de faire corps avec elles. Malheureusement, le cuivre rouge casse facilement, et sa dilatabilité fait varier le son avec la température.

J'ai proposé à M. Pape d'employer des cordes de fer recouvertes d'une couche d'argent par mes procédés électrotypiques. Le résultat a parfaitement répondu à notre attente, en donnant aux cordes des sons d'une suavité remarquable. Il en est résulté un autre avantage pour les cordes filées, dont la cannetille est intimement liée par la couche d'argent à la corde elle-même.

La fixité des points d'appui des cordes est une des conditions les plus importantes de la belle qualité des sons. Les dispositions imaginées dans ce but par M. Pape sont en trop grand nombre pour que je puisse les énumérer toutes. Je me bormerai à citer les principales.

Au sommier en bois, encore employé partout, il substitua un sommier en métal, fondu avec toutes ses pointes et tous ses trous, de manière que les vibrations ne pussent jamais ébranler le point d'appui de chaque corde; le chevalet fut également exécuté dans les mêmes conditions. M. Pape y trouvait en outre l'avantage d'une plus grande célérité dans le travail, puisque son moule lui donnait des pièces identiques, où il n'avait à compasser la place ni des trous

(1) La maison Erard n'emploie que des cordes de fer dans toute l'étendue du clavier pour éviter que les différences de dilatation de plusieurs métaux ne désaccordent l'instrument dans les changements de température. Cette condition est parfaitement logique, quant à ce but; mais malgré de grandes précautions, des soins extrêmes dans la garniture des marteaux, on ne peut dissimuler complétement le son trop métallique du fer dans les cordes graves de l'instrument.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ni des pointes, et ne courait aucune chance d'une mauvaise direction donnée à ces dernières. M. Pape n'a renoncé à cette ingénieuse condition qu'à cause de la grande variété qu'il a introduite dans les formes de ses instruments.

Plus tard, il exécuta le sommier des chevilles en fonte creuse, remplie de bois, recouverte de cuivre. Ce sommier, ne touchant pas la table, la laisse vibrer tout entière. Il permet de raccourcir les cordes de toute la portion qui dépasse le chevalet, et facilite par conséquent l'accordage. Dans ces conditions, la tension des cordes ne peut faire fendre le bois, ni agrandir les trous des chevilles, comme cela arrive aux sommiers entièrement en bois.

D'autres dispositions lui permirent de donner plus d'écartement aux cordes, et de supprimer toutes les chances de frisement entre elles, en même temps qu'il parvenait à diminuer notablement la hauteur des pianos verticaux, en croisant diagonalement, comme je l'ai déjà dit, les cordes de la basse sur celles des dessus. Il obtint encore une grande augmentation de sonorité dans les petits formats, en plaçant, des deux côtés de la table d'harmonie, une double monture de cordes qui, avant son dernier perfectionnement de la table d'harmonie, présentait l'avantage de contrebalancer le tirage d'une monture unique.

Plus récemment il parvint, par des dispositions particulières de chevilles, à les faire fonctionner dans du métal au lieu de bois, en rendant leur stabilité d'autant plus grande que le tirage de la corde est plus énergique. Enfin une toute nouvelle disposition permet de baisser l'ensemble des cordes de l'instrument pour le faire voyager, et de le remettre instantanément au ton sans trop de chances de désaccord.

MM. Woelfel et Laurent avaient, dans leurs pianos exposés, une disposition particulière pour tendre les cordes. La cheville est creuse et implantée dans le sommier. Une petite poulie, placée au bas de la cheville, reçoit la corde, qui, remontant, à l'extérieur de la cheville, s'accroche à l'extrémité d'une vis verticale qui descend dans le tube et laisse saillir au dehors, par une fente, le crochet qui reçoit la corde. Un écrou, placé entre la tête de la cheville et celle de la vis, fait marcher celle-ci de la quantité nécessaire pour mettre la corde au ton.

Cette disposition n'est pas nouvelle. Elle a été depuis longtemps appliquée, en principe, par M. Pape, qui y a renoncé parce qu'il a pensé que la mobilité de la poulie, diminuant avec la pression de son axe, produite par la tension de la corde, celle-ci est toujours plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tendue entre la poulie et la vis que dans les autres points de sa longueur, condition qui en produit plus rapidement la rupture.

M. P. Erard (1) reproduisait cette année une disposition d'accordage que le jury de 1839 le félicitait d'avoir abandonnée, et qui appartenait à son oncle Sébastien. Elle consiste en un écrou glissant dans une rainure, surmonté d'un crochet pour recevoir la corde, et traversé par une vis horizontale ou à peu près. En faisant tourner cette vis, on fait marcher l'écrou qui tend ou relâche la corde, pour la mettre au ton.

M. Barthélemy exposait des pianos dont l'accordage s'opère dans des conditions de principe analogues, avec cette condition importante, selon moi, que la vis, terminée par un crochet, passe à travers un trou pratiqué dans une barre métallique derrière laquelle un écrou qu'on serre et qu'on desserre permet de tendre ou de relâcher la corde. Cette disposition présente une fixité beaucoup plus grande que celle de Sébastien Érard, et n'exige pas, comme elle, une grande précision d'ajustement pour éviter le féraillement de l'écrou dans sa rainure. Je dois ajouter qu'avant M. Barthélemy, M. Pape en avait fait l'application dans ses piano-stables, où elle a parfaitement atteint son but.

Un autre emprunt lui avait également été fait par MM. Herce et fils, qui auraient pu retrouver, dans plusieurs de ses pianos, leur coudage équilibré.

On sait qu'en passant sur le chevalet, la corde reçoit une double flexion parallèle au plan de la table, en s'appuyant contre deux pointes, inclinées en sens inverse, implantées dans le chevalet. Cette flexion a pour but de la maintenir plus fixe et d'éviter que ses vibrations lui fassent quitter le point du chevalet qui détermine sa longueur. On comprend que, si la flexion de toutes les cordes a lieu dans le même sens, elles détermineront une tendance de la part de celles-ci à pousser latéralement la table d'harmonie contre une des parois de la caisse. M. Pape, et, après lui, MM. Herce et fils, ont fait disparaître cette tendance, en coudant alternativement la moitié des cordes dans un sens et l'autre moitié dans l'autre, de manière que leurs efforts se fissent équilibre.

Les conditions ordinaires de l'*accordage* ne permettent guère cette opération qu'aux artistes qui en font leur profession. A plusieurs reprises, on a tenté de le faciliter aux amateurs par des dispositions qui, en exigeant beaucoup de lenteur dans la tension des cordes, leur ôtassent tout moyen de les casser par un mouvement

(1) Rappel de médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trop brusque de la main armée d'un levier aussi puissant que la clef ordinairement employée. C'est encore M. Pape que nous trouverons, comme toujours, à la tête de ce progrès, qu'il avait fait précéder d'une innovation utile contre laquelle la routine des accordeurs lutta longtemps. Autrefois, les chevilles autour desquelles s'enroulent les cordes étaient formées d'une tige de fer légèrement conique, enfoncée dans le sommier, et dont la tête était plus ou moins aplatie au marteau ou à la lime pour recevoir la clef, dont le creux avait la même forme. On comprend que les accordeurs, obligés de présenter leur clef à chaque cheville dans la position qui en permettait l'entrée, avaient souvent près d'un demi-tour à faire faire à leur outil pour obtenir ce résultat. M. Pape crut leur rendre service en employant des chevilles à tête carrée, dont la forme, quelle que fût leur position, exigeait moins d'un quart de tour pour opérer l'entrée. Cette condition, qui abrégeait considérablement l'accordage, fut repoussée, pendant plusieurs années, par les accordeurs, qui, plus tard, ont adopté avec empressement les chevilles à six pans, qui exigent encore moins de tâtonnement, surtout pour les pianos dont le sommier est éloigné de la main de l'accordeur.

Pour mettre l'accordage à la portée des amateurs, M. Pape a imaginé diverses dispositions, dont la plus utile et la plus simple consiste à placer près de chaque corde, entre les deux sillets, une vis s'enfonçant dans le sommier, et dont la tête s'appuie sur cette même corde. De sorte qu'en serrant ou en desserrant la vis, on fait faire en ce point, à la corde, un angle plus ou moins grand qui la tend plus ou moins fortement, et par conséquent en élève ou en abaisse le ton ; de sorte qu'avec un très faible effort, on agit sur la corde avec autant d'efficacité que par l'emploi de la cheville, et qu'on court rarement le risque de la rompre, quelles que soient les variations de tension qu'on lui fasse subir.

Ces conditions se sont trouvées reproduites cette année, en principe, par MM. Kriegelstein et Plantade (1). Au lieu d'enfoncer leur vis dans le sommier, ils lui font traverser une petite potence placée au-dessus de la corde, et presser celle-ci par le bas de la vis. Je ne puis voir, même un perfectionnement, dans cette disposition, qui a l'inconvénient d'être beaucoup plus coûteuse que celle de M. Pape, et qui n'a pas même le mérite de la nouveauté, car elle avait été appliquée, en 1839, un an après M. Pape, par M. Pfeiffer, de Versailles.

Ces diverses applications avaient été précédées par une disposi-

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tion exposée en 1827 par M. Cluesman, et qui consistait à remplacer la pointe d'attache des cordes par un levier auquel la corde était fixée, et qu'on faisait marcher par une vis de rappel.

En 1838, M. Pape avait également imaginé, pour donner aux amateurs dont l'oreille est peu exercée, le même avantage qu'aux autres, une disposition qui consiste en un pilote dont la tête, comme celle de la vis, repose sur la corde, et qui, traversant le sommier, s'adapte à un ressort dont l'extrémité sert d'index contre un repère qu'elle atteint quand la corde est au ton, et qu'elle dépasse soit en avant, soit en arrière, quand elle n'y est pas; de sorte que l'amateur peut juger, autant par ses yeux que par ses oreilles, du degré de justesse de son instrument.

Une disposition analogue était appliquée, en 1839, sur quelques pianos de MM. Roller et Blanchet. Elle était de l'invention de M. Lepère, et consistait en un ressort en fer à cheval à l'une des branches duquel était attachée la corde.

La tension de celle-ci, en écartant les branches du ressort, faisait marcher, au moyen d'un petit mécanisme, une aiguille qui indiquait, sur un repère, que la corde était arrivée au ton. Ce mécanisme compliqué augmentait notablement le prix de revient de l'instrument.

A l'exception de la vis de M. Pape, on peut faire à toutes ces dispositions le même reproche : c'est que la fixité de la corde est beaucoup moindre que dans les conditions ordinaires, et que l'intensité du ton en est notablement diminuée. On peut craindre encore que, si la corde casse, les pièces de ces divers mécanismes, devenues libres, produisent un son désagréable qui peut même se faire entendre par leur seul relâchement, provoqué par l'énergie des vibrations de l'instrument.

Plus récemment, M. Pape, en supprimant le ressort indicateur, a remplacé la tête de son pilote par un crochet à cheval sur la corde, et qu'un écrou tire de l'autre côté du sommier, condition qui offre encore plus de stabilité que la vis précédemment décrite.

Ces conditions d'accordage présentent en outre l'avantage de donner plus de fixité aux points d'appui de la corde dans celle de ses extrémités qui est le plus ébranlée par le marteau.

Elles suppléent parfaitement à l'application d'une barre harmonique dont plusieurs facteurs ont fait grand bruit à l'exposition, et qui est réclamée par MM. Érard comme leur invention. Cette barre, placée entre les deux séries de pointes du sommier, appuie sur les cordes, qu'elle infléchit, ce qui leur donne plus de fixité et ajoute à la solidité du sommier, toujours très mince dans les pianos à queue,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour laisser libre le passage du mécanisme des marteaux. Avant de faire frapper les cordes par dessus, M. Pape consolidait ce sommier par une barre de fer très forte qui y était entièrement logée. Ce n'est encore que dans les pianos à queue que les autres facteurs font usage de la barre harmonique.

M. Guérin, sur lequel j'aurai encore occasion de revenir, exposait une clef de piano à engrenages pour faciliter aux dames l'accord de leur instrument, et qui diminue, dans le rapport de 12 à 1, l'effort nécessaire pour faire tourner la cheville, en augmentant, dans le même rapport, le mouvement de la clef pour une même tension de la corde. Cette clef peut être fort utile à la campagne pour les pianos qui ne possèdent pas les conditions si simples et si commodes de M. Pape.

La qualité des sons d'un piano, indépendamment des conditions de la table d'harmonie et du bon choix des cordes, dépend encore beaucoup de la nature et des propriétés des matières qui garnissent les *marteaux*, ainsi que de leur emploi.

En effet, selon que ces matières seront plus ou moins dures, ou plus ou moins molles, la qualité des sons d'une même corde variera depuis l'extrême sécheresse jusqu'à l'extinction presque complète du son. Ajoutons que, pour obtenir ce qu'on appelle l'*égalité du clavier*, chaque corde exige de son marteau un degré de mollesse ou de dureté différent, variant graduellement d'une extrémité du clavier à l'autre, et l'on se fera une idée des difficultés que présente l'exécution d'une bonne garniture de marteaux, si le garnisseur n'a pas à sa disposition des matières classées dans un ordre régulier et successif de dureté différente.

Jusqu'en 1826, la peau fut la matière exclusivement employée à la garniture des marteaux ; et, si l'on considère que la même peau présente des parties plus ou moins sèches, plus ou moins poreuses, et qu'il fallait choisir, dans tous les points, les portions qui convenaient le mieux à la note dont on garnissait le marteau, qu'il fallait serrer plus ou moins ces morceaux en les collant, pour donner à chaque marteau le degré de dureté ou de mollesse qui lui convenait, afin de compenser, par cette condition, les défauts reconnus de la peau employée, on comprendra l'importance que prenait, dans un atelier, un bon garnisseur, et on ne s'étonnera pas d'apprendre que les plus grandes réputations, dans la facture, ne se sont, presque toujours, fondées que parce que le chef de l'établissement était le seul garnisseur de ses pianos, et ne s'en rapportait à personne sur l'exécution de cet important travail. A Vienne, le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

facteur Graft, à Paris, M. Petzold, ont dû leur fortune à leur habileté comme garnisseurs.

Malheureusement, il ne suffisait pas que la garniture donnât une égalité de sons parfaite dans toute l'étendue du clavier, au moment de la vente de l'instrument. Il eût encore fallu que cette égalité se conservât assez longtemps pour que le propriétaire y trouvât une compensation du prix élevé qu'on était obligé d'exiger d'un instrument qui avait coûté tant de peines et tant de soins pour l'amener à ce degré de perfection. Mais, bien loin d'en être ainsi, quelques mois s'écoulaient à peine, que le durcissement excessif de quelques marteaux détruisait cette égalité si chèrement acquise; et quand, par un hasard inouï, l'égalité se conservait, on n'échappait nullement à un durcissement général des marteaux, qui transformait en sons secs et criards les sons pleins et moelleux qu'avait d'abord produits l'instrument.

J'ai déjà signalé trop de perfectionnements capitaux sortis des mains de M. Pape, pour que vos lecteurs ne s'attendent pas à le voir encore aborder le premier cette importante question.

En effet, c'est encore à lui, et à lui seul, qu'on doit les conditions qui, aujourd'hui, rendent à peu près impossible de faire une mauvaise garniture de marteaux, et qui permettent d'acquérir à si bon compte un instrument passable.

C'est à la substitution du feutre à la peau employée, à partir de 1826, par M. Pape, qu'est due cette heureuse révolution. Son mode de fabrication permet, en effet, de lui donner, à volonté, divers degrés de dureté et de mollesse qu'il conserve presque indéfiniment sous les chocs multipliés qu'il reçoit; de sorte qu'après un très long service, le même marteau donne encore la même qualité de son.

M. Pape avait pris, tant en France qu'en Angleterre, un brevet pour l'application du feutre à la garniture des marteaux. Mais, tandis que les facteurs anglais lui payaient loyalement une prime pour employer cette matière, les facteurs français s'en servaient sans aucune espèce de scrupule, sous le prétexte qu'ils employaient du feutre anglais, dont la couleur était blanche, et que le feutre employé par M. Pape était vert. Un premier procès, dont les lenteurs et les tracasseries de tout genre avaient appris à M. Pape le peu d'appui que la propriété industrielle trouvait alors dans la jurisprudence des tribunaux français, l'empêcha de faire valoir ses droits légitimes à l'application exclusive de cette importante invention, et les facteurs français purent impunément lui faire la guerre avec ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

propres armes, en négligeant toutefois la couleur verte, parce que M. Pape ne leur avait pas appris que son caractère vénéneux empêche le feutre d'être attaqué par les insectes. ainsi que les autres étoffes employées à la garniture de certaines pièces du mécanisme.

Je ne suis point autorisé à révéler les conditions actuelles de la fabrication du feutre employé par M. Pape, et qui possède une incontestable supériorité sur celui qu'emploient aujourd'hui les autres facteurs, dont le scrupule ne s'arrêterait probablement pas devant quelques détails de fabrication.

Aujourd'hui, l'emploi du feutre, pour la garniture des marteaux, a remplacé, dans toute l'Europe, celui de la peau. C'est à lui qu'on doit cette belle qualité de son des pianos modernes, et cette égalité sans laquelle le meilleur instrument sera toujours défectueux. Enfin, je crois pouvoir ajouter, sans crainte d'être démenti, que ce perfectionnement a été le début d'une nouvelle ère dans la construction des pianos, dont il restera l'une des bases fondamentales.

On doit encore à M. Pape un autre perfectionnement dans l'exécution des marteaux; il consiste à substituer, au marteau plein, en bois, garni de feutre, un marteau creux, formé d'un anneau de cuir, recouvert de peau, et ensuite de feutre; disposition qui détruit la sécheresse du choc, conserve, au son, tout son moelleux, et, au marteau, son élasticité.

Enfin, M. Pape est le premier qui ait aussi remplacé, par le bois de Fernambouc ou celui d'amourette, le cèdre qu'on employait autrefois pour les manches des marteaux, et qui n'est pas assez fibreux pour résister au jeu fougueux des pianistes modernes.

On donne généralement, dans la facture de pianos, le nom de *mécanique* à un assemblage plus ou moins compliqué d'organes qui, sous l'impulsion des touches, lance les marteaux contre les cordes, et a pour but principal de remettre ces mêmes marteaux, aussitôt le coup frappé, en prise avec une pièce qu'on nomme l'*échappement*, pour permettre de répéter la même note avec une rapidité qui, théoriquement, ne devrait avoir de limites que l'agilité des doigts de l'artiste.

Les conditions que doit remplir une bonne mécanique de piano présentent d'immenses difficultés dans leur exécution. Il faut d'abord que toutes les parties jouissent d'une extrême liberté de mouvement, pour pouvoir se prêter à toutes les fantaisies de l'artiste, pour lui permettre d'attaquer la note avec tous les degrés possibles de force; il faut, en même temps, que la plus rigoureuse précision, dans l'ajustement des pièces, se combine avec cette grande mobi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lité, et surtout que cette précision ne s'altère pas sensiblement, pendant plusieurs années, par le service qu'on fait faire à l'instrument, quelle que soit la fréquence et la rudesse de ce même service. Il faut que d'autres organes arrêtent immédiatement les vibrations des cordes au moment où les doigts cessent de peser sur les touches ; il faut enfin que toutes les pièces fonctionnent sans bruit.

Sébastien Erard paraît être celui qui a fait faire les premiers progrès à cette partie importante du piano. Mais, au contraire des inventeurs ordinaires, il débuta par des mécaniques simples, qu'il compliqua de plus en plus, pour arriver enfin à sa mécanique dite à *double échappement*, qui ne compte pas moins, pour chaque touche du clavier, de neuf pièces mobiles, neuf frottements d'axes, et neuf frottements du premier genre ou de glissement.

Ceux de vos lecteurs qui ont vu l'ancienne machine de Marly pourront seuls se faire une idée de cette forêt de leviers, s'enchevêtrant les uns dans les autres ; s'articulant, en dépit des lois les plus simples de la mécanique, pour communiquer, dans une direction, un mouvement imprimé dans une autre ; le tout dans le but unique de permettre de répéter la note avant que le doigt ait laissé la touche se relever entièrement. Ce but est effectivement atteint, mais par des moyens inconciliables avec les conditions de solidité et de durée qu'un instrument d'un prix aussi élevé doit toujours comporter. Mais, dira-t-on, jusqu'à Sébastien Erard, aucun facteur n'avait pu parvenir à produire les mêmes résultats, et son invention a par conséquent été utile aux progrès de la musique.

Entendons-nous bien. Si, par progrès de la musique, on veut parler de la rapidité avec laquelle nos pianistes modernes parviennent à accumuler les quadruples croches ; si la musique a, pour but final, la production de feux d'artifice auriculaires, destinés uniquement à éblouir l'ouïe ; si la palme doit être accordée à l'artiste qui empilera le plus de milliers de notes par seconde, sans permettre à l'oreille d'en percevoir la durée rhythmique, ni le degré dans l'échelle des sons, assurément Sébastien Erard, en mettant, entre les mains des pianistes un pareil moyen d'éclaboussement musical, a bien mérité de leur reconnaissance, et je ne m'étonne pas s'ils ont donné la préférence à son invention. Mais si, comme je l'ai toujours cru, la musique a pour but véritable de charmer l'oreille, et de prédisposer l'âme à des émotions de divers genres, ce résultat n'a nullement besoin, pour être obtenu, de conditions qui ne peuvent que satisfaire l'amour-propre d'un exécutant, en prouvant qu'il a des doigts plus agiles que d'autres ; mais la musique, la véritable musique, n'a rien à démêler avec cette prestidi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gitation qui ne produit sur l'auditeur qu'un sentiment de surprise auquel succède bientôt le plus complet ennui.

Quoi qu'il en soit, du moment où les artistes donnaient la préférence aux conditions qui offraient le plus de facilité pour répéter rapidement la note, il fallut que tous les facteurs qui tenaient à leur clientèle s'efforçassent d'atteindre le même but; et Dieu sait combien d'essais, plus ou moins heureux, furent tentés pour l'atteindre, combien de mécaniques diverses sortirent du cerveau des facteurs, et surtout, combien peu réussirent à approcher du but.

Vos lecteurs s'attendent encore, sans doute, à voir M. Pape entrer des premiers dans l'arène. En effet, bien avant que Sébastien Erard eût fait connaître sa célèbre mécanique, et dès le début de son établissement, M. Pape avait reconnu que les mécaniques employées jusqu'alors n'atteignaient qu'imparfaitement le but auquel elles étaient destinées. Simples, elles ne permettaient pas une répétition suffisamment rapide de la note, et se prêtaient difficilement aux exigences de l'artiste, surtout dans les *forte :* aussi était-on obligé de faire des tables d'harmonie très minces pour leur permettre d'entrer en vibration sous la faible attaque d'un marteau qui ébranlait à peine la corde.

Les dispositions mécaniques qu'il adapta d'abord aux pianos carrés ne tardèrent pas à faire reconnaître les défauts des anciens systèmes. Elles se prêtent à toutes les fantaisies de l'artiste, en même temps qu'elles unissent une grande simplicité à beaucoup de solidité. Elles firent, en conséquence, une véritable révolution dans la facture; chacun s'en empara, en en déguisant, plus ou moins, le principe sous des formes nouvelles; et, aujourd'hui que le brevet de M. Pape est expiré, on aurait pu retrouver dans les neuf-dixièmes des pianos carrés de l'exposition la copie fidèle des dispositions de ce brevet.

Un des avantages de cette mécanique résulte de la facilité, et surtout de la précision avec laquelle on peut régler l'échappement, au moyen d'une vis différentielle à double pas, analogue à la vis micrométrique de M. de Prony.

Mais c'est surtout lorsque, renonçant à faire frapper les cordes par dessous, pour les faire frapper par-dessus, afin d'obtenir les résultats que j'ai énoncés en parlant de la table d'harmonie, que M. Pape a fait preuve de la persévérance la plus infatigable, et d'une richesse incroyable de ressources qui le firent successivement triompher des énormes difficultés dont cette condition se montrait incessamment entourée.

Je n'entrerai point ici dans le détail des modifications successives

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

apportées par M. Pape à la mécanique des pianos. Il me suffira de dire que le nombre de celles qu'il a successivement brevetées s'élève à plus de soixante; que chacune révèle un perfectionnement, et surtout une simplification de celles qui l'ont précédée. Car M. Pape a pour principe que la simplicité a, pour conséquence forcée, la solidité, la diminution de la main-d'œuvre, et, enfin, l'abaissement du prix.

La dernière mécanique sortie des mains de M. Pape ne se compose, y compris la touche, que de trois pièces, produisant le même nombre de frottements; et, cependant, elle remplit toutes les conditions énumérées plus haut, c'est-à-dire qu'elle permet à l'artiste de passer graduellement, du *forte* le plus énergique au *pianissimo* le plus faible, et la répétition de la même note, sans laisser relever complétement la touche, avec une rapidité qui n'a de limites que l'agilité des doigts de l'artiste. Je ne crains pas d'affirmer que d'autres mécanismes atteindront difficilement les propriétés remarquables de celui-ci, et surtout qu'ils n'y parviendront jamais avec autant de certitude et de simplicité.

Jusqu'à présent les nombreuses variétés de la fabrication de M. Pape avaient exigé des conditions particulières dans les mécaniques appliquées à chacune d'elles. A l'avenir, ses dernières dispositions s'appliqueront sans difficultés à tous les pianos horizontaux de sa fabrique, et simplifieront notablement le mécanisme des pianos verticaux.

Sous le titre plus qu'ambitieux : *Le piano d'Erard à l'exposition de* 1844, la maison Erard a publié un grand in-folio, accompagné de planches représentant surtout les bâtiments de ses vastes ateliers. Le texte de cette singulière publication est en harmonie avec la fastueuse représentation des parties extérieures de l'établissement. On y chercherait vainement quelque chose de précis, de suffisamment technique sur les conditions employées dans les instruments qui sortent des magasins de cette maison. La seule chose qui ait un caractère de nouveauté, et dans laquelle je puisse voir franchement figurer les propriétaires actuels de l'établissement, c'est l'application aux pianos carrés de la mécanique de Sébastien Erard, que, jusqu'alors, on n'avait appliquée qu'aux pianos à queue. Ils annoncent, en outre, des essais pour faire la même application aux pianos verticaux.

Assurément il y a quelque mérite à avoir vaincu les difficultés réelles de la première application, et peut-être d'avoir tenté la seconde; mais, en conscience, je ne puis, en présence des résultats obtenus avec tant de simplicité par M. Pape, emboucher la trom-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pette avec l'auteur, pour féliciter MM. Erard du nouveau service qu'ils auraient, suivant lui, rendu à l'art, en multipliant les applications d'un mécanisme dont l'extrême complication rend le prix hors de proportion avec son utilité, et surtout avec sa durée.

Le *clavier* des pianos modernes a subi d'importantes modifications, dont non seulement l'initiative, mais les conditions actuelles appartiennent encore à M. Pape.

Avant 1817, les touches des claviers affectaient des formes tourmentées, présentant, les unes des lignes droites, les autres des lignes brisées d'une obliquité qui croissait à mesure que, des basses, on allait vers les dessus. Cette dernière condition allourdissait la touche, la faisait pencher de côté, et détériorait rapidement la mortaise qui contient son axe de mouvement. D'un autre côté, les touches ne pouvaient s'enlever qu'une à une pour les régler, ce qu'on ne pouvait guère faire qu'à tâtons, puisque la disposition générale de l'instrument ne permettait pas d'atteindre leur extrémité.

A cette époque, M. Pape parvint à appliquer, aux pianos carrés, des claviers à touches droites placées dans une espèce de tiroir oblique, au moyen duquel le clavier et la mécanique s'enlèvent d'une seule pièce, ce qui permet de régler le tout avec autant de facilité que de précision. Cette disposition est appliquée aujourd'hui par tous les facteurs de l'Europe aux pianos carrés.

Dans la plupart des pianos carrés, anciens comme modernes, le clavier n'est pas placé au milieu de la caisse ; et, lorsque l'instrument est ouvert, il offre à l'œil une dissymétrie désagréable, et oblige l'exécutant à se placer tout-à-fait à gauche.

Depuis 1838, cet aspect désagréable a été remplacé, dans plusieurs modèles de M. Pape, par un clavier qui occupe le milieu de la caisse, et dont toutes les touches sont droites, les marteaux seuls ayant l'obliquité nécessaire pour atteindre leurs cordes respectives. Ces nouvelles dispositions, indépendamment de l'avantage de rendre le meuble plus gracieux, ont offert, à leur auteur, celui d'obtenir un plus grand écartement des cordes et des marteaux, et de diminuer, par là, les chances de frisement.

En 1833, il appliqua ces mêmes dispositions à de très petits pianos ovales, en y ajoutant la condition que le clavier mobile se tire en avant comme un tiroir quand on veut toucher de l'instrument, et s'y renfonce complétement quand on ne s'en sert pas, de manière à diminuer, de toute la largeur apparente du clavier, celle de l'instrument lui-même. L'année suivante, les mêmes conditions furent appliquées au piano à queue, dont la longueur se trouve ainsi notablement réduite, et plus tard, enfin, aux *pianos-tables*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On sait que, dans l'enseignement du piano, on a pour habitude d'exercer d'abord les élèves sur un clavier dont les touches, offrant peu de résistance, diminuent la fatigue de jeunes mains non encore exercées. Puis, peu à peu, on les fait travailler sur des claviers de plus en plus durs pour fortifier leurs doigts. Dans ce but, on les fait commencer sur de vieux instruments, dont les sons criards ajoutent considérablement à l'ennui des premières études. Ces changements successifs d'instruments sont une source de dépenses considérables pour les pères de famille, et de remises pour les professeurs.

M. Pape, au grand mécontentement de ces derniers, crut rendre un véritable service aux autres, en construisant des instruments dont le clavier pût être, à volonté, dur ou facile au toucher, et permit d'exercer, sur un même piano, des élèves de forces différentes, excités au travail par des sons agréables.

Il trouva d'abord, dans la mobilité de ses nouveaux claviers, le moyen d'atteindre ce résultat, en les disposant de manière que le tirage plus ou moins grand du tiroir, modifiant la grandeur du bras de levier de la touche, au point où elle attaque le marteau, rendit le toucher plus ou moins dur.

Quelque temps après, une autre disposition, aussi simple qu'ingénieuse, lui permit d'appliquer, à peu de frais, cette condition à tous les claviers, en modifiant la mobilité de la touche par l'action de ressorts, dont la tension peut varier instantanément à la volonté de l'exécutant.

L'une des causes les plus fréquentes de réparation d'un piano résulte de l'usure rapide des fentes pratiquées dans la touche, soit pour recevoir la pointe qui forme le centre de mouvement du levier, soit celle qui sert de guide à cette même touche pour l'empêcher de dévier. Lorsque ces fentes se sont agrandies par l'usage, la touche offre un toucher trop facile; elle ballotte et fait du bruit.

M. Pape avait d'abord obvié à cet inconvénient, en remplaçant les premières pointes par une petite charnière en métal; mais il ne tarda pas à se convaincre que leur usure était plus rapide que celle du bois, et que le bruit qui en résultait était plus désagréable. Je ne cite ce fait que parce qu'il s'est reproduit à l'exposition dans un piano de M. Mercier dont je parlerai plus loin, et où se trouve également la condition d'un axe horizontal, servant de centre de mouvement à la touche devenue levier du second genre; conditions qui appartiennent au mécanisme le plus récent de M. Pape.

Aujourd'hui, les conditions de détail appliquées aux claviers de M. Pape, pour prévenir l'usure des parties frottantes ou les réparer,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont telles, que le propriétaire d'un piano, doué de l'adresse la plus ordinaire, peut y porter lui-même remède par le serrage ou le desserrage de deux petites vis qui rétablissent dans leur état primitif les surfaces de contact. Les conditions générales sont telles aussi, qu'en cas de réparations plus graves, l'enlèvement du clavier permet de se dispenser de faire transporter l'instrument à Paris. Avec un clavier de rechange, le même instrument peut servir aux travaux d'étude et figurer dans un concert, où il aura toutes les qualités d'un piano neuf. En cas de dégradations importantes, l'un des claviers peut être renvoyé à Paris pour être réparé, sans se priver, pendant ce temps, de son instrument.

On a vu, dans ce rapide examen des organes principaux qui constituent un piano, que presque tous les perfectionnements capitaux apportés depuis une vingtaine d'années appartiennent à M. Pape. Ces modifications importantes lui ont permis d'introduire une grande variété dans les formes de ses instruments, et surtout d'en réduire considérablement le cube, sans nuire soit à la qualité, soit à l'intensité des sons. C'est ainsi que son système de frappement en dessus lui a donné les moyens de faire des pianos ovales, carrés ou hexagones, qui n'occupent, au milieu d'une petite pièce, que la place d'un guéridon. C'est au moyen des principes découverts par lui qu'il a pu, le premier, réduire la hauteur des pianos verticaux, au point qu'ils dépassent à peine de quelques centimètres celle des pianos horizontaux, et qu'il a fait ainsi disparaître le principal obstacle à la propagation de ces pianos, qui, à l'époque de leur importation d'Angleterre, furent l'objet d'une répulsion générale, parce que, non seulement, ainsi que je l'ai dit plus haut, leur grande hauteur cachait entièrement l'exécutant, mais encore fatiguait beaucoup les chanteurs, dont la voix était répercutée sur eux-mêmes par la face de l'instrument.

C'est aux mêmes principes qu'il a dû la possibilité d'atteindre huit octaves complètes, non seulement dans les pianos à queue, dont les dimensions sont moindres que celles des pianos de ses concurrents, mais encore dans des pianos verticaux qu'il désigne sous le nom de *consoles ;* et cela avec une égalité de clavier qu'on obtient difficilement d'instruments à sept octaves. Les basses y sont pleines et sonores; les dessus, malgré l'acuité excessive des sons, s'harmonisent très bien avec le médium, et l'ensemble parfait qui résulte des combinaisons adoptées par M. Pape fait désormais, de cet instrument, un précieux résumé des progrès de la facture à notre époque.

J'avoue en même temps que j'y retrouve à regret un nouveau moyen, pour nos artistes modernes, d'augmenter le déluge de notes dont ils

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nous inondent, à la plus grande gloire, non de l'art, qui n'y a rien à faire, mais à celle de leur incroyable agilité.

L'emploi du feutre pour la garniture des marteaux est, dans mon opinion, l'un des plus grands progrès qu'on ait pu faire dans la facture des pianos ; c'est à lui qu'on doit évidemment l'immense développement qu'a pris cette industrie dans ces dernières années ; car, ainsi que je l'ai démontré plus haut, c'est grâce à lui qu'on parvient aujourd'hui à exécuter sans peine une bonne garniture de marteaux, opération que se réservaient autrefois les chefs de maison, tant elle présentait de difficultés d'exécution et d'importance dans ses résultats. Aujourd'hui, cette application peut être faite par des ouvriers très ordinaires ; le facteur, débarrassé d'un travail fastidieux, peut consacrer tout son temps à surveiller la bonne exécution des autres parties de l'instrument, et donner à sa fabrication une extension qu'elle n'eût jamais pu comporter, en même temps qu'il peut, par cette augmentation de produits, en abaisser considérablement le prix.

Malheureusement pour les intérêts de M. Pape, les progrès qu'il a fait faire à la facture ont fréquemment tenté la cupidité de ses confrères. Le plus grand nombre n'a pas attendu que ses premiers brevets fussent tombés dans le domaine public, pour s'approprier les procédés qui s'y trouvent consignés; quelques uns même n'ont pas craint d'en breveter plusieurs en leur nom, et il n'eût pas été difficile de signaler, dans les salles de l'exposition, de nombreux emprunts de ce genre. Je pourrais ajouter que, si on eût retiré, à bon nombre d'entre les exposants, ce qui a appartenu et ce qui appartient encore à M. Pape, c'est à peine s'il leur serait resté la caisse de leur instrument.

La vie de M. Pape a été trop activement occupée pour avoir pu fournir un contingent bien considérable à mes notes biographiques. Né en 1789 dans le Hanovre, d'une famille de cultivateurs, M. Pape fut placé en apprentissage chez un ébéniste. Atteint par la conscription en 1809, et se sentant peu de goût pour la carrière militaire, il quitta son pays et vint se réfugier à Paris. Entré en 1810 dans les ateliers de la maison Pleyel, il ne tarda pas à s'y faire distinguer par son habileté dans l'exécution des pièces qui lui étaient confiées. En 1814, et avec les alliés, arrivèrent les pianos anglais, qui eurent momentanément la vogue. M. Pape résolut d'aller les étudier chez les Anglais eux-mêmes, dans leurs principales fabriques, où il passa quinze mois. Rappelé, comme chef d'atelier, par Ignace Pleyel, père du chef de l'établissement actuel, M. Pape y apporta d'importants perfectionnements, dont il ne garda pas un seul, lorsqu'en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1817, il quitta cette maison pour fonder son établissement, où il introduisit successivement les divers perfectionnements dont je n'ai pu indiquer que le plus petit nombre, et des procédés de fabrication aussi ingénieux que rapides et précis, parmi lesquels je signalerai une machine qui a la propriété de débiter le placage continu, c'est-à-dire de l'enlever en volute autour d'une pièce de bois, qui se déroule comme pourrait le faire un rouleau de papier de tapisserie, et d'une longueur qui n'a de limites que le volume de la pièce de bois ainsi déroulée. C'est au moyen de cette machine ingénieuse qu'il est parvenu à débiter, autour d'une dent d'éléphant, ces longues feuilles d'ivoire dont la miniature pourrait tirer si grand parti, et qui recouvraient un magnifique piano carré à l'exposition de 1839, tour de force que M. Pape avait déjà réalisé en 1827.

J'ajouterai que les conceptions de M. Pape ne se bornent pas au perfectionnement des instruments de musique, et que son génie inventif lui a fait trouver, pour d'autres industries, des procédés importants dont ce n'est point ici le moment de parler, et qui trouveront probablement leur place plus loin.

Mais revenons dans les salles de l'exposition, où j'ai encore à examiner, dans les pianos, quelques nouveautés qui n'ont pu prendre place dans le cadre que je m'étais d'abord tracé.

M. Pleyel (1), qui, pendant longtemps, à part l'exécution fort convenable de ses nombreux instruments, construits, pour le piano carré, d'après le système imaginé en 1817 par M. Pape, et, pour le piano à queue, d'après les pianos anglais de Broadwood, n'avait fait d'autre innovation que celle des pieds dits à *x*; M. Pleyel, qui, après avoir obtenu, en 1827, une médaille d'or pour un essai de piano *unicorde*, mis au grenier aussitôt cette récompense obtenue, M. Pleyel, enfin, avait cette fois son contingent de nouveauté dans un piano à queue dit, *à double percussion*, parce qu'il peut faire entendre à volonté l'octave de la note attaquée. J'emprunte à M. Anders la description de ce mécanisme (2).

« Chaque touche porte un échappement additionnel que la pédale met en état de fonctionner, ou qu'elle neutralise en la reculant. Quand il fonctionne, cet échappement soulève une extrémité d'un levier oblique dont l'autre extrémité, en s'abaissant, entraîne avec elle, par l'intermédiaire d'une tige de laiton, un appendice en forme de queue qui est ajouté à la noix du marteau. Ce mouvement fait basculer le marteau qui va frapper la corde... Chaque marteau est

(1) Rappel de médaille d'or.

(2) Gazette musicale du 24 juillet 1844.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

susceptible d'être soulevé de deux manières : devant son centre par sa propre touche; derrière son centre par le levier de la touche de l'octave. Un système tout-à-fait analogue fait lever les étouffoirs. »

Une disposition des pédales permet d'octavier séparément à volonté les deux moitiés du clavier, ou le clavier tout entier, en accouplant, par un mouvement du pied, les deux pédales qui donnent ce résultat. Cette condition donne plus de liberté aux pieds de l'artiste pour agir sur les autres pédales.

Autant qu'il m'a été possible d'en juger a l'exposition, cette disposition augmente l'intensité et le moelleux du son; mais elle a évidemment, ainsi que d'autres mécanismes dont je parlerai tout-à-l'heure, l'inconvénient grave d'allourdir le clavier; et je ne sais si la facilité qu'elle donne évidemment à de petites mains d'exécuter des traits à l'octave, n'est pas plus que compensée par l'effort nécessaire pour faire parler deux notes à la fois. J'ajouterai que ces dispositions n'ont, en principe, de nouveau que leur application au piano. On les a appliquées depuis longtemps à un grand nombre d'orgues en Italie, où on les connait sous le nom de *troisième main*, parce que, effectivement, elles en tiennent lieu. Elles se trouvaient appliquées, à l'exposition, au grand orgue de la maison Girard et compagnie, où, grâce au mécanisme Barker, elles n'augmentent pas la dureté du clavier. Mais c'est surtout dans les orgues de MM. Cavaillé-Coll que ces conditions ont pris un immense développement, grâce aux ingénieuses dispositions inventées par ces habiles artistes.

MM. Boisselot (1), de Marseille, avaient attaqué le même problème par deux moyens différents. L'un, qui a beaucoup d'analogie avec le système de M. Pleyel, s'en distingue cependant par cette propriété de faire entendre à la fois l'octave inférieure et l'octave supérieure de la note attaquée, parce que le levier octaviant est double. On comprend que l'objection faite au système de M. Pleyel acquiert ici une plus grande valeur, puisque l'allourdissement du clavier en est nécessairement triplé.

Le second système de MM. Boisselot consiste, en principe, à augmenter le nombre des cordes, à les porter à cinq pour chaque touche. Trois sont accordées à l'unisson, comme dans les pianos ordinaires; les deux autres, plus graves, sonnent l'octave inférieure. Le clavier, rendu mobile au moyen d'une pédale, peut marcher latéralement d'une quantité suffisante pour que chaque

(1) **Médaille d'or.**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

marteau n'attaque que trois cordes, ou frappe les cinq en même temps. Comme dans le piano de M. Pleyel, on peut ne faire octavier qu'une moitié du clavier; mais l'emploi de deux pédales est nécessaire pour le faire octavier dans tout son ensemble, ce qui multiplie les pédales et gêne la liberté de l'exécutant.

Ce dernier piano est le seul qui figurait à l'exposition; le premier n'avait pu être terminé à temps. Il parait que MM. Boisselot exécutent en ce moment un troisième modèle qui réunit les deux systèmes, de sorte qu'un seul doigt fait résonner quinze cordes à la fois. Que l'on juge du tapage réservé, cet hiver, aux amateurs de concerts! Chaque accord des deux mains pourra faire résonner jusqu'à cent cinquante cordes! Toutefois rassurons un peu les oreilles alarmées : la table d'harmonie, refoulée par cet énorme tirage, ne prêtera que difficilement sa résonnance propre à celle de ces feux de pelotons, dont l'intensité se trouvera diminuée par la difficulté d'un accordage parfaitement exact. De nombreux battements en seront nécessairement la conséquence, et, avec eux, une notable diminution dans l'intensité du son.

Un perfectionnement plus réel est dû à MM. Boisselot dans leur piano *à sons soutenus à volonté*. On sait que, dans tous les pianos, une pédale permet de soulever en même temps tous les étouffoirs pour laisser les cordes vibrer en liberté, même lorsque les doigts ont quitté les touches qui les ont fait parler. Cette disposition, qui met toutes les cordes à la fois dans la même condition, a le grave inconvénient de produire une résonnance bruyante et générale qui ne permet plus d'entendre un chant distinct, au gré de l'exécutant. Le perfectionnement de MM. Boisselot consiste à donner à l'artiste la faculté de laisser vibrer une ou plusieurs cordes seulement, lorsque les doigts ont quitté les touches, sans que les étouffoirs cessent d'agir sur les autres. Dans ce but, au moment où l'artiste tient encore la main sur les touches dont le son ne doit pas être étouffé, une pédale agit sur une barre qui retient soulevés les étouffoirs appartenant à ces touches, tant que le pied ne quitte pas cette pédale; de sorte que l'artiste peut frapper les autres touches, dont les sons seront étouffés comme à l'ordinaire pendant que les premières continueront de vibrer.

Je pense, avec M. Anders, que cette invention pourrait exercer une grande influence sur la manière d'écrire pour le piano. On conçoit quelle variété d'effets nouveaux les compositeurs, les pianistes improvisateurs pourraient obtenir désormais. Le chant, au lieu de se confondre et de s'embrouiller avec les notes qui l'entourent, se dessinerait nettement, distinctement, et l'on croirait sou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vent entendre un morceau joué par deux artistes sur deux pianos différents. Mais il faudrait, pour cela, que les artistes exécutants consentissent à changer de route.

M. de Girard, auquel j'ai rendu une justice méritée comme inventeur de la filature du lin, avait fourni son contingent dans les nouveautés relatives aux pianos. Il avait aussi son piano *octavié*, dont le mécanisme ne m'a pas été suffisamment expliqué pour que j'entre dans quelques détails à ce sujet.

Je connais mieux son *piano tremolophone*, qui, ainsi que son nom hybride l'indique, a pour but spécial l'exécution du *tremolo*, c'est-à-dire la répétition rapide d'une même note, sans que le doigt ait besoin de faire autre chose que d'appuyer sur la touche. Ce résultat est obtenu au moyen d'un cylindre armé de cames tournant dans le voisinage des marteaux, dont le manche porte lui-même une projection, attaquée par les cames, lorsque la touche du clavier le rapproche de ce cylindre. Un second clavier, placé au-dessus du premier, sert à produire les effets ordinaires du piano. Je ne partage pas l'opinion de M. Anders sur cet instrument, que je ne crois pas susceptible, comme il le suppose, de produire des sons réellement continus, parce que la sécheresse de chaque coup de marteau, si rapide que soit la répétition, sera un obstacle insurmontable à cette production. C'est tout au plus si une oreille un peu complaisante pourrait se faire à ce sujet quelque illusion pour les cordes graves.

Vers 1836, cette idée avait tenté M. Pape, qui s'était bien gardé d'employer des marteaux ordinaires pour atteindre ce but, et qui y est parvenu en faisant frapper rapidement les cordes par les étouffoirs. Les chocs de ces étouffoirs sont assez faibles pour ne pas répéter la note, mais assez forts pour entretenir suffisamment les vibrations de la corde, dont le son peut être affaibli ou renforcé à volonté, en appuyant plus ou moins sur la touche; ce qui engage plus ou moins la saillie de l'étouffoir entre les cames, et produit un choc plus ou moins énergique. L'instrument de M. Pape diffère en outre de celui de M. de Girard par cet avantage, qu'au moyen d'une pédale, l'artiste fait tourner lui-même plus ou moins rapidement le cylindre, de manière à nuancer à volonté ses effets; tandis que, dans le *tremolophone*, le cylindre est mis en mouvement par une roue mue par une autre personne, et qu'il est presque impossible à l'artiste d'obtenir à volonté les vitesses diverses nécessaires à son jeu.

Le *tremolo*, en lui-même, lorsqu'il n'est pas prodigué, est d'un effet agréable, et peut jeter de la variété dans un morceau; mais

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'abus qu'on en fait si fréquemment, toujours dans le but unique de prouver l'agilité de ses doigts, m'a rangé au nombre de ses ennemis. Je souhaite, en conséquence, beaucoup de succès au tremolophone : car, avec lui, tout le monde pourra déployer la même agilité, et dès ce moment le *tremolo* est mort. *Requiescat !*

En traitant de l'accordage, j'ai réclamé, pour M. Pape, le principe des chevilles à poulie de MM. Woelfel et Laurent. Ils ont présenté en outre un piano dont les dispositions extérieures du clavier diffèrent notablement de celles des claviers connus.

Au lieu d'être placées parallèlement et en ligne droite, les touches forment un arc de cercle, vers le centre duquel se tient l'exécutant. Cette disposition a pour but d'éviter à l'artiste de trop grands mouvements du corps, lorsqu'il a à attaquer les notes extrêmes du clavier ; enfin, de maintenir constamment l'avant-bras dans la même direction que les touches, condition la plus avantageuse pour conserver à l'artiste toute la vigueur de son doigter.

Le plus grand obstacle au succès de cette disposition, fort logique en elle-même, se trouve dans la nécessité, pour l'artiste, de changer ses habitudes, et dans la répugnance qu'on rencontrera toujours chez les hommes à faire de nouvelles études pour obtenir des avantages qui ne peuvent être bien appréciés que par ceux qui, encore à leurs premières tentatives, ont à vaincre toutes les difficultés d'un apprentissage.

Je trouve, en effet, dans les renseignements que m'a fournis M. Anders, qu'en 1825, un facteur de Vienne, nommé Stauffer, avait fait un piano dont le clavier remplissait les mêmes conditions, et qui n'eut aucun succès.

Un instrument semblable est, depuis quelques années, en exhibition dans les galleries du *Polytechnic institution*, à Londres.

La bonté des pianos à queue résulte principalement de ce que les cordes sont parallèles au grand côté de l'espèce de triangle formé par ces instruments. Dans cette position, elles ont tout l'espace possible pour vibrer, puisque cet espace est donné par la largeur des touches placées dans la même direction.

C'est donc une malheureuse innovation que celle tentée par M. Henri Herz, de placer dans ses pianos à queue les cordes parallèles à l'hypoténuse du triangle. Leur obliquité, par rapport aux touches, diminue l'espace qu'elles peuvent occuper, et leur donne plus de prise dans leur tendance à voiler la table d'harmonie. Cette disposition n'est pas autre chose qu'un piano droit dans la caisse d'un piano à queue, et ne peut qu'induire en erreur l'acheteur mal renseigné, qui croira avoir, dans son instrument, les qua-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lités qui font rechercher ce meuble disgracieux, et qui y perdra les avantages qui, dans les petits appartements, font donner la préférence aux pianos droits.

Une autre disposition employée par le même exposant ne m'a pas paru plus heureuse que celle que je viens de signaler. Elle consiste à placer les cordes sous la table d'harmonie d'un piano à queue. A la vérité, il s'est ainsi procuré les avantages d'un piano frappé en dessus, comme le fait M. Pape, en conservant les facilités de mécanisme des pianos frappés en dessous ; mais ces avantages sont plus que compensés par la difficulté d'attacher les cordes au-dessous de la table, et par l'inconvénient plus grave encore de faire sortir le son sous le nez de l'exécutant et des auditeurs les plus rapprochés de l'instrument. L'instrument de M. Herz n'est, à cet égard, pas autre chose qu'un piano de M. Pape, renversé les jambes en l'air.

Les apparences extérieures étant souvent, pour l'acquéreur, l'indication des qualités d'un instrument, je ne serais pas étonné que beaucoup de gens aient donné la préférence à des pianos du même exposant, qui, au lieu d'un seul côté cintré, en présentent deux symétriquement opposés ; ce qui, dans cette hypothèse, doit doubler les qualités du piano.

Nous avons vu plus haut quelle valeur peut avoir l'obliquité forcée des cordes par rapport à la direction des touches, et je n'insisterai pas davantage sur ce point.

Le piano franchement triangulaire de M. Mermet (1) a au moins l'avantage de ne pas induire le public en erreur : on ne l'achètera jamais comme piano à queue. Le même exposant présentait un instrument qui était absolument le contraire de celui de M. Herz. C'était un véritable piano à queue rendu vertical. Cet instrument est connu depuis longtemps en Angleterre, sous le nom bizarre de *old king's grand* (piano à queue du vieux roi).

Les Anglais désignent le piano à queue sous le nom de *grand*, pour le distinguer des autres espèces.

Une disposition nouvelle distingue les pianos droits de MM. Faure et Roger (2). La table est fixée sur un châssis en bois, sur lequel, et du même côté, s'attachent également les cordes parallèles à la direction des marteaux. Des barres de fer assez larges, placées de champ, sont fixées dans le même châssis par leurs extrémités re-

(1) Nouvelle médaille de bronze.
(2) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

courbées. Il résulte de cette disposition que, malgré leur grande légèreté, ces pianos sont moins sujets à se voiler que les autres, parce que le tirage des cordes agit par un levier très court sur les barrages et le châssis, qui ne peut fléchir sans que les barrages en fassent autant.

Une nouveauté qui n'a pas obtenu toute l'attention qu'elle méritait, peut-être, parce que son auteur, M. Brasil, de Rouen, s'est rarement trouvé dans les salles de l'exposition pour en démontrer les propriétés, est le *piano harmonomètre*, dont le clavier ressemble à trois jeux de dames placés de champ, et alternativement blanches et noires. Le mécanisme m'en est resté inconnu ; mais il paraît disposé de manière que le *doigter* reste le même pour toutes les gammes, de sorte qu'on peut jouer indifféremment dans tous les tons le même morceau de musique. Malheureusement, pour obtenir ce résultat, M. Brasil paraît avoir été obligé de changer l'ordre adopté dans la série des notes, ce qui exigerait de nouvelles études de la part des artistes, et par conséquent crée un obstacle insurmontable à l'adoption de l'instrument.

Il m'est revenu qu'un négociant de Lyon, M. Grillet, aurait eu antérieurement une pensée analogue, mais qu'il aurait jugé à propos de ne pas réclamer de priorité à ce sujet, pour ne pas déroger dans l'esprit de ses confrères.

M. Mercier exposait un piano qui a la propriété de permettre de jouer, dans tous les tons, un morceau écrit dans un ton quelconque, sans aucune difficulté pour l'exécutant, qui lit la musique comme elle est écrite, et l'exécute de même. Ce résultat est obtenu au moyen des dispositions suivantes.

La touche est transformée en levier du second genre, à axe parallèle, semblable à celle de la nouvelle mécanique de M. Pape. Un talon placé sous la face inférieure de cette touche, vis-à-vis le doigt, repose sur une des extrémités d'une bascule à bras égaux, dont l'autre extrémité porte un pilote qui agit sous un autre levier placé sur le même plan, et dans le prolongement de la touche. Ce levier se relève, par conséquent, quand on appuie le doigt sur la touche, puisque l'abaissement de celle-ci fait jouer la bascule, qui s'abaisse de son côté, et se relève sous le second levier, qui agit alors comme l'extrémité postérieure d'une touche ordinaire dans le piano droit, et détermine le mouvement du marteau par l'un des mécanismes ordinairement employés.

Le centre de mouvement vertical de chaque bascule est sur une pointe également verticale, implantée dans une traverse mobile,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qui occupe toute la longueur du clavier. L'extrémité postérieure de ces mêmes bascules reçoit, dans une fente qui y est pratiquée, une autre goupille implantée sur une traverse fixe.

Il résulte, de cette disposition, que si on fait marcher à droite ou à gauche la traverse mobile qui occupe le milieu des bascules, celles-ci prendront un mouvement transversal, oblique, qui laissera leur extrémité postérieure sous le même levier où elle est retenue par la goupille qui occupe leur fente, tandis que leur extrémité antérieure passera successivement sous l'extrémité antérieure de touches différentes. De sorte que, si nous supposons d'abord toutes les bascules parallèles aux touches, un morceau de musique sera exécuté dans le ton où il aura été écrit, en *ut* par exemple ; mais, si on fait faire à la traverse un mouvement qui déplace obliquement les bascules, de manière que leur extrémité antérieure corresponde à la touche immédiatement voisine de celle à laquelle elle correspondait d'abord, le morceau exécuté en *ut* sera réellement joué en *ut dièze* ou en *si*, selon qu'on aura fait marcher la traverse à droite ou à gauche, parce que la bascule, qui correspondait d'abord, des deux côtés, à la note *ut dièze* ou à la note *si*, n'y correspond plus que par son extrémité postérieure, son extrémité antérieure étant maintenant placée sous la touche *ut*, qui fait nécessairement entendre le son *ut dièze* ou *si*. En d'autres termes, toutes les touches ont changé de son et font parler la note immédiatement voisine de celle qu'elles faisaient sonner auparavant. Si la barre mobile a marché de deux distances, la touche *ut* donnera le son *ré* ou *si bémol ;* pour trois distances, les sons *mi bémol* ou *la*, et ainsi de suite, parcourant une étendue de cinq demi-tons en montant et de cinq demi-tons en descendant.

L'idée d'un *piano transpositeur* n'est pas nouvelle ; elle avait déjà été tentée autrefois, mais sans beaucoup de succès. Plus récemment, MM. Roller et Blanchet l'ont renouvelée en faisant marcher le clavier, ce qui présente le grave inconvénient de faire frapper les marteaux sur des cordes différentes, et par conséquent d'accélérer leur destruction, en même temps que la pureté du son s'en trouve altérée. Les points de contact entre les cordes et les marteaux ne restant pas les mêmes, certains points de ceux-ci se durcissent plus que les autres, et on ne peut obtenir que des sons sans rondeur et sans franchise, quand de nouvelles cordes sont attaquées par des portions de duretés différentes. Dans l'instrument de M. Mercier, au contraire, le même marteau frappe toujours les mêmes cordes et aux mêmes points, ce qui assure la conservation des marteaux et de la bonne sonorité du piano.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais en permettant ainsi la transposition mécanique dans tous les tons, M. Mercier a-t-il rendu un véritable service à l'art? La musique qu'on obtiendra de son instrument sera-t-elle toujours de la musique acceptable? Il y a vingt-cinq ans, j'aurais répondu non, bien certain de rencontrer de nombreux échos. Aujourd'hui, je dirai que ce sera, non pas de la musique acceptable, mais de la musique acceptée.

Expliquons bien ma pensée. Avant que l'école musicale moderne, exécutants comme compositeurs, eût posé tacitement en principe que le plus grand mérite d'un musicien consistait à vaincre des difficultés insurmontables pour le grand nombre, lorsqu'on faisait enfin de la musique pour le vulgaire, sans trop s'inquiéter des règles d'une science qui en change tous les jours, les musiciens se désolaient d'avoir à employer des instruments à sons fixes comme le piano, et beaucoup d'instruments à vent, parce qu'ils ne pouvaient *moduler* quelque peu sans amener immédiatement des sons qui, *justes* dans un ton donné, devenaient *faux* lorsqu'on passait dans un ton un peu éloigné du premier ; enfin parce que, dans ces mêmes instruments, une même touche ou un même trou donne à la fois le dièze d'une note et le bémol de la note au-dessus.

On sait, en effet, que les intervalles entre chaque son de la gamme chromatique naturelle ne sont pas égaux entre eux, et que, si un chanteur dont la voix est juste chante sans accompagnement, en prenant pour *tonique* un son quelconque, puis le même air en prenant aussi, pour tonique, l'un des sons du premier air, tous les autres sons pourront subir une altération plus ou moins prononcée. Cette condition est impossible avec les instruments à sons fixes comme le piano. En ne tenant pas compte des nuances résultant de la nécessité de prendre indifféremment une même touche pour un *dièze* ou pour un *bémol*, l'instrument étant accordé juste, pour un ton quelconque, comme on le faisait autrefois, si on prend successivement, pour tonique, des notes différentes de la gamme, les variations d'intervalles qui en résulteront donneront au morceau un caractère particulier qui produira sur l'auditeur une impression de gaieté ou de tristesse, qui rendra le morceau plus éclatant ou plus vaporeux, etc., etc.; de sorte que ce n'était pas impunément pour le compositeur qu'on aurait joué autrefois un morceau dans un ton différent de celui dans lequel il était écrit. Enfin, certains tons, pour les mêmes instruments, étaient inabordables, sous peine de cacophonie.

Mais, comme Sganarelle, l'école moderne a changé tout cela. Profitant d'une condition qui obligeait à altérer quelque peu certains

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

intervalles pour retrouver l'octave, après l'accord successif de douze cordes à la quinte, altération à laquelle on a donné le nom de *tempérament*, quelques compositeurs qui se piquaient de science ont successivement publié, pour les voix ou les instruments à cordes et à archets qui ne sont pas à sons fixes, des morceaux qui ont fini par passer par autant de tons qu'ils contenaient de mesures. Les compositeurs pianistes n'ont pas voulu rester en arrière des autres. Eux aussi ont voulu faire preuve de science en fait de modulations; mais, comme l'instrument se refusait obstinément à cette satisfaction de leur amour-propre, on lui a enlevé l'un de ses caractères particuliers, en l'accordant par *tempérament égal*, c'est-à-dire en faisant tous les intervalles rigoureusement égaux entre eux.

Il résulte, de ce véritable coup d'état musical, qu'aucun son n'est resté juste dans le piano; que l'ancienne musique a perdu, sur cet instrument, son caractère propre, et ne peut plus produire, chez l'auditeur, ces impressions diverses auxquelles le compositeur attachait tant de prix, et que la fadeur qu'elle reçoit du nouveau mode d'accordage explique complétement la qualification de *perruque*, appliquée aujourd'hui à cette musique et à ceux qui la regrettent.

En revanche, nos compositeurs modernes parcourent à fond de train les domaines de la modulation. En écoutant leurs productions, l'auditeur est dans un vague indéfinissable qui lui ôte tout sentiment de la *tonalité*. L'oreille, un moment entraînée, appelle une modulation à la dominante; l'habile compositeur, par de savantes transitions, amène bientôt le désir d'une autre modulation, pour tromper encore cet appel de l'oreille et exciter une troisième espérance.

Coquette émérite, la musique moderne provoque toujours le désir sans jamais le satisfaire; et plus d'un auditeur a dû lui dire, comme l'Oronte du *Misanthrope* :

Belle Philis, on désespère
Alors qu'on espère toujours.

C'est pour arriver à cette musique de tours de force qui tient l'auditeur sur la corde roide et sans balancier, penchant à chaque instant à droite ou à gauche, sans savoir de quel côté il tombera, au dernier accord, qu'on a sacrifié l'un des plus beaux caractères de la musique ancienne, affadi nos concerts et faussé les oreilles des amateurs au point qu'aujourd'hui il est peut-être impossible de trouver une voix parfaitement juste ailleurs que dans les localités où l'on ne fait pas de musique, tant le système moderne a détrui parmi nous le sentiment de la tonalité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ceux de vos lecteurs qui trouveraient quelque exagération dans les idées que je viens d'émettre, pourront se rendre compte de leur exactitude par l'expérience suivante.

On sait que les intervalles entre les sons d'une gamme peuvent se représenter aussi bien par des lignes que par des nombres. Les grandeurs de ces lignes seront naturellement en progression géométrique; mais, pour faciliter l'examen que je provoque, on pourra les avoir en progression arithmétique, en prenant le logarithme des premières. Si donc, prenant des grandeurs qui représentent exactement ces intervalles, on les porte successivement à la suite les uns des autres sur une même ligne droite, ces divisions pourront être considérées comme celles d'une corde successivement raccourcie des quantités exactes qui lui feront donner tous les sons de la gamme naturelle. Qu'on porte ensuite, sur une ligne parallèle à la première, et dans les mêmes conditions, des grandeurs égales entre elles, elles représenteront fidèlement les intervalles donnés par le tempérament égal. Comparant entre elles les divisions ainsi superposées, on reconnaîtra que deux sons seuls, le *re dièze* et le *fa dièze* sont sensiblement les mêmes dans les deux échelles, que le *fa* diffère notablement, le *sol* davantage, le *si* et le *re* beaucoup plus, et qu'enfin les deux *la* sont éloignés l'un de l'autre de plus d'un quart de ton.

Un pareil rapprochement ne suffit-il pas pour faire prononcer la condamnation d'un système musical dont la base est la nécessité des sons faux, et dont les conséquences sont celles que j'ai démontrées plus haut?

Espérons que le piano de M. Mercier, en vulgarisant des résultats qui n'appartenaient qu'aux habiles, les fera renoncer à des voies dans lesquelles leur amour-propre ne trouvera plus à cueillir de nouveaux lauriers, et que l'excès du mal en amènera enfin le remède.

L'improvisation au piano est de nos jours presque une profession; un grand nombre d'artistes célèbres lui doivent une bonne partie de leur réputation méritée; et, en les entendant, on se surprend quelquefois à regretter que tel motif original, telle mélodie pleine de charme et de fraîcheur ne puisse avoir que la courte existence d'une seule audition, et ne nous ait apparu que pour retomber immédiatement dans l'oubli. L'artiste lui-même, entraîné par son inspiration, prodigue sur son instrument des trésors de verve musicale; puis, lorsqu'il s'agit de les porter sur le papier pour en perpétuer l'existence, un souvenir vague, confus, est

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

souvent tout ce qui lui reste d'une idée heureuse évanouie sans retour.

A toutes les époques on a éprouvé le besoin d'arrêter, pour ainsi dire, au vol, les improvisations du génie pour les revêtir des formes matérielles qui, seules, peuvent les perpétuer. C'est dans ce but que Tiron, affranchi de Cicéron, imagina les abréviations qui lui permirent de nous conserver les célèbres discours de l'illustre orateur; c'est dans ce but que s'est créée la sténographie pour conserver aux débats de la tribune parlementaire l'originalité de leur caractère.

Mais la musique, par la nature même de ses formes particulières, se prêtait beaucoup plus difficilement à une semblable reproduction. A la rigueur un habile sténographe pourrait suivre un chant simple, composé de notes successives assez rapides; mais l'improvisateur musical, qui peut faire entendre dix voix en même temps, défiera toujours le calligraphe le plus exercé: aussi n'est-ce pas de la même manière que le problème a été abordé dans les nombreuses tentatives faites jusqu'à présent pour le résoudre. C'est l'instrument lui-même qu'on a chargé de tracer, pour les conserver, les signes représentatifs des sons qu'on lui fait produire.

M. Anders (1) fait remonter à l'année 1747 la première idée d'un pareil instrument, et signale jusqu'à dix tentatives différentes faites, toujours sans succès. La dernière, que M. Anders attribue à M. Wetzel, est réellement de M. Eisenmenser, qui, en 1836, prit un brevet pour un piano sténographe dont un seul, je crois, a été exécuté chez M. J. Wagner, et qui offre beaucoup d'analogie avec celui que M. Guérin présentait à l'exposition sous le nom de *pianographe*. Je ferai remarquer que c'est, moins dans le texte du brevet que dans l'exécution même de l'instrument, à laquelle M. J. Wagner a apporté beaucoup de modifications, que se trouvent les ressemblances que je viens de signaler.

Je désire au pianographe de M. Guérin plus de succès qu'à ses devanciers; mais il me paraît malheureusemsnt devoir rencontrer le même obstacle, celui qui résulte d'une augmentation considérable (500 fr.) du prix de l'instrument, et j'ai peur que M. Guérin n'apprenne bientôt, comme ses prédécesseurs, que l'artiste dont les improvisations peuvent mériter d'être fixées, a rarement l'habitude de payer le piano dont il se sert; trouvant le facteur très heureux de pouvoir dire à ses clients que c'est chez lui que le célèbre M**** s'est procuré son dernier instrument. Quel est le facteur

(1) Gazette musicale du 28 juillet 1844.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

bien appris qui ait jamais songé à envoyer sa facture à M***, ou à M**, ou même à M*.? Ce serait aussi monstrueux que si un marchand de musique exigeait, en vertu de son droit légal de propriété, une prime pour les morceaux chantés dans un concert. Ils sont trop bien élevés pour cela, et poussent la galanterie envers les artistes jusqu'à les engager, par des arguments de poids, comme dit Beaumarchais, à populariser ces mêmes morceaux en daignant les faire entendre au public.

Quoi qu'il en soit, l'instrument de M. Guérin se compose en principe, comme celui de M. Eisenmenger, d'une disposition mécanique analogue à celles qui, dans les grandes orgues, renvoient le mouvement du clavier principal à d'autres claviers plus rapprochés des jeux qui doivent parler ; avec cette différence que le second clavier est considérablement réduit de dimensions. Une bande de papier, douée d'un mouvement continu par un mécanisme d'horlogerie, passe dans le voisinage de ce second clavier dont les touches, ou plutôt les leviers, tracent sur ce papier, une ligne plus ou moins longue, selon que la touche est restée plus ou moins longtemps soumise à l'action du doigt. Dans les deux instruments, cette ligne est produite par la pression du levier contre le papier, alors en contact avec un cylindre enduit d'une couleur noire que cette pression fait décharger sur le papier. Il en résulte que la valeur de durée de la note représentée par cette ligne, est donnée par sa longueur, et que sa valeur de son, dans l'échelle musicale, est donnée par le rang qu'elle occupe sur le papier. Ici se présente une différence importante entre l'instrument de M. Eisenmenger et celui de M. Guérin.

Le premier avait besoin, pour déterminer ces deux valeurs, d'un instrument appelé rapporteur, et qui, placé sur le papier déroulé, permettait de déchiffrer péniblement la musique ainsi écrite. M. Guérin, au contraire, a imaginé de régler à l'avance son papier des deux portées de cinq lignes largement espacées, de sorte que les lignes, tracées par l'instrument, se placent comme les notes ordinaires, tant sur les lignes mêmes de la portée que dans leurs intervalles, où l'œil les retrouve dans les conditions habituelles de la musique écrite. A la vérité, comme le clavier comporte six octaves, M. Guérin est obligé de recourir à douze lignes postiches ponctuées pour suppléer à celles qui manquent à ses deux portées, et ne peut pas avoir recours à la ressource ordinaire du renvoi à l'octave pour les notes aiguës qui dépassent la portée de la clef de *sol*, ce qui rend plus difficile la lecture directe de sa notation. Cette difficulté, qui se présente fréquemment dans la lecture de la musique ordinaire, m'a toujours paru facile à lever, d'après cette con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sidération qu'à chaque octave, la même note prend une position différente sur la portée; que, celle qui, dans une octave, est sur une ligne, est nécessairement entre deux lignes, pour les octaves au-dessus et au-dessous. Si donc, lorsqu'on a recours aux lignes postiches, on prenait soin de caractériser la nouvelle portée par la répétition, soit de la clef de *sol*, soit de la clef de *fa*, on éviterait aux commençants beaucoup d'ennui; car ils liraient aussi facilement les notes postiches que les autres, puisqu'elles sont exactement dans les mêmes conditions. J'engage M. Guérin à faire usage de cette indication. Il lèvera par là la principale objection qu'on puisse faire contre son instrument.

Quant à l'appréciation de la valeur des durées, les renseignements ne manquent sur les procédés employés par M. Guérin. Un spécimen de sa notation est sous mes yeux, et chaque mesure y est indiquée, à la manière ordinaire, par une barre verticale. Je présume que le pied du musicien, battant la mesure sur une pédale, fait tracer, sur le papier, la séparation des mesures; et que, comme il ne reste plus à apprécier que les longueurs relatives des lignes, dans chacune de ces mesures, cette appréciation ne peut, avec quelque habitude, présenter de sérieuses difficultés.

M. Pape a aussi un *piano sténographe;* mais quelques conditions de détail dont il n'était pas encore satisfait, l'ont dissuadé de le présenter à l'exposition. Je ne suis pas autorisé à en décrire le mécanisme aussi simple qu'ingénieux. Je me bornerai à dire qu'indépendamment des avantages signalés plus haut, il présente celui de permettre, au moyen d'une manivelle, la répétition exacte du morceau improvisé, aussi fréquemment qu'on le voudra.

La grande majorité des facteurs de pianos qui figuraient à l'exposition, en y comprenant même quelques noms qui ont acquis une célébrité plus ou moins usurpée, procède à la manière des horlogers parisiens qui se disent fabricants parce qu'ils font l'échappement d'une pendule dont ils ont acheté le rouage à Dieppe ou à Beaucourt. Pour eux, fabriquer un piano, c'est acheter les caisses toutes faites chez un fabricant de caisses, le clavier chez un fabricant de claviers, et la mécanique chez un fabricant de mécaniques, etc.; puis à réunir ces membres épars, et à en former un piano qui a, ou n'a pas les qualités qu'on recherche dans ces instruments. Je passerai sous silence les noms de ces prétendus fabricants; mais la justice veut que je nomme ici deux hommes qui se distinguent éminemment par la bonne exécution des mécaniques qu'ils fournissent aux *faiseurs* de pianos. La position de ces messieurs leur défendait d'exposer; mais, signalés par le jury d'admission

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au jury central, en vertu de l'ordonnance royale qui admettait au partage des récompenses les fabricants qui, n'exposant pas, seraient cependant reconnus comme ayant fait faire des progrès à l'industrie, MM. Rohden et Giesler ont reçu chacun une médaille d'argent bien méritée. Tous deux sont d'anciens ouvriers de M. Pape.

On a vu que, dans l'examen qui précède, je me suis exclusivement attaché à ce qui présentait un caractère de nouveauté, seule appréciation qu'il m'ait été possible de faire. Vos lecteurs ne devront donc pas conclure de mon silence sur quelques noms connus, ou des critiques que j'ai cru devoir adresser à quelques innovations, qu'aucun éloge ne devait atteindre les facteurs passés sous silence ou dont j'ai désapprouvé les inventions; je dois au contraire reconnaître franchement que la véritable facture a fait des progrès réels dans l'exécution matérielle, qui est aujourd'hui beaucoup plus soignée qu'autrefois, et que, sous ce dernier rapport, on peut citer avec éloge une bonne partie des exposants que j'ai déjà nommés, et y ajouter les noms de MM. Guesdon (1), Koska (2), Bernard (3), et Soufflelo (4). Ce dernier exposant mérite en outre une mention particulière; sa spécialité est celle des pianos droits. Mais, à chaque exposition, il présente un piano à queue, le seul qu'il fasse dans les cinq ans d'intervalle entre ces deux solennités industrielles, et qui, à chaque concours, y obtient toujours un rang très honorable.

La transition du piano aux orgues se trouve naturellement amenée par l'examen d'un instrument qui participe des deux premiers, et qui, exposé sous le nom de M. Henri Herz (5), est en réalité l'œuvre tout entière de M. Isoard, dont M. Herz a acquis le brevet. J'ai vu naître cet instrument, en 1835, entre les mains de son auteur, alors fabricant distingué d'*accordéons*. Aux *anches libres* employées dans cet instrument, il imagina de substituer une corde flexible, placée comme elles dans une fente, mais pincée par les deux bouts, et susceptible, en même temps, d'une tension plus ou moins grande, au moyen d'une cheville. L'air chassé par un soufflet, à travers la fente, en fait sortir la corde, qui, ramenée vers elle par sa réaction élastique, détermine l'ouverture et l'occlusion périodiques de cette fente, et par conséquent la périodicité de la

(1) Médaille d'argent.
(2) Rappel de médaille de bronze.
(3) Nouvelle médaille de bronze.
(4) Rappel de médaille d'argent.
(5) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sortie de l'air, d'où résulte un son dont le degré d'acuité est déterminé par la tension de la corde, ou sa longueur pour une même tension. Un jeu de touche, analogue à celui de la vielle, vient diviser la corde en des points convenables, et donne ainsi la faculté d'obtenir, de la même corde, une série plus ou moins considérable de sons.

Tel est le point de départ de M. Isoard. Ce petit instrument, qu'il nommait *Eolicorde*, communiqué à feu Savart, frappa immédiatement sa vive perspicacité. Il vit, dans le développement et l'application du nouveau mode de produire les sons, tout un avenir pour l'art du facteur d'instruments de musique. Aussi, sans déguiser cependant à M. Isoard toutes les difficultés de cette tâche, l'encouragea-t-il à donner suite à ce premier essai, en l'engageant surtout à porter ses tentatives vers l'application de ce nouvel organe du son aux instruments de la nature des violons et des basses, qui y trouveraient de nouvelles conditions de suavité dans la suppression de l'archet. En effet, la corde unique de M. Isoard donnait, selon que le soufflet pressait plus ou moins le vent, des sons, tantôt de la plus grande vigueur, tantôt à peine perceptibles, et toujours d'une suavité remarquable. L'*archet d'air* était, pour Savart, un progrès capital.

Mais M. Isoard, soit qu'il fût effrayé des difficultés pratiques de cette application, soit qu'il voulût ne devoir qu'à son propre mérite d'inventeur le succès sur lequel il comptait, préféra commencer par un instrument du genre de l'orgue.

Un inconvénient grave devait d'abord disparaître. La corde n'entrant en vibration que sous la pression de l'air, ne parlait pas assez vite, et l'on n'aurait pu jouer sur l'instrument que des morceaux lents, tels que l'*adagio* ou le *cantabile*. Pour la forcer à parler plus vite, M. Isoard imagina de la faire d'abord frapper d'un coup de marteau qui, la mettant franchement en vibration, ne laissait, à l'air, d'autre condition à remplir que celle de continuer les vibrations commencées par le coup de marteau.

Un premier instrument fut construit dans ces conditions. Il se composait d'une espèce de piano vertical, dont chaque touche avait trois cordes. Celle du milieu était logée dans une fente pratiquée dans la table d'harmonie placée sur un sommier, alimenté par l'air d'une soufflerie. Au moment où les trois cordes étaient frappées par le marteau, une soupape s'ouvrait, et, laissant pénétrer le vent dans la fente, permettait au son de continuer tant que le doigt ne quittait pas la touche. J'entends encore les sons formidables de cet instrument dans l'amphithéâtre du Collége de France, où, sous les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

doigts d'un habile exécutant, il passait graduellement aux sons les plus suaves que j'aie encore entendus.

Malheureusement M. Isoard avait mal calculé la résistance à opposer aux vibrations énergiques des cordes, dont l'amplitude d'oscillation dépassait tout ce qu'il pouvait prévoir. L'instrument se détraqua rapidement, et M. Isoard recommença sur de nouveaux frais.

Malgré l'avis de Savart, il donna la préférence à la position horizontale des cordes, ne pouvant accepter que le poids de ces mêmes cordes, en produisant nécessairement leur courbure, placerait leur milieu dans d'autres conditions que leurs extrémités.

L'événement justifia les prévisions de Savart, et le nouvel instrument ne fournit que des sons qui, comparés à ceux du premier, étaient maigres, criards et manquaient de rondeur et de suavité.

Instruit par ce nouvel échec, M. Isoard en est revenu à la position verticale des cordes dans l'instrument qui figurait à l'exposition, et qui, moins grand que le premier, a cependant encore une grande puissance de son. Il se distingue de ses prédécesseurs par le mode d'action du vent. Au lieu de comprimer de l'air dans le sommier, M. Isoard y produit le vide, et c'est la pression atmosphérique qui détermine la mise en vibration des cordes. Chaque fente, au lieu d'être ouverte entièrement dans toute sa longueur, n'est complétement à jour que dans son milieu, où l'air a plus de prise sur les cordes, ce qui, en diminuant énormément la dépense d'air, a permis de faire agir les soufflets par les pieds de l'exécutant, au lieu de les mettre en mouvement par une manivelle. Il a également garni les bords de ses fentes de matières moins dures que le bois pour obtenir des sons plus harmonieux. N'ayant entendu l'instrument qu'à l'exposition, et sous des doigts peu habiles, j'avoue que je n'ai pas été complétement satisfait. Le timbre du coup de marteau s'y distinguait trop encore de celui de l'air; et si des personnes compétentes ne m'avaient affirmé, qu'entre les mains de M. Herz, cette différence devient, au contraire, un avantage marqué, par l'habileté avec laquelle il sait nuancer son jeu, j'aurais conseillé de n'employer le coup de marteau que comme un moyen d'ébranler la corde, sans le faire servir directement à la production du son.

On a prétendu qu'avant M. Isoard, un Allemand nommé Schnell, avait exécuté un instrument semblable, ou du moins ayant le même principe. Je ne partage pas cet avis.

En effet, je trouve, dans un rapport de M. Séguier à l'Académie des sciences, sur l'instrument de M. Isoard, des détails extraits

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un autre rapport de l'abbé Haüy, en 1790, et qui me paraissent suffisants pour décider la question.

Dans l'instrument alors présenté par MM. Schnell et Tschenski, un courant d'air comprimé par un soufflet, était dirigé, au moyen de tuyaux, sur de nombreuses cordes, accordées par groupes de quatre cordes à l'unisson. Les touches du clavier ouvraient des soupapes qui donnaient passage à l'air dans les tuyaux correspondant à chaque groupe de cordes. Ces tuyaux étaient au nombre de deux pour chaque groupe. Leur direction était telle, que l'air arrivait obliquement à la fois de chaque côté des groupes. Plusieurs octaves étaient formées par ces combinaisons de tuyaux et de cordes.

Les auteurs avaient aussi reconnu que leur instrument ne parlait pas assez vite. Pour y remédier, ils eurent recours à un archet continu, formé par un ruban sans fin, se déroulant sans cesse sur deux poulies. Les touches avaient ainsi la double fonction d'approcher le ruban de chaque groupe de cordes, au moment où elles ouvraient les soupapes.

Ce n'est pas sans intention qu'en faisant l'historique de l'invention de M. Isoard, j'ai insisté sur l'erreur commise par lui dans l'exécution de son second instrument. Elle prouve que, chez lui, les cordes vibrent à la manière des anches libres, et que la qualité, ou même la production du son, dépend rigoureusement de la position de la corde dans sa fente; que ce ne serait pas impunément qu'elles y pénétreraient plus ou moins profondément, soit en totalité, soit en partie; qu'une seule position est la bonne, et que toutes les autres seront plus ou moins défectueuses; enfin, qu'au-delà de limites très bornées, aucun son ne pourra être produit.

L'extrait littéral que j'ai fait plus haut du rapport de M. Séguier, démontre que cette condition fondamentale n'existait pas dans l'instrument de Schnell et Tschenski; on n'y voit la mention d'aucune fente, dont l'existence serait exclusive, au surplus, de la direction oblique du vent des deux tuyaux, de chaque côté du groupe de quatre cordes. La seule ressemblance, entre les deux instruments, est dans l'emploi de l'air pour mettre les cordes en vibration. Mais les conditions de cet emploi reposent sur des principes totalement différents. Tout fait présumer que l'instrument allemand parlait à la manière des harpes éoliennes, tandis que l'instrument français repose sur des conditions incompatibles avec la description, laissée par l'abbé Haüy, des dispositions employées par Schnell et Tschenski.

Le fait suivant, dont j'affirme l'exacte vérité, ajoutera un nouveau degré de certitude aux droits de M. Isoard à une invention

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réellement originale. Il était, comme je l'ai dit, facteur d'accordéons. La difficulté d'accorder un grand nombre d'anches libres, soit en les limant, soit en y ajoutant de petites masses de soudure, l'engagea à rechercher un autre mode d'accordage. Il imagina, dans ce but, de donner aux grandes anches la forme d'un T, aux deux extrémités de la tête duquel il plaça des vis de rappel, au moyen desquelles il tendait cette tête plus ou moins fort, ce qui lui permettait de faire varier à volonté le son de l'anche, sans faire varier sa masse. De cette ingénieuse idée à celle de la corde logée dans une fente à la manière des anches libres, il n'y avait qu'un pas : aussi M. Isoard l'a-t-il rapidement franchi, en dotant l'art musical d'un organe dont toutes les ressources sont loin d'être connues, et qui est destiné à un grand avenir.

J'ajouterai que l'instrument de M. Isoard résout aussi le problème de deux instruments constamment d'accord, tandis que dans les pianos organisés où se trouve, soit un jeu d'anche, soit un jeu de flûte, les deux instruments réunis exigent nécessairement un accord séparé qui dure peu et fait de la musique détestable, les influences atmosphériques agissant fréquemment en sens contraire sur les deux organes du son. Chez M. Isoard l'accordage se fait simultanément pour les sons frappés et pour les sons d'air, puisque l'organe sonore est le même dans les deux cas.

Cette propriété existe également dans un instrument de M. Martin, de Provins, dans lequel des anches libres sont terminées par une espèce de piston jouant dans une capacité de même dimension. Un coup de marteau les met d'abord en vibration, et le son est continué par l'air d'une soufflerie.

Mais, bien antérieurement, soit à M. Martin, soit même à M. Isoard, M. Pape, dont on trouve toujours la trace initiale dans les sentiers du progrès, avait appliqué ces deux conditions dans un *piano sans cordes*, dont les organes sonores sont des ressorts d'une forme particulière, mis d'abord en vibration par un coup de marteau, et dont le son est continué par un courant d'air insufflé ou aspiré, suivant la position de ces ressorts dans l'échelle musicale. Quelques uns sont terminés par un disque placé à l'orifice d'un tube de mêmes dimensions, où ce disque joue dans les mêmes conditions que l'anche libre.

Trois orgues de grandes dimensions figuraient à l'exposition. Je n'ai de renseignements que sur celles de MM. Cavaillé-Coll, et Girard et compagnie.

Celui de M. Cavaillé-Coll (1), outre la parfaite exécution de

(1) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toutes ses parties, se distingue par plusieurs innovations heureuses.

On sait qu'un tuyau a besoin, pour bien parler, d'une certaine quantité d'air s'écoulant sous une certaine pression, ou animé d'une certaine vitesse; que, dans des limites assez restreintes, le *moins* ne produira que des sons mous, sans rondeur, et que le *plus* fera octavier les tuyaux; c'est-à-dire, par exemple, que les jeux d'anches ont besoin de moins de vent sous une plus forte pression, et les jeux de flûte de plus de vent sous une pression moins forte, et que, proportionnellement, les autres jeux exigent des conditions notablement différentes. On avait bien pensé à employer des soufflerie particulières pour les différents jeux; mais la nécessité d'employer dans ce cas un personnel considérable, et surtout le manque de place, a forcé les facteurs d'orgues à se contenter d'une moyenne qui ne convient qu'à un très petit nombre de jeux. Il en résulte que les jeux de flûte sont exposés à être alimentés par un vent trop fort, tandis qu'au contraire, les jeux d'anches ont généralement un vent trop faible.

Pénétrés de ces inconvénients, MM. Cavaillé-Coll ont inventé une soufflerie qui a la propriété d'envoyer de l'air sous des pressions très diverses aux différents jeux dont se compose l'orgue le plus compliqué, et dont les dispositions sont une heureuse application de l'un des principes appliqués par moi dans le régulateur que j'ai déjà fait connaître à vos lecteurs, en traitant de la détente des machines à vapeur.

Cette soufflerie se compose d'une série de soufflets-réservoirs, superposés en nombre égal à celui des pressions diverses qu'on veut avoir. Ils sont réunis entre eux par de plus petits soufflets armés de soupapes convenables. La paroi supérieure de ces réservoirs est seule mobile, et son poids propre détermine la pression de l'air dans chacun d'eux. Enfin ces dispositions sont telles que, malgré la différence d'intensité du vent que chacun d'eux doit fournir, ils communiquent entre eux dans des instants très courts, et s'alimentent simultanément, sans que jamais leur pression propre varie, ni qu'ils puissent manquer de vent tant qu'il en reste encore dans un seul.

Un perfectionnement non moins notable dû à MM. Cavaillé-Coll, est l'emploi des tuyaux harmoniques qui suppléent à ce que les autres orgues ont de maigre et de criard dans les sons élevés.

On sait qu'ordinairement les dimensions des tuyaux d'un même jeu décroissent rapidement de volume; que si, par exemple, on prend, comme unité de volume, le tuyau qui donne le son le plus grave d'un jeu, le tuyau à l'octave immédiatement supérieure n'aura

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que le huitième du volume du premier, celui de la troisième octave le soixante-quatrième, celui de l'octave suivante, seulement le cinq cent quinzième, et qu'enfin celui de la cinquième octave sera quatre mille quatre-vingt-seize fois plus petit.

On admet que le volume du son d'un tuyau augmente ou diminue avec le volume d'air que renferme sa capacité; en voyant les nombres ci-dessus, on ne s'étonnera plus de la faiblesse et de la maigreur des tons élevés de l'orgue, comparativement aux basses.

En employant les sons harmoniques de grands tuyaux pour les notes aiguës du clavier, MM. Cavaillé-Coll ont complétement remédié à ce grave inconvénient auquel, avant eux, on n'appliquait d'autre palliatif que celui d'affaiblir les sons de la basse, sans obtenir cette homogénéité de timbre qui doit caractériser un bon instrument.

On sait que les sons harmoniques des tuyaux ont une puissance et une rondeur qu'on ne peut obtenir des tuyaux qui ne rendent qu'un son fondamental. La colonne d'air des premiers se partageant en deux, trois, quatre, etc., parties vibrantes, suivant qu'elle donne le premier, le deuxième, le troisième, etc., harmonique, modifie les sons en leur donnant une meilleure qualité et plus de puissance, sans jamais les rendre criards. Enfin, l'expérience a conduit à cette conséquence importante, qu'un même son harmonique gagne en rondeur et en volume, à mesure que la colonne d'air qui le produit devient plus considérable.

Il me serait difficile d'entrer ici dans les détails des combinaisons ingénieuses employées par MM. Cavaillé-Coll, soit pour permettre à l'exécutant une grande variété d'expression, en enflant ou en affaiblissant à volonté le volume des sons produits, soit pour déterminer plus commodément ou plus rapidement les accouplements de claviers ou d'octaves. Il me suffira de dire que ces divers perfectionnements ont été appliqués par eux à l'orgue de Saint-Denis, dont ils ont exécuté récemment la construction et qui est peut-être le plus parfait du monde entier. Ils seront également appliqués à l'orgue de la Madeleine qu'ils construisent en ce moment.

L'orgue de MM. Girard et compagnie (1), ancienne maison Daublaine-Callinet, présentait également d'heureuses innovations. La principale est celle désignée sous le nom de mécanisme Barker, du nom de l'inventeur, directeur actuel des ateliers de cette maison.

Le défaut principal de l'orgue, celui qui en a éloigné beaucoup d'artistes habiles, est la résistance que les touches opposent aux doigts de l'exécutant, surtout lorsqu'on accouple plusieurs claviers.

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

On comprend, en effet, que cette résistance doit se multiplier avec la distance à laquelle sont situés les différents jeux, et surtout avec le nombre de ces mêmes jeux employés à la fois, chaque touche ayant à faire mouvoir autant de soupapes qu'on emploie de jeux.

Le mécanisme Barker, en remédiant à cet inconvénient, a fait une véritable révolution dans la fabrication des orgues. Il se compose d'autant de petits soufflets qu'il y a de touches au clavier. Chaque touche n'a d'autre fonction à remplir que celle d'ouvrir une petite soupape communiquant à son soufflet, qui se remplit immédiatement d'air suffisamment comprimé pour que le mouvement de sa paroi mobile détermine immédiatement l'ouverture de toutes les soupapes mises en rapport avec lui par les divers mécanismes d'accouplement, en surmontant toutes les résistances, si nombreuses qu'elles soient, des tirages et des leviers de renvoi.

L'exécutant n'a donc à vaincre que la résistance très faible et toujours la même de la soupape qui permet le gonflement de chaque soufflet, qui se désemplit de lui-même aussitôt que le doigt cesse de presser sur la touche. Il en résulte que l'exécutant, n'étant plus gêné par les résistances variables qu'il rencontre sur les autres orgues, peut donner à son jeu beaucoup plus de rapidité et de brillant.

L'invention de cet ingénieux mécanisme est disputée, en Angleterre, à M. Barker, par M. Hill, qui prétend l'avoir appliqué avant lui pour faire marcher un carillon placé loin d'un orgue. Je n'ai pas en ma possession les documents nécessaires pour apprécier la valeur des réclamations de M. Hill.

Mais je puis discuter, avec beaucoup plus de certitude, les prétendus droits que s'attribue la maison Girard et compagnie, dans une brochure publiée au nom de l'ancienne maison Daublaine-Callinet. Mais procédons par ordre.

L'*expression*, notamment dans les instruments à anches libres, s'obtient par l'emploi de conditions qui permettent de faire varier la pression du vent sur les organes du son. Ces conditions résultent le plus généralement, dans les petites orgues, de la pression plus ou moins grande du pied sur la pédale du soufflet. Mais alors tous les sons, qui sont entendus simultanément, participent de cette expression, et il peut être fréquemment utile de n'appliquer cette action qu'à un ou plusieurs des tuyaux qui parlent à la fois. Mon régulateur jouit de la propriété de faire varier la pression de l'écoulement gazeux, en faisant varier le poids de la paroi mobile qui en forme un des organes essentiels.

J'ai proposé à MM. Cavaillé-Coll d'appliquer ce principe, con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

signé dans mes brevets, à produire l'expression de certains jeux, en faisant varier la pression de la paroi mobile au moyen d'une pédale, et je leur ai confié, dans ce but, l'appareil même qui a servi aux expériences citées de feu Savart.

Cet appareil est depuis plusieurs années entre leurs mains, et leur a servi de point de départ pour l'application de ce principe à l'orgue de Saint-Méry.

M. Barker a été longtemps employé dans les ateliers de MM. Cavaillé-Coll, auquel il a cédé le droit d'employer son mécanisme. J'ai la certitude, non seulement qu'il y a vu mon régulateur, mais encore qu'il a coopéré aux expériences qui y ont été faites avec cet appareil, et je laisse à vos lecteurs à juger quels ont été mes sentiments lorsqu'après avoir acquis la conviction de son emploi dans les orgues de la maison Girard et compagnie, j'ai lu dans la publication citée plus haut :

« La maison Daublaine-Callinet présente aujourd'hui un perfectionnement qui consiste à employer, pour produire l'expression de ces jeux, l'air comprimé de la soufflerie ordinaire dont on règle la pression au moyen d'une seule pédale, sans que l'exécutant soit obligé de souffler lui-même. *La maison Daublaine-Callinet a obtenu un brevet pour cette intéressante innovation.* »

Et de deux, messieurs les Anglais (1) !

L'*orgue expressif*, ainsi nommé, parce qu'il permet à l'artiste de varier l'*expression* de son jeu en enflant ou en diminuant à volonté le volume du son, fut inventé, vers 1810, par Grénié. Ce résultat s'obtient particulièrement, sur des jeux d'anches libres, en comprimant plus ou moins l'air qui agit sur ces anches, et par conséquent en appuyant plus ou moins le pied sur la pédale motrice du soufflet.

L'anche libre diffère des autres anches en ce que celles-ci, formées d'une languette métallique, battent contre les bords du bec en métal ou en bois sur lequel on les applique, tandis que la languette de l'anche libre oscille librement dans une ouverture de dimensions égales qu'elle ouvre et qu'elle ferme périodiquement sous l'action du vent. Le son de l'anche libre est beaucoup plus doux que celui des anches battantes, appliquées aux clarinettes, aux jeux de trompettes dans les orgues, etc. C'est l'anche libre qui résonne aujourd'hui dans l'accordéon, et dans tant d'autres instruments qui l'ont tellement vulgarisée, que les mauvaises applications qu'on en a faites lui ont beaucoup ôté de sa valeur réelle.

(1) Voir la *Revue scientifique*, première série, t. XI, p. 196 à 210, et t. XII, p. 183 et 185.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quoi qu'il en soit, une opinion généralement répandue est que Grénié s'attribuait la gloire de cette invention ; et, comme il faut que toute gloire s'expie, quelques fureteurs, comme je pourrais en nommer beaucoup, qui, ne sachant rien trouver de nouveau par eux-mêmes, font consister leur propre gloire à détruire celle des autres, déclarèrent avoir découvert que l'anche libre était d'invention chinoise, et partirent de cette assertion, que je n'ai pas le temps de vérifier, pour accuser Grénié de plagiat. Au lieu d'aller en Chine, il eût été beaucoup plus simple de recourir, à Paris, au brevet même de Grénié, et on y aurait lu, comme je le fais en ce moment, t. VI, p. 63, du *Recueil des brevets expirés*, les paragraphes suivants :

« Il y a à peu près deux ans que, lisant l'ouvrage du docteur Bedos, je trouvai dans la comparaison qu'il fait des différents jeux d'anches de l'orgue, avec les instruments à vent dont les hommes se servent, cette phrase-ci : *Le chalumeau a une languette qui doit mouvoir librement, et qu'on met tout entière dans la bouche pour faire parler cet instrument*. Dès lors, je pensai qu'une languette qui ne battait pas sur l'anche, et par conséquent cuivre contre cuivre, devait produire des sons plus doux et moins criards.

» Le docteur Bedos ne donnait aucune proportion d'un pareil jeu, ne disait pas même qu'il pouvait être employé parmi ceux desquels il donnait le diapason. J'allai chez plusieurs facteurs ; aux questions que je leur fis, ils me répondirent qu'ils ne connaissaient point de jeux d'anches libres et qu'ils n'en avaient jamais fait.

» Je fis exécuter tant bien que mal une anche libre, et j'en fus assez content pour croire pouvoir entreprendre d'en former le diapason. Mais le hasard vint à mon secours, en me montrant, chez un de mes amis, un orgue relégué depuis trente ans dans un coin de sa maison, et qui contenait deux octaves d'un jeu d'anches libres. C'est avec ce secours, et en faisant refaire à neuf tous les sons nécessaires, que j'ai formé un instrument qui, *en partant d'un son égal, en douceur, à celui de l'harmonica, s'élève à toute la force d'une musique militaire.* »

On voit qu'il était bien inutile de disputer à Grénié une gloire qu'il ne revendiquait pas.

M. Muller (1) est l'élève de Grénié, à l'instrument duquel il a fait d'utiles perfectionnements. Il a remplacé les porte-vents carrés de Grénié par des porte-vents cylindriques, formés d'une feuille très mince de bois enroulée plusieurs fois sur elle-même et collée, ce qui y donne une solidité absolue. Il a rendu beaucoup plus facile

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'accordage de l'instrument en adaptant, à chaque rasette chargée de limiter la longueur de l'anche, une vis de rappel qui donne beaucoup plus de précision à la position de cette même rasette, qu'il a encore consolidée par une pièce à vis qui presse la tige même de la rasette près de sa tête. Par là, la partie vibrante de la languette étant mieux déterminée de longueur, les sons sont plus purs et plus nerveux.

M. Muller exposait en outre de très petites orgues expressives pouvant tenir dans une malle, et qui cependant ont six octaves pleines, et une puissance de son remarquable. Ce petit instrument est une importation allemande, apportée à Paris par M. Neucomm, qui l'avait fait executer, sous sa direction, par M. Deutsmann, facteur d'orgues à Vienne. Les habitués de l'exposition n'ont pas oublié le jeu savant et plein de mélodie du célèbre organiste voyageur qui se plaisait surtout à y faire valoir les puissantes ressources de l'orgue de MM. Cavaillé-Coll, et les qualités plus modestes, mais non moins réelles, du petit orgue de M. Muller.

Sous les noms plus ou moins sonores d'*harmonium*, de *mélodium*, etc., figuraient, à l'exposition, d'autres instruments dont l'anche libre forme l'organe essentiel.

L'*harmonium* de M. Debain (1) se compose d'un grand nombre de jeux d'anches libres, à chacun desquels certaines dispositions de cavités sonores donnent des timbres particuliers qui prêtent beaucoup de variété aux effets de l'instrument. Malheureusement sa soufflerie est beaucoup trop petite pour fournir le vent nécessaire à tous ses jeux, d'où résulte un amaigrissement d'effets auquel M. Debain peut facilement remédier. Au lieu d'employer, comme dans les orgues ordinaires, des registres pour faire parler les différents jeux, M. Debain y supplée en plaçant chaque jeu sur un sommier particulier dans lequel le vent s'introduit au moyen d'une soupape qu'ouvrent ou ferment des boutons à tiroir disposés près du clavier, ce qui donne à l'instrument l'apparence extérieure d'un orgue à registres.

Le *mélodium* de M. Alexandre (2) n'est pas autre chose que l'*harmonium* de M. Debain, exploité sous un nom différent.

J'en dirai autant des orgues de M. Fourneaux (3), qui cependant ont moins de prétentions à s'élever au rang des grandes orgues, et

(1) Médaille de bronze.
(2) Médaille de bronze.
(3) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dont les dispositions sont beaucoup plus simples, et par conséquent préférables sous ce rapport.

Je louerai également, dans les orgues expressives de M. Dubus, une disposition fort commode pour l'exécutant quand il veut changer de jeux. Quelques boutons verticaux sont placés en avant du clavier. En appuyant avec le pouce sur ces boutons pendant que les autres doigts agissent sur le clavier, on fait parler de nouveaux jeux qu'on fait taire en appuyant également le pouce sur d'autres boutons horizontaux placés sous les premiers.

MM. Erard exposaient un orgue dans lequel l'expression était donnée par un mécanisme de l'invention de Sébastien Erard. Ce mécanisme consiste dans la division, en plusieurs parties, de chacune des soupapes qui permettent l'admission du vent dans les tuyaux. Un faible enfoncement de la touche ouvre la première partie de la soupape, dont la seconde partie s'ouvre pour un enfoncement plus grand, et ainsi de suite, la soupape ne s'ouvrant tout entière que par l'enfoncement complet de la touche. Cette disposition compliquée m'a paru cependant atteindre le but, et ne produit pas, autant qu'on pourrait le penser, de saccades dans le renflement ou l'affaiblissement du son.

Enfin, pour en finir avec les orgues, je vous signalerai un orgue de chapelle exposé par M. Poirot (1), dans lequel il avait introduit un jeu de basson, dont les sons, plus moelleux que dans les jeux de basson ordinaires, sont dus à ce que la bouche ou le corps de ces tuyaux est en bois au lieu d'être en étain. Cet orgue se joue à la manivelle et au clavier. Mais il se distingue des orgues de même genre, en ce que le cylindre, au lieu d'être placé dans un tiroir qu'on tire par un des côtés du buffet, s'enlève par le haut : disposition beaucoup plus commode en ce que l'instrument n'exige pas un emplacement aussi considérable pour permettre le remplacement des cylindres.

Le *mélophone* me servira de transition pour passer des orgues aux violons, comme l'instrument de M. Isoard m'en a servi pour passer des pianos aux orgues.

Le mélophone a fait sa première apparition à l'exposition de 1839, où il était exposé par M. Leclerc, qui faisait un mystère absolu de ses dispositions mécaniques. La plénitude et la rondeur des sons de cet instrument, doué au plus haut degré des conditions qui permettent à l'exécutant d'en varier l'expression, comme on peut le faire sur un violon ou une basse, ainsi que le mystère dont l'inven-

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teur l'environnait, tout concourait à piquer vivement la curiosité du public.

Cette année, le mélophone était exposé par MM. Pellerin (1), ancien associé de M. Leclerc, et Brown, son concessionnaire. Le mystère ayant disparu, je puis décrire les conditions mécaniques de cet instrument.

Le mélophone a la forme d'une grande vielle, dont la caisse renferme un soufflet à double vent, mû de la main droite par une longue tige, tandis que la main gauche attaque de petites saillies, servant de touches, placées sur le manche. Chaque saillie correspond à un petit levier qui, excepté pour la quinte la plus grave et l'octave la plus aiguë, envoie un double fil métallique à deux soupapes en forme de clef de flûte recouvrant, chacune, l'ouverture d'une anche libre en acier. Ces deux anches sont à l'octave l'une de l'autre, et les deux soupapes sont tenues fermées par un petit ressort. Lorsque le doigt appuie sur l'une des saillies du manche, le levier fait soulever la soupape de l'anche la plus aiguë, mais ne fait mouvoir que la queue de la soupape à l'octave grave, qu'il prépare à s'ouvrir. Dans ce cas, le vent n'attaque que l'anche aiguë. Mais, si, en même temps, le pouce de la main gauche appuie sur un levier placé derrière le manche, il fait mouvoir de longues tiges placées parallèlement aux diverses rangées de soupapes, et portant des saillies qui achèvent d'ouvrir celles des soupapes dont l'ouverture a été ainsi préparée; de sorte que l'instrument fait entendre des accords à l'octave, et permet de doubler ainsi tous les sons qui changent de caractère, et prennent plus de mordant et de vigueur. Ce doublement peut se faire dans toute l'étendue du clavier, excepté, comme je l'ai dit plus haut, pour la quinte la plus grave et l'octave la plus aiguë.

La partie du manche, sur laquelle est placé le clavier, présente une surface plane et rectangulaire où sont placées sept rangées parallèles et longitudinales de boutons saillants qui, servant de touches, s'enfoncent sous les doigts et mettent en mouvement les organes décrits. Chacune de ces rangées renferme treize touches qui font parler autant de sons, simples ou doubles à volonté, dont l'ensemble embrasse une octave entière, marchant par semi-tons moyens; enfin, ces sept séries de sons sont accordées entre elles à la quinte comme les cordes d'un violon ou d'une basse.

Il résulte de cette disposition : 1° que le doigter de l'instrument est exactement le même pour tous les tons; 2° que le même son peut

(1) Mention honorable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

toujours être produit par deux touches différentes, sans que pour cela, on puisse produire des unissons, attendu qu'alors c'est la même soupape qui est en communication avec les deux touches de même nom ; 3° qu'enfin on peut faire, à la fois, autant de sons qu'on a de doigts dans la main gauche qui tient le manche.

Ce qui distingue, en outre, cet instrument, c'est la faculté pour l'exécutant, de faire varier, avec une grande facilité, l'expression du son par l'action de la main droite sur le soufflet devenu un véritable archet, se prêtant à toutes les inspirations de l'artiste, qui peut en tirer les mêmes effets.

Les instruments exposés par M. Pellerin se distinguaient par une heureuse modification apportée au clavier dont les saillies, formées de petits galets tournant sous les doigts, donnent plus de facilité à la main pour parcourir le clavier. Ceux exposés par M. Brown comportent une modification analogue. Ce sont de petites sphères mobiles en tous sens, retenues sous la plaque du clavier au-dessus de laquelle elles s'élèvent d'une certaine quantité à travers des trous qui y sont pratiqués.

Je ne suis pas autorisé à décrire d'autres modifications imaginées par M. Pellerin, et qui, il l'espère, en simplifiant considérablement le mécanisme de l'instrument, lui permettront de l'établir à des prix très réduits.

Jusqu'ici j'ai pu faire porter mon examen des instruments de musique, sur les perfectionnements purement matériels, apportés par les exposants, et comportant une appréciation logique des principes appliqués. Dans les violons, les basses et autres instruments à archet, ces conditions me font entièrement défaut ; car, à l'exception de deux exposants, tous les autres avaient employé les moyens connus pour l'exécution de leurs instruments. Tous s'étaient efforcés de les rendre semblables aux violons et aux basses réputés les meilleurs ; le plus grand progrès consistant à approcher le plus possible de ces instruments, tous sortis, ou à peu près, d'une même ville, Crémone, et des mains de quelques hommes restés célèbres entre tous, sous les noms d'*Amati*, de *Stradivarius*, de *Guarnerius*, de *Steiner* etc.

La plupart des instruments que nous ont laissés ces grands maîtres, sont, il faut le reconnaître, doués d'admirables qualités qui expliquent jusqu'à un certain point le *culte* que leur rendent les artistes. Cette expression n'est point exagérée ; car, pour eux, le son n'est réellement qu'une condition bien secondaire, et tel amateur n'hésitera pas à donner dix mille francs et souvent beaucoup plus, d'un violon ou d'une basse entièrement détablé, mais dont les mor-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ceaux seront irrécusablement de l'un des auteurs cités, ce qu'on reconnait à certaine coupe du bois, mais surtout, au vernis qui les recouvre. L'authenticité du vernis double ou triple la valeur d'un instrument quelquefois fort médiocre, et j'ai vu vingt amateurs en extase devant une tache plus ou moins rouge, de quelques centimètres de surface, prouvant que la main d'Amati ou de Stradivarius avait passé par là. Cette monomanie inspira à M. Vuillaume (1) la pensée de satisfaire, à la fois, aux conditions réclamées par l'art proprement dit, et à celles que le caprice des amateurs a érigées en lois. A force de travail, il est parvenu à résoudre le problème difficile d'exécuter des instruments qui ont les qualités de son qu'on recherche dans les instruments de Crémone; mais qui, encore, soit pour la forme générale, soit pour les détails d'exécution, soit pour les traces de vétusté, soit surtout pour le vernis, sont des imitations tellement fidèles des instruments qu'il copie que l'œil et l'oreille y sont toujours trompés.

En donnant pour 300 fr. l'imitation d'un violon de 8 à 10,000 fr. et pour 600 fr. celle d'une basse qui, comme celle de Duport, a récemment atteint le prix de 22,000 fr., M. Vuillaume a rendu un véritable service aux jeunes artistes qui, outre l'avantage de posséder un excellent instrument, trouvent, dans cette inoffensive supercherie, l'innocente satisfaction de leur vanité.

Je regrette, pour mon compte, que M. Vuillaume se soit si longtemps effacé derrière la réputation des anciens luthiers de Crémone. Aujourd'hui que son habileté est plus que constatée, soit par l'assentiment général des vrais amateurs et des artistes, soit par les deux médailles d'or et les trois médailles d'argent qu'il a reçues dans cinq expositions successives, c'est sous son nom qu'il devrait produire ses travaux. Il faudrait enfin, qu'à l'avenir, un artiste se fît autant d'honneur d'un Vuillaume, que d'un Stradivarius, puisqu'il est bien reconnu que les deux instruments ont le même mérite.

Déjà quelques artistes d'un véritable talent commencent à avouer timidement, et dans l'intimité, qu'ils jouent habituellement un violon ou une basse Vuillaume. J'en ai même entendu dire, bien bas, qu'ils les préféraient à certains crémones en grande réputation; mais que pour rien au monde ils ne voudraient que le public le sût, parce qu'un instrument coûteux est pour lui l'indice des succès lucratifs de l'artiste. *Sic vos non vobis !*

J'ai parlé de la basse de Duport. Si mes renseignements sont vrais,

(1) Seconde médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

elle a failli jouer un bien mauvais tour à M. Vuillaume. Il s'en était rendu acquéreur, et, comme elle avait besoin de réparation, il en avait décollé les principales pièces, puis les avait remontées. Dans cet état, tous les instruments du même genre ont besoin d'être joués quelque temps pour recouvrer toutes leurs qualités. Un grand nombre d'artistes et d'amateurs avaient voulu essayer cette célèbre basse, qui avait entièrement disparu depuis la mort de Duport, arrivée en 1819, et s'étaient extasiés devant le moelleux, le fondu des sons qu'ils en tiraient. M. Vuillaume pensa faire une excellente affaire en donnant, aux deux basses qu'il présentait à l'exposition, les qualités de son qui excitaient un enthousiasme si général. Un moment, les artistes appelés par le jury pour jouer les instruments, faillirent s'y tromper, et prendre les basses de M. Vuillaume pour des instruments qui avaient deux siècles d'existence, qui même étaient trop vieux, et avaient perdu une partie de leur vigueur. Heureusement qu'on se rappela le talent d'imitation de M. Vuillaume, auquel on ne pouvait imputer à crime d'avoir trop fidèlement imité un instrument qui, depuis deux mois, était signalé comme le plus parfait connu dans le monde musical.

Je ne suis nullement autorisé à révéler les procédés que M. Vuillaume emploie pour atteindre cette fidélité d'imitation. Je dirai seulement, pour rassurer ceux de vos lecteurs qui auraient prêté l'oreille aux propos de certaines rivalités jalouses, que M. Vuillaume échange, sans aucune difficulté, tous les violons et basses achetés chez lui, aussi souvent qu'on le désire, à quelque époque de sa fabrication qu'ils appartiennent, et que, par conséquent, la durée de leurs qualités est aussi assurée à l'acquéreur que ces qualités elles-mêmes; ce dont on sera encore plus convaincu quand j'aurai ajouté que les instruments de M. Vuillaume sont exclusivement fabriqués avec des bois dont l'âge ne peut être révoqué en doute. Car ils proviennent, soit de vieux meubles, soit de vieilles boiseries achetées dans toutes les contrées de l'Europe, dans les nombreuses excursions que M. Vuillaume y a faites. Je pourrais citer à cet égard tel vieux presbytère suisse que M. Vuillaume a fait reconstruire à neuf, pour en enlever les bois qui s'y trouvaient à sa convenance.

A côté de cette fabrication, pour ainsi dire exceptionnelle, M. Vuillaume vient récemment d'en montrer une autre plus réellement industrielle, dans l'acception vulgaire du mot. Au moyen de procédés mécaniques d'une grande précision, il exécute aujourd'hui des instruments d'une excellente qualité, mais ayant toutes les apparences du neuf quant aux conditions extérieures. Une estampille,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

représentant une sainte Cécile d'après le Dominiquin, les distinguera en outre des instruments de prix, et ne tardera pas à répandre, parmi les artistes dont la bourse ne peu atteindre à ces derniers, la réputation de *Sainte-Cécile-des-Ternes*, nom sous lequel ces instruments commencent à être connus et recherchés des amateurs.

M. Vuillaume est originaire de Mirecourt, le lieu de la terre où l'on fabrique le plus de violons. La tradition rapporte, qu'en 1662, un luthier, né dans les environs, et qui avait travaillé avec Stradivarius dans les ateliers d'Amati, à Crémone, vint s'établir à Mirecourt, où il francisa son nom de Willhem en celui de Vuillaume. Mais le peu de succès qu'obtinrent les bons instruments exécutés par lui et ses premiers élèves, ne tarda pas à faire dégénérer cette fabrication, qui gagna en quantité de produits ce qu'elle perdait en qualité. Cependant, à diverses époques, quelques artistes de mérite surgirent de la foule, mais quittèrent Mirecourt pour s'aller fixer dans des villes plus favorables à leurs talents. Il en fut ainsi de M. Vuillaume, qui dut aux circonstances suivantes le point de départ de ses succès.

Chanot, fils d'un luthier de Mirecourt, était devenu officier du génie maritime. Destitué sous la restauration, il résolut de reprendre la profession de son père, en y apportant les connaissances que son éducation scientifique lui avait fournies. Il imagina de changer la forme des violons en lui ôtant ce qu'elle présente d'anguleux sur les bords, et en évitant de trancher dans la table un aussi grand nombre de fibres que le font les *f* des violons ordinaires. Ces conditions donnaient beaucoup de son à l'instrument ; mais un timbre particulier, des formes auxquelles on n'était pas accoutumé, l'empêchèrent de se généraliser, malgré un rapport très favorable de l'Académie des sciences et de celle des beaux-arts. Après trois ans de lutte, Chanot reprit du service, laissant à M. Vuillaume, qu'il s'était attaché, et à un autre associé, le soin de se tirer d'affaire. La sagacité de M. Vuillaume lui avait déjà démontré que les véritables conditions du succès étaient dans l'imitation la plus exacte possible des instruments anciens, qui déjà commençaient à prendre la valeur exagérée dont j'ai parlé plus haut, mais qui, grâce à M. Vuillaume, ne persiste plus guère que pour les instruments de premier ordre. Bien pénétré de cette vérité, M. Vuillaume s'attacha sans relâche à étudier les conditions des bons instruments qui lui tombaient entre les mains, à en reproduire les formes exactes, à se rendre compte de la cause des différences qui, malgré cette exactitude, se montraient entre l'original et la copie, et parvint ainsi, à force d'études laborieuses et persévérantes, à se rendre maitre du secret

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

perdu jusqu'à lui, qui a fondé la gloire des luthiers de Crémone.

M. Vuillaume ne s'est pas borné à se placer au premier rang des luthiers : la fabrication des archets lui doit aussi des progrès incontestés. C'est à lui qu'on doit la substitution, à la baguette de bois, d'un tube d'acier, qui, avec la même légèreté, présente plus de rigidité. A la hausse mobile dont le mouvement, déplaçant le centre de gravité de l'archet, dérangeait les habitudes du musicien, il substitua une hausse fixe, qui ne produit qu'un changement à peu près insensible, quelle que soit la tension donnée à la mèche, et qui, occupant la même place sur la baguette, laisse l'archet dans des conditions constantes pour la main de l'artiste.

Le seul luthier qui, après M. Vuillaume, ait présenté à l'exposition des conditions nouvelles, en dehors de la facture ordinaire, était M. Rambeaux (1). Ses violons ont des tables dont les fibres ne sont tranchées que le moins possible, c'est-à-dire que ces tables, planes d'abord, sont courbées par des moyens mécaniques qui laissent aux fibres toute leur continuité. Les voûtes des tables ordinaires sont, au contraire, creusées dans la masse, ce qui rompt la continuité d'un grand nombre de fibres. Je ne puis avoir d'opinion sur les résultats de ces conditions, d'ailleurs fort logiques, mais pour l'adoption desquelles il faut attendre la sanction du temps.

La plupart des luthiers de l'exposition jouissent d'une réputation méritée, et je crois faire un acte de justice en citant ici les noms de MM. Chanot (2), frère de celui dont j'ai parlé plus haut; Bernardel (3), Thiboust (4), Silvestre (5), de Lyon, et Moncotel (6), tous deux élèves de M. Vuillaume, et enfin M. Derazé (7), de Mirecourt, dont la fabrication considérable comporte des instruments à tous prix. J'y ajouterai enfin, pour les archets, MM. Pecate (8) et Simon (9), aussi élèves de M. Vuillaume.

Les harpes n'avaient qu'un petit nombre de représentants à l'ex-

(1) Médaille d'argent.
(2) Rappel de médaille d'argent.
(3) Médaille d'argent.
(4) Rappel de médaille d'argent.
(5) Médaille de bronze.
(6) Mention honorable pour basse.
(7) Mention honorable.
(8) Médaille de bronze.
(9) Mention honorable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

position. Celles de M. Erard ne présentaient rien de nouveau, non plus que celles de M. Domeny (1).

Je ne pense pas que l'addition faite par M. Lacour (2), de cornets acoustiques à la table de ses harpes dans le but de faciliter la communication du son à l'extérieur, soit une heureuse innovation. Ce but n'est pas atteint, et ajoute inutilement au prix de l'instrument.

Les instruments à vent qui figuraient à l'exposition annoncent de véritables progrès dans la partie matérielle de l'art. Quelques uns même semblent indiquer que la théorie si délicate de ces instruments commence enfin à entrer dans la pratique industrielle, et qu'elles tendent à se compléter l'une par l'autre.

Deux artistes d'une réputation méritée, MM. Raoux (3) et Guichard (4), emploient des conditions différentes pour la fabrication des instruments en cuivre. Le premier a conservé la longue et pénible fabrication au marteau ; mais ses instruments sont recherchés, et leur prix compense la réduction de fabrication. Le second les emboutit au tour, et en fait des quantités considérables qu'il livre à plus bas prix. N'y a-t-il là qu'une vogue due au caprice des artistes, ou bien les procédés de fabrication sont-ils réellement pour quelque chose dans la qualité des instruments, comme semble l'indiquer la décision du jury? Cette question pourrait être l'objet d'expériences importantes pour la théorie, et très utiles pour les applications pratiques.

Depuis longtemps, feu Savart avait constaté l'influence considérable que la matière de la paroi d'un tuyau peut avoir sur la qualité des sons.

Cette remarque n'a pas échappé à M. Sax (5), qui se présentait, pour la première fois, à l'exposition, avec une foule d'instruments nouveaux, aussi remarquables par leurs belles qualités de sons, qu'ingénieux dans leurs dispositions variées. C'est dans ce but qu'il a garni les clefs de ses instruments de manière que la peau, ordinairement employée, ne serve qu'à rendre hermétique la fermeture des trous, sans qu'elle puisse faire partie de la paroi intérieure du tuyau, formée d'un bout à l'autre de la même matière, bois ou métal, quand les trous sont bouchés.

(1) Nouvelle médaille d'argent.
(2) Médaille de bronze.
(3) Médaille d'or.
(4) Médaille d'argent.
(5) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les instruments en cuivre de M. Sax se distinguent encore des autres par une disposition avantageuse à la bonne qualité des sons. On sait que ces instruments ne sont, en général, repliés sur eux-mêmes que pour en diminuer la longueur qui serait trop incommode pour l'exécutant; on sait encore que plusieurs notes de la gamme manquant à ceux qui n'ont pas de clef, comme le cor, le cornet, la trompette, etc.; on a imaginé, pour permettre d'en jouer dans tous les tons, des rallonges ou corps de rechange qui, en modifiant la longueur de la colonne d'air, élèvent ou abaissent le diapason de l'instrument. Enfin, quand la manie modulatrice eut atteint tout nos compositeurs, on imagina les *pistons*, qui, poussés par les doigts de l'exécutant, établissent ou suppriment la communication entre le corps principal de l'instrument, et ces corps additionnels, de manière que la colonne d'air soit, tantôt plus longue, tantôt plus courte, sans qu'il soit besoin d'enlever une rallonge, et de la remplacer par une autre. Mais ces conditions exigeaient des coudes nombreux, et surtout des angles vifs (deux par piston), qui nuisent notablement à la qualité du son. M. Sax a paré à ces inconvénients, en remplaçant les pistons par des cylindres percés de trous qui viennent se placer devant les orifices des allonges, de manière que la colonne d'air ne fasse pas en ce point d'angle tranché. Ses allonges elles-mêmes ne présentent que des courbes très douces, qui ont beaucoup moins d'influence sur la qualité des sons que les courbes à très petit rayon ordinairement employées.

Mais cette condition n'est pas la plus essentielle de celles que M. Sax a appliquées à ses instruments en cuivre. De quelque manière qu'on s'y prenne, dans les changements de tons, l'emploi des cylindres, comme celui des pistons, ne donnera pas toujours à la colonne d'air la longueur convenable au ton nouveau dans lequel on est entré, et on jouera aussi faux que sur un piano tempéré également. M. Sax y a remédié cependant par un *compensateur* ingénieux emprunté aux conditions du trombone. Il adapte à ses instruments une petite coulisse formée d'un tube en U, dont les branches reçoivent les extrémités des autres parties de l'instrument; et, lorsque l'exécutant passe dans un autre ton, au moyen des cylindres, la main faisant glisser la coulisse, allonge ou raccourcit la colonne d'air des quantités convenables au ton dans lequel on joue.

M. Sax a également apporté d'heureux perfectionnements à ses instruments en bois. On sait que, dans ces instruments, l'épaisseur de la paroi donne à chaque trou une capacité notable, et que l'air qui s'y trouve renfermé, lorsque le trou est bouché, entrant en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vibration avec la colonne sonore, modifie ses qualités du son produit, surtout dans les instruments modernes dont les trous ont de très grandes dimensions pour déterminer plus nettement la longueur de la colonne vibrante. Persuadé que la qualité des sons serait notablement améliorée si les parois du tube de l'instrument offraient une continuité parfaite ; si on supprimait enfin les cavités formées par l'épaisseur de la paroi, lorsque les trous sont bouchés, M. Sax a résolu le problème de la manière suivante. Il amincit à l'extérieur la paroi de l'instrument jusqu'à ce que les bords des trous présentent un angle très aigu ; puis, sur ce trou, il place une plaque de métal articulée comme une clef, et maintenue soulevée au moyen d'un ressort. Lorsque le doigt appuie sur cette plaque, elle bouche le trou de manière à continuer exactement la paroi intérieure. L'exécutant y trouve en outre l'avantage de n'avoir pas à s'inquiéter de la position exacte de ses doigts, car il suffit qu'ils rencontrent les plaques pour être certain de boucher hermétiquement les trous, ce qui rend l'étude de l'instrument beaucoup plus facile aux commençants. Ces conditions sont également appliquées par M. Sax à ses instruments en cuivre dans lesquels il supprime les cylindres saillants sur le corps pour recevoir les clefs.

L'agrandissement récent des trous dans les instruments à vent est généralement attribuée à Bœhm, facteur à Munich, qui a donné son nom à la flûte traversière exécutée dans ce système. Je crois devoir dire ici, dans l'intérêt de la verité historique, que cette invention lui a été vivement contestée par le malheureux Gordon, mort fou du chagrin de se voir enlever la gloire de ce perfectionnement qui donne à la flûte des sons plus purs, plus nerveux et plus intenses. Des renseignements authentiques m'avaient été promis à ce sujet ; mais ils ne sont point encore parvenus.

Revenons à M. Sax. L'application des principes énoncés plus haut lui ont permis d'exécuter des instruments nombreux et variés dont les sons remarquables par leur éclat, leur douceur et leur intensité, ajouteront notablement aux ressources déjà si puissantes de nos orchestres. Je citerai entre autres une série de clarinettes parmi lesquelles se trouve le *saxophone*, ou clarinette contre-basse dont les sons d'une grande pureté, parcourent une échelle considérable. M. Sax obtient les octaves supérieures au moyen d'un très petit trou placé près du bec de l'instrument et qui se bouche ou se débouche par l'intermédiaire d'une clef.

Les autres instruments à vent n'offraient aucun caractère de nouveauté, et je me bornerai, comme appréciation du mérite des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

exposants de cette catégorie, à indiquer ici leur classement par le jury central.

Médaille d'argent : M. Tulou, flûte.

Médaille de bronze : M. Adler, basson militaire ;

M. Godefroy, flûte ordinaire et de Bœhm ;

M. Buffet, flûte et clarinette (1) ;

M. Buffet-Crampon, flûte, clarinette et flageolet ;

M. Breton, grandes et petites flûtes. Ce dernier exécute par lui-même et d'une manière très remarquable toutes les parties de l'instrument.

Rappel de médaille de bronze : M. Lefebvre, clarinette ;

MM. Martin frères, flûtes et clarinettes ;

M. Winnen, instruments en bois de tous genres.

Mentions honorables : M. Labbaye, basson ;

MM. Herouard frères, à la Couture. Cette commune, dans les environs de Rouen, est aux instruments à vent en bois ce que Mirecourt est aux violons ;

M. Leroux ainé, flûtes et flageolets.

Citation : M. Cœffet, à Chaumont (Oise), instruments à pistons.

La fabrication des cordes à boyaux pour instruments de musique et autres, était représentée à l'exposition par trois membres de la famille Savaresse, à laquelle la France doit les procédés méthodiques qui président aujourd'hui à la fabrication de produits qui ne le cèdent aux cordes de Naples que pour une espèce de chanterelles.

Beaucoup trop de fausses idées sont répandues sur ce sujet, pour que je ne croie pas utile de les rectifier en donnant sur cette fabrication dans les deux pays des renseignements dont l'exactitude ne me laisse aucun doute.

Le mérite particulier des chanterelles de Naples tient au goût exclusif des Napolitains pour la chair d'agneau, et à leur répugnance presque absolue pour celle de mouton, de sorte que ce n'est que dans quelques mois de l'année qu'on peut y fabriquer les cordes destinées aux instruments de musique.

Pâques est l'époque où commence cette fabrication. Mais alors les agneaux sont trop jeunes pour donner de bonnes chanterelles ; les fibres de leurs intestins sont molles, manquent de résistance, et les chanterelles qui en résultent ont peu de son parce qu'elles sont trop poreuses et ne pèsent pas assez. Aussi, avant que les pro-

(1) Ces trois exposants avaient obtenu la même récompense à l'exposition de 1839.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cédés de fabrication de la corde à boyau fussent perfectionnés en France par M. Savaresse-Sara, qui a cédé depuis sa fabrique à l'un de ses neveux, les Napolitains ne fabriquaient, dans les premiers mois qui suivent Pâques, que des secondes ou des troisièmes pour le violon, et réservaient les quatre autres mois à la fabrication des chanterelles, parce que les intestins d'agneau ont alors acquis les qualités qui conviennent à ces cordes. Mais, depuis que la fabrique française leur fait une concurrence formidable pour les autres cordes par leurs bas prix et leur meilleure qualité, la fabrication napolitaine s'est décidée à ne faire que des chanterelles qui, comme je l'ai dit tout-à-l'heure, manquent, pendant les trois premiers mois qui suivent Pâques, des qualités qu'on recherche dans les chanterelles de Naples, dont la réputation a considérablement baissé depuis quelques années, parce que le consommateur a nécessairement, tantôt une bonne, tantôt une mauvaise chanterelle.

Mais, dira-t-on, pourquoi les fabricants français ne font-ils pas comme les fabricants napolitains? Pourquoi ne font-ils pas leurs chanterelles pendant la période dans laquelle les intestins d'agneau ont acquis les qualités nécessaires? La réponse sera péremptoire. A partir de la Saint-Jean (24 juin), tout agneau français devient légalement mouton, et paie les droits d'octroi en conséquence. De sorte que les bouchers, qui se soucient fort peu de la question des chanterelles, n'achètent alors que des moutons réellement adultes, et dont les intestins ne sont plus propres à cette fabrication, qui ne manque à la France que parce qu'il a convenu au fisc de fixer la majorité des moutons quelques mois trop tôt.

Cependant quelques moutons français, d'une petite espèce, originaires de contrées montagneuses, telles que l'Auvergne, le Berry, les Ardennes, le Forez, etc., donnent fréquemment des chanterelles qui ne sont pas inférieures à celles de Naples, où les procédés de fabrication sont restés ce qu'ils étaient en France il y a vingt ans, et qui ne doivent leur supériorité qu'aux causes locales dont je viens de parler.

Les progrès de cette fabrication, en France, sont dus, comme je l'ai dit, à M. Savaresse-Sara, qui obtint, en 1828, le prix proposé par la société d'encouragement, et qui, récompensé aux expositions de 1823 et 1827 par une médaille de bronze, obtint une médaille d'argent à celle de 1834.

Les conditions que doit remplir une bonne corde de violon sont assez délicates à atteindre dans la fabrication. Ceux de vos lecteurs qui cultivent cet instrument ne seront peut-être pas fâchés de les connaître.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Abstraction faite de la qualité, le son d'une corde, dans l'échelle musicale, dépend, pour une tension donnée, de sa masse, ou, si l'on veut, de son poids, et pour un poids donné de la tension à laquelle on la soumet. Mais sa qualité dépend invariablement des rapports entre cette masse et cette tension. On comprend en outre que la résistance à la tension croissant avec cette même masse, on peut déduire, de cette résistance même, les qualités particulières d'une corde de violon.

Les données suivantes résultent des expériences faites par M. Savaresse-Sara, qui a fait une étude spéciale de cette question.

La chanterelle, mise au ton de l'opéra, doit avoir une tension de $7^{k},50$, et elle ne doit rompre que sous celle de 12 à 13 kil. Plus résistante, elle perd en qualité, manque de moelleux et devient criarde. Plus faible, elle casse au bout de quelque temps, même sans être jouée, mais beaucoup plus tôt si on la joue.

Les matières qui entrent dans une bonne seconde sont moins résistantes que celles qui composent la chanterelle, dont elle a cependant le double de volume. Sa tension normale est de 8 kil. (500 gr. de plus que la chanterelle), et elle doit rompre à 15 kil. de tension. Elle est par conséquent moins dense que la chanterelle.

La tension de la troisième doit être de même que celle de la chanterelle, dont elle a le triple de masse. Elle ne doit rompre qu'à 40 ou 45 kil.

La quatrième, qui est un peu plus fine que la seconde, a une tension normale de $7^{k},25$, et doit rompre à 14 kil. On augmente sa masse par une cannetille ou fil de laiton blanchi qu'on enroule en spirale autour d'elle.

Dans les grands instruments tels que la basse, la quatrième présente aux doigts de l'exécutant une roideur qui gêne considérablement leur jeu.

D'après l'avis de feu Savart, quelques quatrièmes de basse, beaucoup plus fines qu'à l'ordinaire, ont été filées avec une cannetille en platine qui, en leur donnant la même masse, leur laissait une plus grande souplesse. Le résultat a été très remarquable, mais le prix élevé de ces cordes en a nécessairement empêché l'emploi.

Deux qualités principales sont nécessaires à toutes les cordes, et notamment à la chanterelle. La *justesse* dite *de quinte* est celle des sons.

La première résulte de la parfaite cylindricité, dans toute sa longueur, de la corde qui donnerait des quintes fausses, si elle allait en diminuant du sillet au chevalet et réciproquement.

On comprend que, quand un même doigt touche deux cordes qui,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à vide, donnent la quinte juste, et les raccourcit de la même quantité, il est nécessaire, pour que les deux sons restent à la quinte l'un de l'autre, que la masse de chaque corde soit diminuée d'une quantité proportionnelle, ce qui ne peut avoir lieu si l'une des cordes n'est pas cylindrique.

Il est évident, en effet, que si le doigt sépare une pareille corde en deux parties égales, la moitié attaquée par l'archet donnera un son plus grave que l'octave, si le gros bout de la corde est du côté du chevalet, et plus aigu si c'est le contraire ; qu'enfin cette différence se fera sentir porportionnellement pour toutes les divisions de la corde qui ne pourra jamais se trouver en accord de quinte avec sa voisine, excepté dans les sons à vide.

Lorsqu'un musicien a, sur un violon, une pareille chanterelle, il peut y remédier, jusqu'à un certain point, en mouillant avec deux doigts, la moitié ou les deux tiers de la corde vers le bout le plus mince. Cette opération, en faisant renfler la portion la plus mince, ramène à peu près l'équilibre au moins pendant la durée d'un morceau de musique.

La fausseté des sons résulte des inégalités de masse de la corde en divers points de sa longueur. On comprend, en effet, que la corde raccourcie de longueurs proportionnelles aux sons à produire, ne pourra donner que des sons faux, si les quantités de molécules dont on arrête les vibrations ne sont pas elles-mêmes proportionnelles à ces mêmes sons. La justesse des sons dépend principalement, outre l'homogénéité de la matière, du nombre des tours de torsion donnés à la corde. Une plus grande torsion ajoute à sa flexibilité, condition paradoxale en apparence, mais dont on se rendra compte, en comparant la rigidité d'un fil de métal droit avec celle d'une hélice formée avec ce même fil.

Les trois fabricants de cette catégorie qui s'étaient présentés à l'exposition, étaient MM. Savaresse, de Nevers, frère de M. Savaresse-Sara, et deux de ses neveux. Les renseignements me manquent entièrement sur les conditions nouvelles que pouvait comporter la fabrication du premier.

M. Jules Savaresse (1), successeur de M. Savaresse-Sara, exposait des cordes de contre-basse dont le compositeur Gelineck a eu la première idée. Au lieu d'être filées extérieurement, ces cordes, qui sont creuses, ont une cannetille à l'intérieur, condition qui, en augmentant leur sonorité, les rend beaucoup plus flexibles sous les doigts et sous l'archet. Ces cordes sont employées par les meilleurs

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

artistes. M. J. Savaresse a, en outre, imaginé un mode d'empaquetage qui empêche les cordes de se former en huit sous l'influence de l'humidité, et les rend plus propres à l'exportation.

M. Henri Savaresse (1) exposait des chanterelles en soie agglutinées par de la gélatine de boyau, et qui offrent une grande résistance à la tension. Des cordes analogues avaient été exposées en 1839 par M. Naveau. Mais elles ont paru, au jury de cette époque, moins sonore que les bonnes cordes à boyau, différence qui se faisait surtout sentir pour les chanterelles. On m'a affirmé que celles de M. Henri Savaresse se distinguent par de très belles qualités de son.

Je terminerai mon examen de la partie musicale de l'exposition par quelques mots sur le *Solfége géant* et l'*expositeur mobile* de M. Teste. Le solfége géant est formé d'une longue bande de papier de 100 mètres de long sur 1^{m},50 de large, sur laquelle sont tracées, dans de grandes dimensions, les leçons successives d'un cours de musique. Les deux extrémités de cette feuille sont terminées par deux rouleaux autour desquelles elle s'enroule. L'expositeur mobile est formé d'un cadre dont les côtés verticaux portent un certain nombre d'échancrures en regard. Les deux rouleaux du solfége géant se placent dans les échancrures extrêmes du haut et du bas, et sont mis en communication avec un petit mécanisme formé principalement de deux poulies sur lesquelles s'enroule une corde sans fin qui, tirée à la main, enroule le solfége sur l'un des rouleaux et le déroule de dessus l'autre, ce qui fait passer successivement devant l'auditoire les diverses leçons écrites sur la feuille de papier.

Les échancrures intermédiaires sont destinées à recevoir d'autres rouleaux pour la géographie, l'histoire, qui, placés derrière la feuille employée, n'en gênent en aucune manière le mouvement. Cet appareil, aussi simple qu'utile, est destiné à faciliter l'enseignement dans les cours publics, d'où il fera disparaître ces nombreux tableaux de rechange qui encombrent les petites localités, et ne peut qu'être très utile aux progrès de l'enseignement.

(1) Mention honorable.

(*La fin au numéro de janvier* 1844.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS LE XVIIe VOLUME

DE LA

REVUE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE.

Numéro de mai.

De l'esprit industriel en France et en Angleterre, ou appréciation basée sur des faits de la différence qui caractérise, au point de vue industriel, l'esprit et la situation de ces deux puissances européennes ; par M. D.-P. Constant Pionnier. 5
Études techniques sur l'exposition des produits de l'industrie française en 1844, par N. Boquillon, bibliothécaire du Conservatoire des arts et métiers. 67
Métiers à tisser. 99
Outillage. 117
Machines à vapeur. 168

Numéro de juin.

Machines à vapeur. (Suite.) 169
Moteurs et machines hydrauliques. 217
Horlogerie. 241
Instruments de précision. 332
Instruments de musique. 367

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

REVUE

SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE.

ÉTUDES TECHNIQUES

SUR

L'EXPOSITION DES PRODUITS

DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE EN 1844;

PAR N. ROQUILLON,

Bibliothécaire du Conservatoire des arts et métiers.

(*Suite*) (1).

A M. le docteur Quesneville, directeur de la REVUE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE.

Arquebuserie.

Ceux de vos lecteurs qui partagent mon opinion sur la musique, et surtout sur les artistes modernes, penseront probablement, comme moi, que l'examen des instruments de musique amenait naturellement celui des armes à feu, qui, au surplus, ont, de nos jours, figuré dans certains concerts, où certains effets rhythmiques

(1) Le retard apporté à la publication de ce troisième numéro est dû aux extrêmes difficultés qu'a éprouvées l'auteur à recueillir certaines notes qui lui paraissaient indispensables, et que, malgré le zèle le plus actif, il est loin d'avoir complétées à son entière satisfaction.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

étaient produits par le brisement d'une chaise ou la détonation d'un pistolet (1).

Ce ne sera pas, toutefois, sous ce point de vue que j'envisagerai cette industrie, qui, dans les galeries de l'exposition, présentait des progrès remarquables.

Fidèle au plan que je me suis tracé jusqu'à présent, mon examen restera principalement technique, c'est-à-dire que, sans dédaigner cependant l'exécution, quelquefois trop belle, peut-être, de certaines armes de luxe, je m'attacherai spécialement à signaler ce qui peut présenter un caractère de nouveauté, soit dans les procédés de fabrication, soit dans les conditions mécaniques appliquées aux armes à feu.

Le progrès le plus remarquable que j'aie à signaler, est celui qui, pour un même poids de métal, augmente la résistance des canons de fusil, à tel point que, désormais, quelle que soit l'imprévoyance d'un chasseur ; qu'il mette dans son fusil triple ou quadruple charge, que la neige ou la boue y fasse une chambre d'air entre la charge et la bouche du canon, la rupture de l'arme n'en pourra jamais résulter.

(1) Cette bruyante musique n'était pourtant qu'une faible imitation d'une musique beaucoup plus *ronflante*, inventée, en 1788, par le célèbre Sarti, alors maître de chapelle à Saint-Pétersbourg.

Je trouve, en effet, dans les notes de M. Anders, qu'à l'occasion des fêtes données pour la prise d'Okzakow, Sarti composa un grand *Te Deum* qui fut exécuté dans le château impérial par une nombreuse réunion de chanteurs et d'instrumentistes, auxquels se joignit un orchestre de cors russes. Pour augmenter l'effet de cette musique grandiose, Sarti fit placer dans la cour du château des canons de différents calibres, dont les coups tirés en mesure, à des intervalles donnés, formaient la basse de certains morceaux.

Cette musique étrange, on le pense bien, fit du bruit et trouva de l'écho en Allemagne, où Charles Stamitz, célèbre par son talent sur l'alto et la viole d'amour, exécuta, à Nuremberg, une grande musique vocale et instrumentale de sa composition, dont la pompe était relevée par l'accompagnement obligé de coups de canon.

En Russie, la tradition de Sarti n'a pas été perdue. Dans un ouvrage récent sur ce pays, on trouve la description d'un camp de plaisance tenu, en 1836, à Krasnoje-Selo, aux environs de Saint-Pétersbourg. A la fin des manœuvres, il y eut une grande parade qui se termina par un chant guerrier composé pour cette solennité. Cent vingt coups de canon, tirés simultanément, formaient l'introduction. Puis, le chant fut entonné par la masse innombrable des chanteurs de tous les régiments, soutenus par toute la musique militaire, deux corps de trompettes et des tambours au nombre de seize cents. Des coups de canon, tirés régulièrement, battaient la mesure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ce progrès remarquable a été obtenu d'abord par M. Gastine-Renette (1), gendre et successeur de l'un des plus habiles *canonniers* de l'arquebuserie parisienne. Mais pour en bien faire comprendre les conditions, j'ai besoin d'indiquer rapidement celles de la fabrication ordinaire des canons de fusil.

Des rubans formés d'une étoffe de fer et d'acier sont d'abord enroulés en hélice autour d'une chemise de tôle. On chauffe à blanc une certaine portion du cylindre ainsi formé, on y introduit un mandrin, et on forge pour souder les hélices les unes aux autres, en ayant soin de frapper fréquemment le bout du cylindre contre l'enclume, pour rapprocher les hélices, que les coups de marteau tendent à écarter; de sorte que leur soudure est plutôt le résultat de ce refoulement contre l'enclume que celui du forgeage au marteau. Cette méthode, comme on le voit, a l'inconvénient de pouvoir laisser des fissures en certains points du contact des hélices, et de diminuer par là la résistance du canon, dont la rupture a toujours lieu sur ces lignes, souvent très peu apparentes, et qu'on nomme des *travers*.

Les rubans de M. Gastine-Renette, au lieu d'être plats comme les rubans ordinaires, sont étirés dans une matrice triangulaire. Un premier ruban est enroulé autour de la chemise de tôle, et y forme une véritable vis, dans les pas de laquelle on enroule un second ruban de même forme, qui remplit les vides laissés par le premier. On forge en cet état, ce qui produit des soudures croisées, formant des plans obliques à l'axe du canon, dans lesquels les travers sont absolument impossibles.

De nombreuses expériences, auxquelles j'ai constamment assisté avec des hommes très compétents sur la matière, ont donné la preuve que ces canons peuvent résister à des charges énormes. L'un d'eux a résisté à celle de 60 gr. de poudre et de 320 gr. de petit plomb, les plus fortes charges employées par les chasseurs, pour les armes d'un semblable calibre, ne dépassant guère 3 à 4 grammes de poudre et 40 grammes de plomb.

On comprend que les procédés de M. Gastine-Renette, tout en conservant aux canons de fusil une résistance plus que suffisante, permettent d'en alléger notablement le poids, et de diminuer ainsi la fatigue des chasseurs, qui y trouveront en outre toute sécurité contre la rupture de leur arme.

Le succès de M. Gastine-Renette a stimulé l'émulation de deux

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

canonniers distingués, MM. Léopold et Albert Bernard, ce dernier élève de M. Renette.

M. Léopold Bernard (1) forme ses canons de deux rubans plats, superposés, mais dont les hélices se croisent en sens contraire, condition qui permet plus de régularité dans les dessins formés par l'étoffe de ces rubans. Bien que, dans des épreuves auxquelles je n'ai pas assisté, ses canons aient résisté à des charges égales à celles de M. Gastine, je ne pense pas qu'ils puissent offrir constamment en fabrique les mêmes conditions de résistance.

En effet, s'il est vrai de dire que la soudure des deux rubans superposés offre au moins les mêmes conditions d'adhérence entre eux que les plans inclinés de M. Gastine-Renette, il n'est pas sans utilité de faire remarquer que rien n'empêche les travers entre les joints des hélices d'un même ruban, et que, si le forage ou le travail extérieur du canon fait disparaître, en un point quelconque, l'un des deux rubans, dont la forge aura pu affaiblir notablement l'épaisseur, aucune garantie n'existera contre un travers qui, en ce point, se trouverait exister dans le ruban conservé. Ces observations ne s'appliquent ici qu'au procédé en lui-même, dont les dangers disparaissent entre les mains habiles qui l'ont appliqué jusqu'à présent; mais en d'autres mains, il aurait l'inconvénient grave de donner au chasseur une fausse sécurité, et provoquerait, par conséquent, beaucoup plus d'accidents que les canons ordinaires, qu'on craindra toujours de mettre a de trop fortes épreuves. J'ajouterai que M. Renette affirme avoir employé autrefois ce procédé, auquel il n'a renoncé que par les motifs que je viens de signaler.

Au lieu d'employer la lime ou la meule pour le dressage extérieur de ses canons, M. Léopold Bernard se sert d'un tour à chariot, disposé de manière que l'outil parcoure la ligne qui détermine en chaque point l'épaisseur exacte que doivent avoir ses canons.

M. Albert Bernard (2) s'est particulièrement attaché à la fabrication de canons, soit en acier fondu, soit en acier corroyé, soit enfin en acier allié d'un quinzième de fer. Les épreuves auxquelles ces canons ont été soumis ont donné des résultats également remarquables, et qui ne le cèdent pas à ceux des expériences précédentes. Je ferai remarquer, toutefois, qu'il n'y a rien de nouveau dans les conditions où s'est mis M. Albert Bernard, si ce n'est la

(1) Médaille d'argent.
(2) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

diminution d'épaisseur de ses canons ; car depuis longtemps, l'acier, fondu surtout, est employé à l'exécution des canons de carabine, dont la rayure est moins facilement altérée par le tir que celle des canons en étoffe de fer et d'acier.

J'ajouterai qu'en tout état de cause, l'honneur des premières tentatives appartient tout entier à M. Gastine-Renette, dont le mode de fabrication, beaucoup plus manufacturier que celui de ses concurrents, ne présente aucune chance de non-réussite, et offre une sécurité beaucoup plus complète au chasseur. Sa fabrique est la seule, dans Paris, qui exécute l'arme tout entière. Sous ce rapport, la réputation de sa maison est faite depuis longues années, soit pour l'élégance, la sûreté et le fini de toutes les pièces, soit pour la justesse qu'on obtient du tir de ses pistolets ou de ses carabines, réglés sur un banc d'épreuve d'une précision inconnue jusqu'à présent dans l'arquebuserie.

M. Gastine-Renette exposait aussi des fusils s'amorçant d'eux-mêmes, par une disposition d'une extrême simplicité, et pouvant, à la volonté du chasseur, s'amorcer à la manière ordinaire.

Les pistolets de luxe qu'il exposait se distinguaient par une rare élégance, un goût remarquable, et une grande délicatesse d'exécution.

Je ne suis guère compétent pour prononcer sur le mérite relatif des diverses innovations qui me restent à signaler dans l'arquebuserie de l'exposition ; et, dans la plupart des cas, mon rôle devra se borner au simple exposé de ces modifications.

Je commence par celles qui ont principalement pour but de diminuer les dangers que l'imprudence ou un accident peut faire courir aux chasseurs.

Le *fusil de sûreté* de M. Guérin, à Honfleur, présente peut-être une trop grande complication dans son mécanisme, qui, par cela même, peut être sujet à mal fonctionner avec le temps ; mais il présente cet avantage remarquable, que tant que l'arme n'est pas en joue, et tenue par le chasseur avec l'intention de faire feu, les deux chiens, même armés, ne peuvent s'abattre sur les cheminées, et que les accidents résultant de l'accrochement des détentes, d'un choc de la crosse par terre, etc., etc., ne peuvent avoir lieu. Ces conditions sont accomplies par un mécanisme que M. Guérin appelle une troisième platine, et dont la pièce principale forme une espèce de pince, dont les branches écartées logent leurs extrémités recourbées dans des trous pratiqués dans la noix des chiens, qu'elles empêchent de fonctionner. Ces branches se rapprochent lorsque le chasseur tient son fusil en joue, et mettent les noix en liberté.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Caron emploie comme moyen de sûreté, une tête de chien tournante. Placée dans une certaine position, cette tête frappe une pièce de la batterie, et le chien n'écrase pas l'amorce. Dans une autre position, l'amorce est franchement atteinte, et le coup part. Cette disposition, très simple en elle-même, a cependant l'inconvénient de ne présenter de véritable sécurité au chasseur qu'à la condition qu'il pensera à tourner la tête du chien dans le sens convenable quand il ne se sert pas de son fusil, et de lui faire manquer sa pièce, si, au moment de tirer, il oublie de faire tourner cette tête. Enfin, l'usure des pièces peut rendre la tête assez mobile pour que, d'elle-même, elle prenne la position contraire à celle que désire le chasseur.

Du reste, les armes exposées par M. Caron sont d'une belle et solide exécution.

Celles qu'exposaient MM. Bessière et Martin comportent un mécanisme qui les fait s'amorcer d'elles-mêmes au moment où on arme le chien, de sorte que le chien pourrait partir au repos sans qu'il en résultât d'accident, puisqu'il n'y aurait pas de capsule sur la cheminée. D'un autre côté, la capsule, une fois mise, est maintenue sur la cheminée par la pièce qui l'y a posée, et qui ne se retire qu'au moment où le chien s'abat, ce qui empêche de perdre les capsules.

Cette disposition, ainsi que celle de M. Gastine-Renette, présente l'avantage de permettre de chasser avec des gants, les doigts n'étant plus obligés de prendre la capsule pour amorcer; mais celle de M. Gastine-Renette me semble avoir l'avantage d'une plus grande simplicité, et par conséquent d'être moins susceptible de dérangement.

Il ne m'est guère possible d'avoir une opinion sur les avantages ou les inconvénients des fusils se chargeant par la culasse, qui ont leurs partisans et leurs détracteurs.

Ceux qu'exposait M. Gosse appartiennent à la catégorie désignée sous le nom de système Charrois. Le fusil ne se rompt pas en deux parties, comme dans les autres systèmes; le tonnerre seul s'enlève et reçoit la charge, puis on le replace, et le fusil est prêt à fonctionner. Ce fusil est exempt de ces crachements, qui sont un des principaux inconvénients des armes qui se brisent, et son nettoyage est beaucoup plus facile que celui des fusils ordinaires. Si le chasseur se trouve démuni de cartouches, il charge son arme comme à l'ordinaire sans aucune difficulté. Une condition du système Gosse, c'est que le chien ne peut s'abattre tant que le fusil

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

n'est pas complétement fermé, après la mise en place du tonnerre, ce qui diminue notablement les chances d'accident.

M. Desnyaux (1) a rendu impossible le crachement, qui a été l'une des principales causes de l'abandon du fusil Robert, en employant un moyen analogue. La cartouche est métallique, et se place comme le tonnerre du fusil Gosse. Cette cartouche, qui porte sa cheminée, peut s'enlever facilement du tonnerre, parce que la bascule qu'on ouvre dans ce but lui fait faire un mouvement de recul qui la dégage entièrement.

Le problème de tirer un certain nombre de coups avec la même arme, sans avoir besoin de la recharger, a été tenté fréquemment, et l'exposition révélait plusieurs essais de ce genre. Au rapport de M. Olivier, on a imaginé, en Danemark, de placer jusqu'à dix charges dans un seul canon. Chaque balle était percée, de manière que le feu mis à la première charge, placée le plus près de la bouche du canon, se communiquait à la seconde, puis à la troisième, et ainsi de suite, jusqu'à la dernière, placée à la culasse.

On avait proposé l'emploi de ces armes pour la marine, entre les mains de matelots, qui, placés dans les haubans, auraient ainsi mitraillé le pont ennemi.

En 1839, M. Lepage exposait des pistolets à charges superposées, la balle de la charge inférieure séparant sa propre poudre de celle de la charge supérieure, et plusieurs exposants avaient reproduit, cette année, les mêmes conditions.

M. Lange exposait des armes à charges superposées exécutées par M. Murgue, et qui se distinguent par cette particularité, que chaque charge est séparée des autres par une bourre fabriquée avec de la charpie et du suif, et qui est, pour ainsi dire, incompressible. De plus, elle graisse le canon, et l'enduit d'une couche mince de suif qui intercepte toute communication entre la charge inférieure et la charge supérieure.

Le mécanisme de ces armes, quoique très simple, est impossible à décrire sans de nombreuses figures. Je me bornerai donc à répéter, avec le rapport de M. Ollivier à la Société d'encouragement, que, si elles sont inutiles dans l'armée, elles peuvent être très efficaces entre les mains des colons de l'Algérie, partout enfin où des hommes réunis en petit nombre, et sur des points isolés, auraient besoin de se prémunir contre les agressions fréquentes de peuplades ennemies.

M. Javal exposait des fusils et des pistolets du système Ma-

(1) Rappel de médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

thieu, qui consiste, en principe, à disposer une couronne de petits tonnerres, contenant la charge, de manière qu'à chaque action du doigt sur la détente, l'un des tonnerres placé entre le canon unique et la crosse de l'arme, se trouve déchargé, et qu'un nouveau tonnerre vient le remplacer devant le canon. Ce résultat s'obtient au moyen d'un ressort en spirale, comme celui d'une pendule, et qui, à chaque mouvement de la détente, se débande d'une certaine quantité, pour faire frapper un chien intérieur et amener un nouveau tonnerre devant le canon. Cette arme a aussi été l'objet d'un rapport favorable de M. Ollivier à la Société d'encouragement, et a mérité à son auteur une médaille de bronze, également décernée par cette société à M. Lange.

D'autres exposants présentaient des armes du même genre que celles de M. Mathieu, mais avec cette différence capitale, que le mouvement des tonnerres pour se placer devant le canon, et le départ du chien, y sont produits par la seule action de la détente, à laquelle le doigt est obligé de faire faire une très longue course, ce qui ne peut que nuire à la justesse du tir, l'arme ne pouvant conserver la fixité nécessaire pendant ce grand mouvement du doigt.

J'ai encore distingué, comme une intéressante nouveauté, les platines de M. Pidault (1), où le mécanisme d'une batterie semble réduit à sa plus simple expression. Les crans de la noix ont disparu, et sont remplacés par des encoches pratiquées dans la platine, où se loge une projection de la noix, pour produire soit le repos, soit l'armé du chien.

Telles sont les nouveautés en arquebuserie qu'il m'a été donné d'étudier sur des notes très incomplètes. Un grand nombre de celles qui m'ont été promises ne me sont point parvenues, ce qui me force à passer sous silence quelques productions réellement remarquables, mais sur lesquelles mes souvenirs sont trop confus pour que j'entreprenne de les décrire.

Les armes de luxe abondaient à l'exposition, et j'ai bien peur que le plus grand nombre des arquebusiers, qui avaient compté sur cette solennité pour tenter les riches amateurs, n'aient pas été dédommagés des sacrifices onéreux qu'ils ont dû faire pour établir les magnifiques pièces qu'ils exposaient, et dont quelques unes atteignent des prix énormes, notamment celles de M. Houillier-Blanchard, dont une paire de pistolets, vrai chef-d'œuvre de ciselure, était cotée 10,000 francs. Au nombre de ces derniers, je puis

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

encore citer MM. Gauvain (1), Claudin (2), et Lepage-Moutier (3). Cette dernière maison est chargée de l'exécution des magnifiques damas de M. le duc de Luynes.

La fabrication des armes ramène encore sous ma plume le nom de M. Philippe de Girard, qui, longtemps avant qu'on songeât en France à l'exécution mécanique des bois de fusils, avait réalisé matériellement cette fabrication à Varsovie, d'où il a rapporté, pour les faire figurer à l'exposition, plusieurs échantillons de ces bois à divers degrés d'avancement. Je ne suis pas suffisamment renseigné sur les procédés français et sur ceux de M. de Girard pour établir ici de comparaison entre eux. Je me bornerai à dire que les échantillons de ce dernier attestent des conditions mécaniques remarquables par la précision avec laquelle le bois est travaillé et l'économie considérable qui doit résulter de ce mode de fabrication.

Les nombreux systèmes d'armes à feu qui ont surgi depuis quelques années ont amené la nécessité de cartouches ou d'amorces propres à chacun d'eux.

M. Chaudun (4) s'est particulièrement livré à ce genre de fabrication, et exposait un nombre considérable de culots, de cartouches métalliques, ou autres, applicables à ces différents systèmes. Je citerai notamment ses cartouches incombustibles, qui peuvent recevoir successivement plusieurs charges de poudre, et qui s'appliquent à tous les systèmes connus.

C'est vers 1806 que paraissent avoir été tentées les premières applications de la poudre fulminante aux armes à feu. On les attribue à un armurier nommé Julien Leroy; mais je n'ai sur ce point que des renseignements traditionnels.

Le renseignement authentique le plus ancien que j'aie pu découvrir remonte au mois de mars 1810. C'est un rapport à la Société d'encouragement, par M. Benjamin Delessert, sur une nouvelle platine de fusil, exécutée par M. Prélat, d'après un modèle importé d'Angleterre. La poudre d'amorce était composée, comme on le disait alors, de muriate oxigéné de potasse, de soufre et de charbon. Elle était contenue dans une espèce de tambour auquel on imprimait à la main un mouvement de bascule, qui mettait quelques grains de poudre dans la lumière placée dans le tourillon

(1) Médaille d'argent.
(2) Rappel de médaille de bronze.
(3) Rappel de médaille d'argent.
(4) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même de ce tambour. En remettant celui-ci dans sa première position, on ramenait au-dessus de la lumière une petite broche d'acier, logée dans le tambour, et sur laquelle le chien s'abattait. Le choc produit déterminait l'inflammation de la poudre fulminante, et le coup partait.

En septembre de la même année, M. Gengembre fit, à la même société, un autre rapport sur une nouvelle platine de M. Lepage, qui ne changeait que les formes extérieures du chien et du couvre-feu. Le premier faisait marteau, et le second était traversé par une tige d'acier qui, frappée par le marteau, était poussée violemment contre la poudre fulminante de même composition, placée dans le bassinet au moyen d'une petite poire à poudre, disposée de manière à n'en laisser sortir à la fois qu'un milligramme environ.

Enfin, un troisième rapport, fait, en avril 1811, à la même société, par M. Molard, sur une nouvelle platine de M. Deboubert, montre le chien frappant directement la poudre fulminante dans le bassinet, après avoir, dans son mouvement de descente, relevé le couvre-feu par l'intermédiaire d'un levier. Je n'y trouve aucune indication sur la manière d'amorcer.

C'est encore sur des renseignements purement traditionnels que j'ajouterai que, jusqu'en 1820, les amorces fulminantes furent généralement fabriquées par les armuriers eux-mêmes. Elles avaient la forme d'un grain de plomb de chasse d'un fort calibre, et furent d'abord employées à l'état libre. Puis, pour les préserver de l'humidité, on les enveloppa d'une couche de cire la plus mince possible, qui devait aussi servir à les fixer soit dans la cheminée, soit dans la tête du chien, disposées pour les recevoir. Elles étaient alors connues sous le nom de *boules fulminantes*.

En 1820, la capsule de cuivre actuellement employée fut inventée par le même M. Deboubert, qui prit pour cette invention un brevet de cinq ans qui ne donne aucun détail sur la fabrication de cette capsule, et se borne à indiquer l'emploi de l'argent fulminant.

Mais, à cette époque, la probité industrielle ne respectait pas plus les brevets qu'elle ne les respecte aujourd'hui. Un grand nombre d'armuriers firent concurrence à M. Deboubert, qui, redoutant les tracasseries d'un procès en contrefaçon, laissa sa propriété au pillage, et fut obligé de baisser ses prix de 25 fr. à 10 fr. le mille.

Pendant longtemps, les capsules furent fabriquées avec des espèces de découpoirs, manœuvrés à la main par un ouvrier qui pouvait en produire environ un millier à l'heure. C'est vers 1824 que des procédés mécaniques, dont le principe est encore appliqué

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aujourd'hui, furent inventés par MM. Piobert et Tardy, alors capitaines d'artillerie, qui y apportèrent de notables perfectionnements en 1826. Au moyen de ces ingénieux appareils, qui, jusqu'en 1833, furent employés exclusivement dans les ateliers de la maison Tardy et Blanchet, un ouvrier peut fabriquer jusqu'à 12,000 capsules à l'heure. A cette dernière époque, des machines analogues furent établies dans la maison Illig.

L'année 1835 vit s'établir dans la maison Gevelot (1) des appareils fondés sur les mêmes principes, mais de formes différentes. Ces machines donnèrent une nouvelle impulsion à cette fabrication, qui comptait alors dans Paris onze représentants, dont on pouvait évaluer les produits à 300 millions d'amorces par année.

Mais, cette même année, s'éleva un nouvel établissement connu sous le nom de fabrique du Bas-Meudon et des Bruyères de Sèvres, dirigée par MM. Gaupillat et Delion, qui, l'année suivante, y installèrent les mêmes machines que celles de l'établissement Tardy et Blanchet.

Une concurrence désastreuse résulta d'une production exagérée. Plusieurs fabricants furent obligés de quitter les affaires.

D'autres, MM. Illig, Guindorff et Masse, réunirent leurs intérêts à ceux de M. Gaupillat (2), que la mort de son associé avait laissé seul, et fondèrent avec lui l'établissement colossal, dont les produits figuraient, à l'exposition, à côté de ceux de la maison Gevelot.

J'ai visité ces deux établissements, et j'ai pu y constater de remarquables progrès.

La maison Gevelot, qui a pu maintenir ses prix, parce qu'elle avait, de longue date, une clientèle assurée par l'excellence de ses produits, a apporté d'heureuses et utiles innovations dans la préparation du fulminate de mercure, seule matière détonante qui entre dans ses capsules. Avant elle, cette fabrication se traitait à vase ouvert. Il en résultait non seulement une grande perte de matières, mais encore une préparation imparfaite du sel mercuriel. L'emploi des ballons de verre fut un progrès; mais les effluves d'éther nitrique, plus abondants au sortir des ballons, rendaient plus dangereuse l'approche de ces vases aux ouvriers. Plus tard, leur condensation dans un serpentin rendit l'opération moins dangereuse; elle cessa enfin tout-à-fait de l'être, lorsqu'après diverses modifications successives dans les formes des appareils, la conden-

(1) Médaille de bronze.
(2) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sation put s'opérer dans une série de récipients en grès, disposés dans les conditions de l'appareil de Woulf. Cette opération, qui présente de grands dangers, ainsi que celle de la charge des capsules, se fait dans un bâtiment entièrement isolé, dans le voisinage d'Issy.

Le dernier progrès de la maison Gevelot dans cette fabrication est une capsule hexagone, qu'il est plus facile d'enlever de la cheminée de l'arme que celle dite cannelée. Elle offre en outre beaucoup moins de prise à l'action capillaire de l'eau qui peut s'y attacher par un temps de pluie.

Dans l'établissement du Bas-Meudon et des Bruyères, les progrès ont marché avec une grande rapidité. Dès sa formation, l'emploi de l'appareil de Woulf fait décerner le prix Montyon à M. Delion, qui l'appliquait le premier à cette fabrication, après avoir notablement contribué aux autres perfectionnements, introduits successivement dans la maison Gevelot ; plus tard, un sassage mécanique vint donner plus d'éclat au cuivre des capsules, et apporter une économie notable dans la fabrication ; puis des procédés pour la reconversion en alcool de l'éther nitrique condensé dans l'appareil de Woulf, amenèrent une économie plus considérable encore, en permettant de faire servir plusieurs fois le même alcool à la fabrication du fulminate de mercure.

Mais le progrès le plus remarquable de tous, parce qu'il est le plus utile, et qu'il a pour but de garantir la vie des nombreux ouvriers employés à la charge des capsules, est un bouclier en forte tôle qui sépare les ouvriers du distributeur de la poudre fulminante, et qui a pour mission de déterminer l'explosion, quand elle a lieu, vers une fenêtre très légère, qui, n'offrant qu'une très faible résistance, rend ces explosions terribles à peu près sans danger pour ceux qui sont dans le voisinage. M. Gaupillat et ces associés espèrent parvenir à donner la même sécurité aux quelques ouvriers chargés de la préparation directe du fulminate de mercure. Faisons des vœux pour qu'ils réussissent, et soustraient à d'épouvantables dangers les hommes assez courageux pour s'y livrer habituellement.

Leur fabrication emploie environ 180 ouvriers, hommes et femmes, dont 80 sont occupés aux Bruyères de Sèvres, où se fait la charge des capsules et la préparation des poudres ; 170 femmes environ trouvent, dans Paris, une existence assurée dans la fabrication des boîtes en carton destinées à contenir les capsules de cet établissement, dont les prix varient de 90 c. à 3 fr. 50 le mille, et dont la fabrication s'est élevée en 1843 au nombre énorme de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

600 millions, portés en 1844 à 700 millions. La France en consomme de 100 à 125 millions; tout le reste s'exporte.

Tout porte à croire que si l'industrie des amorces fulminantes existe encore en France, quant à l'exportation, on le doit à cet établissement, qui, par ses procédés mécaniques et ses puissants moyens d'action, a pu seul lutter à l'étranger contre la concurrence allemande, qui, aujourd'hui, fait une rude guerre aux produits français.

On estime à 800 millions la production totale des capsules dans les divers établissements existants à Paris.

Une autre branche importante de la fabrication du Bas-Meudon est celle des œillets métalliques, qui sont exécutés par des appareils d'une remarquable simplicité.

Je vais maintenant essayer de donner quelques explications succinctes sur la fabrication des capsules et sur leur charge.

Le cuivre, d'abord découpé en bandes, laminé d'épaisseur convenable, recuit et décapé, est porté aux machines qui doivent former les alvéoles, et qui, dans les deux établissements dont je m'occupe ici, sont mues par une machine à vapeur. Là, les bandes de cuivre sont saisies par la machine, dont les rapides organes découpent d'abord, soit des disques, soit des étoiles (selon que les capsules doivent être fendues ou offrir une surface continue, et sans aucune interruption); puis, poussant ces disques ou ces étoiles contre une matrice convenable, ne les abandonnent qu'après les avoir emboutis sous la forme demandée, c'est-à-dire sous celle d'un dé uni ou cannelé, ou bien sous celle d'un petit chapeau. Je n'entreprendrai point de détailler ici les formes et les fonctions des organes qui remplissent ces conditions; il faudrait pour y parvenir un trop grand nombre de figures; je me bornerai à dire que chaque mouvement de la machine produit deux ou trois capsules, parce que chaque machine est armée d'un nombre égal de poinçons et de matrices, dont l'usure rapide est facilement réparée, dans l'usine du Bas-Meudon, par un outillage parfaitement entendu, au moyen duquel les poinçons passent successivement des gros numéros aux petits, et les matrices des petits numéros aux plus forts.

Les capsules, après l'opération du sassage, qui détruit les rebarbes produites par le découpoir, sont portées à l'atelier de charge. Là des ouvrières, les prenant par poignées, les jettent sur une *main*, formée de deux lames de fer superposées à une petite distance l'une de l'autre et faisant charnière. La lame supérieure est percée régulièrement d'un grand nombre de petits trous du diamètre extérieur des capsules. Sur la lame inférieure, et en regard de chaque

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trou, est gravée la marque du fabricant. L'ouvrière, agitant cette main d'une certaine manière, secoue sur elle les capsules, dont le centre de gravité est plus près du fond que de l'orifice, ce qui les fait redresser et tomber dans les trous de la main ; si quelques unes sont retournées, ce qui arrive rarement, si quelques trous ne sont pas garnis, la dissymétrie qui en résulte frappe nécessairement l'œil de l'ouvrière, qui remet tout en ordre.

Cette main, ainsi garnie de capsules, est glissée sous une trémie contenant la poudre fulminante. Le fond de cette trémie est formé de trois pièces superposées, dont celle du milieu, qui est en ivoire, est mobile. Toutes trois sont percées de trous en nombre égal à ceux de la main ; mais ceux de dessous se continuent par de petits tubes qui entrent dans les capsules elles-mêmes, pour éviter que la poudre se répande ailleurs.

Dans une certaine position de la pièce du milieu, appelée *tiroir*, ses trous sont en face de ceux du fond supérieur, et ne communiquent pas avec ceux du fond inférieur, de sorte que la poudre fulminante, descendant par son propre poids, remplit les trous du tiroir. Un petit mouvement imprimé à celui-ci supprime sa communication avec les trous supérieurs, et l'établit avec les trous inférieurs, à travers lesquels la poudre tombe dans les capsules. C'est surtout dans le mouvement du tiroir qu'existe le danger. Il suffit de l'écrasement, dans certaines conditions, du plus petit grain de poudre fulminante, pour déterminer l'explosion de tout ce que contient la trémie, dans laquelle les besoins d'un travail régulier exigent qu'il s'en trouve toujours une quantité notable. C'est là surtout que le bouclier de la maison Gaupillat offre une importance capitale, parce qu'il sépare les ouvriers de cette fatale trémie, sous laquelle la main est glissée à travers une ouverture pratiquée dans le bouclier.

Après le mouvement du tiroir, qui a garni les capsules de poudre, on retire la main de dessus la trémie, et elle arrive à l'ouvrier chargé de comprimer la poudre pour la retenir dans les capsules. Celui-ci place sur la main une plaque de fer armée de petits poinçons, en nombre égal à ceux des trous de cette main, et qui pénètrent dans les capsules jusque sur la poudre ; puis il introduit le tout entre deux cylindres ou portions de cylindre excentriques, dont le mouvement de rotation, imprimé par une manivelle ou un levier, comprime la poudre au fond des capsules, et estampe en même temps sur le fond de celles-ci la marque du fabricant. C'est un phénomène remarquable, que cette pression considérable ne produise que de rares explosions, pour lesquelles il faut nécessaire-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment des conditions qui l'assimilent à un choc. L'explosion de quelques capsules dans une main ne produit aucune espèce de danger. Les capsules voisines sont seulement noircies à l'extérieur, et sont mises à part pour être vendues à plus bas prix que les autres. Les capsules terminées sont jetées hors de la main, par le soulèvement de la partie supérieure de cette pièce, puis rapidement comptées dans un autre atelier, au moyen de mains analogues dont le nombre de trous est connu, mises dans des boîtes de carton, et livrées au commerce.

L'importance attachée à juste titre par le public aux épreuves faites récemment avec la carabine Delvigne (1), m'a engagé à lui réserver une place particulière dans mon examen de l'arquebuserie de l'exposition. Vos lecteurs se feront une idée de cette importance, par les citations suivantes empruntées à M. Arago et à M. Thénard.

« Messieurs, a dit le premier (2), ces effets sont extraordinaires; l'arme de M. Delvigne changera complétement le système de guerre actuel. »

« Le tir de la carabine, a dit le second (3), a augmenté de justesse, en même temps que de portée à moindre charge. »

Ces dernières paroles résument complétement les résultats obtenus par M. Delvigne, après plus de vingt années de travaux, et d'une lutte presque continuelle contre les obstacles qu'opposent toujours aux idées nouvelles, en raison même de leur importance, la routine, le mauvais vouloir et surtout l'esprit de corps.

Le spectacle de cette lutte incessante et, il faut bien le dire, acharnée, le développement successif des applications de deux principes féconds en conséquences, enfin le triomphe obtenu, et l'importance des résultats constatés, sont un bon exemple à offrir à ceux que leur destinée appelle à introduire dans le monde des idées nouvelles.

Il est à peu près généralement reconnu que l'arme à feu portative, le fusil, forme la base première et fondamentale des moyens de défense d'un pays et de l'indépendance nationale. C'est la portée du fusil qui détermine le tracé de toute fortification, et le canon lui-même n'est qu'un accessoire du fusil sur les champs de ba-

(1) Médaille d'or.

(2) Discours de M. Arago à la chambre des députés, séance du 6 juillet 1844.

(3) Discours du président du jury au roi, lors de la distribution des médailles décernées aux exposants.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taille. Ce fut au commencement de 1827 que M. Delvigne, alors officier dans la garde royale, présenta au ministre de la guerre ses premières idées sur le mode de chargement des armes rayées. Elles forment l'une des bases du système actuel, et consistent à disposer au fond du canon une chambre plus étroite que lui pour le logement de la poudre. La balle, d'un calibre assez petit pour tomber d'elle-même au fond du canon, reposait sur le rebord reservé autour de l'orifice de cette chambre. Puis, au moyen d'une baguette suffisamment pesante, quelques coups aplatissaient légèrement la balle, et la forçaient de se mouler contre les rayures du canon ; condition qui l'assimilait à la balle forcée de l'ancienne carabine, qu'on enfonce si péniblement, et surtout si lentement, à coups de maillet, dans toute la longueur du canon. Les épreuves, faites à diverses reprises, constatèrent l'extrême justesse du tir de cette arme, qui fut cependant rejetée, parce qu'elle n'avait pas la portée du fusil.

M. Delvigne, dans les diverses publications qu'il a faites, fait remarquer, à cette occasion, que, par une erreur généralement répandue, on a attribué aux armes rayées, et à balle forcée, une portée plus grande qu'aux armes ordinaires. Cette erreur résulte de ce qu'avec une carabine, on touche le but à une distance beaucoup plus considérable qu'avec le fusil, parce que la première arme a plus de justesse ; mais que ce n'est pas faute de portée qu'avec le fusil on manque plus souvent le but.

Les officiers supérieurs d'infanterie étaient favorables à la nouvelle arme, parce qu'il préféraient, pour les tirailleurs, avoir un peu moins de portée et beaucoup plus de justesse. Mais, malgré cet appui des hommes spéciaux, le comité d'artillerie, juge souverain, décida le rejet des dispositions de M. Delvigne.

Ce fut alors que M. Delvigne se décida à faire connaître une autre condition de son système, l'emploi de projectiles cylindro-coniques, creux et incendiaires, destinés à mettre le feu aux caissons de l'artillerie. Mais l'artillerie avait décidé, et refusa de faire aucune expérience sur des conditions en opposition avec les théories admises.

Sur ces entrefaites, on prépare l'expédition d'Afrique. M. Delvigne parvient à faire, en présence du duc d'Orléans, alors duc de Chartres, et de quelques officiers généraux, l'essai de ses balles. Dans plusieurs épreuves, il met successivement le feu à quatorze caisses remplies d'artifices et représentant autant de caissons. Des épreuves officielles en sont la conséquence, et obtiennent un succès complet. Une décision ministérielle décide la formation d'une com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pagnie de tireurs d'élite armés de fusils de rempart, dont le commandement est donné à M. Delvigne. Mais la révolution de 1830 arrive, et la question en reste là jusqu'au moment où une décision en date du 21 février 1831, sur l'avis du comité d'artillerie, décide qu'aucune suite ne sera donnée à cette affaire. M. Delvigne y répond par sa démission.

En 1833, M. de Pontcharra, chef d'escadron d'artillerie, reprend cette idée, en y ajoutant l'emploi d'un petit sabot de bois, placé dans la cartouche au-dessous de la balle. L'arme est rendue plus légère, ses rayures sont moins inclinées et la charge de poudre diminuée. La portée de l'arme est moindre; mais comme c'est un officier supérieur d'artillerie qui la propose, des épreuves nombreuses et approfondies sont ordonnées. Un changement de ministère empêche d'y donner suite.

En 1836, M. Delvigne publia, sous le titre d'*Exposé d'un nouveau système d'armement*, une brochure dans laquelle, faisant connaître toute la marche de cette affaire, il proteste énergiquement contre la dénomination de carabine Pontcharra, donnée à l'arme de son invention, et critique d'ailleurs les modifications que cet officier lui a fait subir.

Le duc d'Orléans, ayant eu connaissance de ce mémoire, fait à M. Delvigne une commande de trois cents carabines. L'artillerie intervient, fait résilier cette commande, et remplace les conditions de M. Delvigne par celles de M. de Pontcharra.

On forme alors une compagnie de chasseurs, à titre d'essai. M. Delvigne reçoit la mission de diriger l'instruction du tir. Le premier bataillon de chasseurs à pied est formé et part enfin pour l'Afrique.

Les généraux de cavalerie demandent alors à M. Delvigne d'établir des pistolets d'après son système. M. Delvigne y répond par un modèle dont la crosse, très cambrée, mieux *en main*, permet l'emploi de fortes charges, sans présenter l'inconvénient de faire relever le canon, comme dans les pistolets à crosse ordinaire. Des épreuves sont faites à Versailles, en présence des ducs de Nemours, d'Aumale et de Joinville; elles démontrent la possibilité d'une grande justesse de tir jusqu'à 300 mètres.

La question s'élève alors de savoir si ce pistolet peut remplacer le mousqueton. Les avis sont partagés. Dans le but de concilier les opinions divergentes, en réunissant, autant que possible, les avantages des deux armes, M. Delvigne propose un mousqueton à sous-crosse, ou crosse de pistolet, pouvant être tiré d'une ou de deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mains, soit comme mousqueton, soit commme pistolet. Cette proposition est acceptée, et des épreuves approfondies commencent.

Quelques temps après, on décide la création de dix bataillons de chasseurs : mais avant leur formation, l'expérience de la guerre d'Afrique démontre que le modèle de carabine modifiée par M. de Pontcharra n'a pas assez de portée, et que cette arme, exigeant des munitions spéciales, ne peut servir quand ces munitions viennent à manquer.

M. Delvigne propose alors un fusil rayé, dont le service est assuré par les cartouches ordinaires de l'infanterie, et, comme arme de justesse, par des munitions spéciales. Des épreuves sont ordonnées.

Mais alors M. le chef d'escadron d'artillerie Thierry propose l'abandon du sabot de M. de Pontcharra, et l'emploi d'une balle cylindro-sphérique, dont les inconvénients sont reconnus dans les épreuves auxquelles elles donnent lieu. M. Thierry y renonce, et revient à l'emploi de la cartouche ordinaire, mais sans sabots. Les dix bataillons de chasseurs sont armés ainsi.

Pour prouver que le mauvais résultat obtenu des projectiles allongés ne tient pas au principe, mais à ce que les conditions nécessaires n'ont pas été réunies dans ces dernières épreuves, M. Delvigne présente à Vincennes, en mai 1841, un mousqueton de cavalerie n'ayant que 40 centimètres de canon, et obtient de beaux résultats jusqu'à la distance de 600 mètres. Présentation de l'arme au ministre de la guerre ; refus d'épreuve de la part du comité d'artillerie, motivé sur ce que les projectiles allongés ne peuvent avoir une bonne direction.

Mais l'essai non officiel du mousqueton, rapporté par les journaux militaires, excite l'attention du gouvernement russe, qui fait faire à Liége des épreuves comparatives, approfondies, entre la carabine Delvigne, tirée avec la balle cylindro-conique, et la carabine anglaise à deux rayures. La carabine Delvigne donne, à 500 mètres, une justesse double de celle de la carabine anglaise.

M. Delvigne s'adresse alors à l'Académie des sciences, qui nomme une commission composée de MM. Arago, Poncelet, Piobert et Séguier. Le ministre de la guerre ordonne de nouvelles épreuves comparatives, avec la carabine des chasseurs d'Orléans, pour laquelle on reprend les cartouches à sabot avec 6 gr. 1/4 de poudre. Nouveau rejet des balles allongées par le comité d'artillerie. Mais le comité de cavalerie insiste ; une commission mixte est nommée, et émet une opinion favorable.

Le maréchal Bugeaud demande, sur ces entrefaites, à M. Delvigne

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une carabine à deux coups, pour l'usage de la cavalerie en Afrique. Envoi du modèle au maréchal, qui l'approuve et en demande l'application. Nouvelles épreuves, nouveau rejet du comité d'artillerie; protestation de M. Delvigne, insérée dans le *Spectateur militaire*.

Enfin M. Thouvenin, lieutenant-colonel d'artillerie, propose, au système de chargement de M. Delvigne, une modification qui consiste à comprimer la balle cylindro-conique sur une tige d'acier placée au centre du bouton de culasse, au lieu de la comprimer sur les bords de la chambre. Cette modification est reconnue avantageuse.

M. Delvigne avait pensé, et en cela il était dans la vérité théorique, que la bonne direction de ses balles cylindro-coniques serait d'autant mieux assurée que leur centre de gravité serait placé dans la moitié antérieure, le plus près possible du cône. Dans ce but, il avait réservé un vide dans la partie postérieure.

Contrairement à toutes les prévisions, l'expérience fait reconnaître qu'il n'est pas nécessaire que le centre de gravité de la balle soit en avant; le vide est supprimé, et les résultats sont meilleurs. Enfin la forme des projectiles est encore avantageusement modifiée par M. Ménié, officier instructeur à l'école de tir de l'infanterie.

A la suite de ces deux perfectionnements, on obtient des résultats extraordinaires des deux principes fondamentaux présentés par M. Delvigne, savoir: le chargement par le refoulement de la balle, et l'emploi des projectiles cylindro-coniques.

Des épreuves ont lieu à Vincennes, en présence des commissaires de l'Académie des sciences; rapport très favorable par M. Arago. Le ministre de la guerre nomme une nouvelle commission. Elle fait faire des épreuves comparatives avec la carabine des chasseurs d'Orléans et les fusils de rempart. L'effet utile de la première cesse à 600 mètres; celui du fusil de rempart à 700; tandis que celui de la carabine à tige et à balle cylindro-conique se continue de 100 mètres en 100 mètres jusqu'à l'énorme distance de 1300 mètres. A cette distance, la justesse et la pénétration sont supérieures à celles que présente, à 700 mètres, le fusil de rempart: la balle cylindro-conique traverse encore deux cibles. Mais ce qui est surtout remarquable, c'est qu'une telle portée et une telle pénétration sont obtenues par l'emploi d'une charge de 4 grammes et 1/5 de poudre, bien que la balle, dont le diamètre est égal à celui de la balle de munition, pèse 47 grammes, tandis que cette dernière n'en pèse que 29.

Le fait d'une portée aussi énorme, réunie à une justesse aussi grande, justifie amplement la prédiction de M. Arago, que les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

armes de M. Delvigne changeront le système actuel de la guerre. Quelques remarques à ce sujet feront mieux comprendre l'exactitude de cette prédiction.

On sait que, dans l'état actuel de l'armement des troupes, la puissance destructive de l'artillerie exerce une grande influence sur le sort des combats. C'est surtout l'effet de la mitraille, agissant dans les moments décisifs, qui prépare l'issue de la lutte. Or, la plus grande portée de la mitraille ne s'étend guère au-delà de 500 mètres. On voit que, désormais, son action sera presque paralysée par le feu de quelques tirailleurs d'infanterie, qui, d'une distance à laquelle ils n'auront rien à redouter de la mitraille, éteindront facilement le feu d'une batterie. Si l'on considère en outre que le tir de cette arme est encore très redoutable à 1000 mètres de distance, on comprendra que même les batteries tirant à boulet pourront encore être très sérieusement inquiétées.

Une nouvelle ère de perfectionnement va donc s'ouvrir pour l'armement des troupes, et de grandes conséquences pourront en résulter.

Quant aux causes physiques de cette augmentation de justesse et de portée, on ne peut guère les trouver, pour la première, que dans le mouvement de rotation imprimé à la balle par la rayure en hélice du canon de la carabine, et qui maintient la pointe du cône dans une direction invariable; phénomène analogue à celui de la toupie, qui se maintient sur sa pointe sans tomber, parce que dans un très court espace de temps son centre de gravité prend toutes les positions possibles autour de l'axe de rotation, que son inclinaison dans un sens est immédiatement contrebalancée par son inclinaison en sens contraire, et qu'enfin la durée du trajet de l'arme au but est assez courte pour que la vitesse de rotation soit restée sensiblement la même, et que la rectitude de la direction se soit, par conséquent, conservée.

Quant à la portée, elle est évidemment due à la forme conique de la partie antérieure de la balle, qui lui permet de fendre l'air plus rapidement, en imprimant plus facilement un mouvement latéral et perpendiculaire à sa direction aux molécules d'air qu'elle rencontre, au lieu de les refouler devant elle, comme le fait la balle sphérique ou cylindro-sphérique.

Quoi qu'il en soit, un fait concluant a été constaté par des expériences au pendule balistique.

La balle du fusil de rempart, pesant environ 47 gr., chassée par 6gr.,25 de poudre, a une vitesse initiale (au sortir du canon) de 379 mètres par seconde. Celle de la balle cylindro-conique du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même poids, chassée par 4gr.,20 de poudre, s'est trouvée seulement de 327 mètres, et cependant sa portée avait été reconnue très supérieure. Des épreuves furent faites sur le terrain, pour constater les vitesses restantes à différentes distances; et l'on trouva qu'à celle de 150 mètres, la vitesse de la balle allongée avait déjà repris l'avantage sur celle du fusil de rempart; qu'au-delà, sa vitesse n'éprouve que très peu de diminution, puisqu'à 1300 mètres elle perce encore deux cibles, tandis que celle de la balle sphérique décroît très rapidement.

Ces faits, nouveaux dans la science de l'artillerie, ont excité un vif intérêt: aussi de nouvelles expériences sont-elles décidées pour approfondir ces questions, et constater les conditions les plus favorables dans l'application.

On comprend que, dans toutes les questions de balistique, la direction d'un projectile aura d'autant plus de justesse que son centre de gravité se trouvera à son centre de figure, ou, s'il s'agit de projectiles cylindro-coniques, dans l'axe du cylindre: or, il est évident que dans le mode actuel de fabrication des balles par la fusion, il n'en peut être ainsi. Toutes ou presque toutes les balles fondues ont une bulle d'air dans l'intérieur, ce qui déplace plus ou moins le centre de gravité et nuit d'autant à la justesse du tir. Les Anglais ont depuis quelque temps cherché à remédier à ce grave inconvénient, et y sont parvenus par les procédés suivants, qui m'ont été communiqués par M. Dispan, capitaine de corvette de la marine française, qui a eu l'occasion de les voir appliquer.

Des lingots de plomb d'environ 90 centimètres de longueur sont coulés dans un moule cylindrique formé de deux coquilles, tenues appliquées l'une contre l'autre par des anneaux de fer. Chaque lingot est présenté entre deux cylindres de laminoir, à la circonférence desquels sont pratiquées des cavités qui le divisent en autant de parties qu'il doit former de balles, mais qui restent cependant réunies, de manière à former une espèce de chapelet, dont les grains sont ensuite présentés à un appareil qui a beaucoup d'analogie avec la machine à comprimer les rivets, exposée par le Creusot, et que j'ai décrite page 149 du tome XVII de la *Revue scientifique*.

Il se compose d'une borne verticale, sur l'un des côtés de laquelle est une matrice fixe, horizontale, formant le creux d'une moitié de la balle. Une seconde matrice mobile, traversant une autre borne, est placée vis-à-vis de la première. A l'extrémité postérieure de cette matrice est articulée une traverse qui s'articule elle-même, par son autre extrémité, à un levier dont le centre de mouvement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est sur une pièce verticale fixe. Une bielle réunit ce levier à la manivelle d'un volant, mû par un homme. Cette disposition de leviers conjugués, ce genou enfin, détermine deux fois le rapprochement et l'écartement des deux matrices, pour chaque tour du volant. Un homme, tenant à la main le chapelet de balles préparées, en place une entre les matrices au moment où elles s'écartent, et leur rapprochement comprime le plomb, de manière à remplir toutes les cavités qui pourraient s'y trouver, et à donner à la balle une sphéricité parfaite, moins une rebarbe annulaire très faible, formée par les bords des matrices, et qu'un enfant fait disparaître en plaçant chaque balle à l'orifice d'un tube de calibre, dans lequel il la fait entrer d'un petit coup de maillet qui abat complétement la rebarbe.

Il est évident que ce mode de fabrication peut s'appliquer parfaitement à celle de la balle cyiindro-conique, dont le tir en acquerrait un nouveau degré de précision.

Appareils de chauffage.

De tous les appareils destinés au chauffage des appartements, le plus mauvais sans contredit, le moins économique surtout, c'est la cheminée. C'est cependant le plus employé en France, parce que l'habitude a fait considérer la vue du feu comme un besoin, ou, suivant l'expression consacrée, comme une *société*.

Le principal inconvénient des cheminées est le peu d'économie qu'elles procurent, puisque des expériences directes ont démontré que pour le bois, le calorique rayonnant qu'elles fournissent, et qui seul échauffe l'appartement, ne s'élève qu'aux six centièmes de la chaleur développée par la combustison. Pour augmenter l'effet utile du combustible, on a recours à diverses conditions qui, plus ou moins anciennes, se sont représentées à l'exposition avec des prétentions à la nouveauté, très peu justifiées pour la plupart.

La plus efficace de ces conditions est, suivant moi, celle qui consiste à échauffer l'air destiné à remplacer dans l'appartement celui qui en est enlevé par la combustion, en le faisant circuler dans des tuyaux en contact direct avec le combustible.

L'application la plus ancienne que je connaisse de ces conditions aux cheminées d'appartement, appartient à M. Delaroche (1), qui, il y a quatorze ans, a placé un de ses appareils dans une des pièces que j'habite. Il se compose essentiellement de chenets

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

creux, entre lesquels se trouvent d'autres tuyaux de fonte, disposés de manière que l'air appelé du dehors par un conduit passant sous le plancher, est obligé de circuler, tant dans les chenets que dans les tuyaux, puis dans une caisse verticale terminée elle-même par un gros tube horizontal léché par la flamme du combustible, et se déverse enfin dans l'appartement à une température dont l'élévation est en raison des surfaces de chauffe, de la quantité du combustible et de l'activité de la combustion. Il arrive fréquemment que cette température est trop élevée, et produit, surtout dans les petites pièces, tous les inconvénients d'un poêle, en provoquant la migraine, et un malaise général dû à la trop grande sécheresse de l'air injecté dans l'appartement.

On sait, en effet, que la capacité de l'air pour l'humidité augmente avec sa température, et qu'il s'empare de toute celle qui se trouve à sa portée jusqu'à ce qu'il en soit saturé. Si donc on introduit dans un appartement de l'air qui, à l'extérieur, est saturé de l'humidité propre à sa température, et qu'avant son introduction on l'échauffe d'une manière notable par son passage dans les tuyaux qu'il traverse, ce même air s'emparera, partout où il la trouvera, de l'humidité qui lui manque; et si, comme on le fait trop fréquemment, les bouches de chaleur sont à la hauteur de la tête des personnes qui se tiennent dans l'appartement, c'est lui qu'elles respireront plus particulièrement, et c'est dans leurs poumons qu'il se saturera de l'humidité dont il est si avide. De là le malaise et la migraine dont j'ai parlé plus haut.

On pare facilement à cet inconvénient en plaçant les bouches de chaleur dans le haut de la pièce, où l'air chaud se mêle à la masse générale, et s'y refroidit, ce qui présente l'avantage de ne donner pour aliment au combustible que l'air froid qui avoisine le plancher, et qui se trouve mêlé à l'acide carbonique, résultat de la respiration; de sorte que le renouvellement de l'air dans la pièce est beaucoup plus complet que lorsque l'air chaud y pénètre dans le voisinage du foyer, qui s'en alimente presque entièrement.

Lorsque les dispositions du local ne permettent pas cette condition, on peut y suppléer jusqu'à un certain point en portant les bouches de chaleur aussi loin qu'on le peut de la cheminée, et en tenant dans leur voisinage un vase à large surface, contenant de l'eau, à laquelle l'air chaud prend l'humidité propre à la température.

M. Pape a établi, soit dans ses ateliers, soit dans ses appartements, des dispositions de chauffage qui, reposant sur le même principe, offrent cependant des conditions plus avantageuses. L'air,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pris au dehors, est obligé de parcourir un très long tuyau, se repliant verticalement plusieurs fois sur lui-même, de manière à occuper la totalité des parois du foyer à une hauteur de 2 à 3 mètres, selon les dispositions de la cheminée. La dernière portion verticale de ce serpentin est placée dans la partie la plus échauffée de ces parois, et va déboucher dans une pièce de l'étage au-dessus, dont elle élève la température sans diminuer, en aucune manière, celle de la pièce où se trouve le foyer, dont la chaleur perdue est en grande partie utilisée. Le suréchauffement de la dernière portion du tuyau est nécessaire pour activer la circulation de l'air confiné dans ses nombreux circuits, et où l'air chaud occupant les coudes supérieurs, ne peut être entraîné que par le mouvement ascensionnel de l'air plus chaud qui occupe la dernière portion du tube. On peut toutefois, sans trop nuire à l'effet principal, faire sortir une portion de cet air dans la pièce même où est le foyer, au moyen d'un tube de dérivation convenablement appliqué.

Pour donner à l'air échauffé l'humidité propre à sa température, M. Pape place près de la bouche de chaleur une capsule constamment alimentée d'eau au même niveau par une bouteille de Mariotte, semblable à celle dont on fait usage dans certaines lampes.

Des dispositions analogues sont appliquées aux poêles de ses ateliers, dont le tuyau à fumée enveloppe un autre tuyau qui, après avoir traversé le foyer, vient déboucher à l'étage supérieur, et y verse l'air qui, pris à l'extérieur, s'est échauffé dans son trajet à travers ce tuyau.

J'ai remarqué avec regret, dans les galeries de l'exposition, l'absence des *cheminées thermogènes*, de MM. Charles et Auguste Pouillet, frères de notre célèbre professeur. Ces cheminées, établies également sur le principe de la circulation de l'air dans des capacités échauffées par le combustible, se distinguent par une autre condition très importante, celle de la réflexion dans l'appartement, au moyen d'une surface métallique convenable, de la portion du calorique rayonnant qui, dirigé de bas en haut dans la cheminée, serait perdu pour l'appartement sans l'application de cette ingénieuse disposition.

Les cheminées à foyer mobile étaient particulièrement représentées par M. Graux.

J'ai remarqué quelques modifications qui rendent plus commode l'emploi de ces appareils, dont le principe ingénieux est de l'invention de M. Chaussenot aîné, que j'ai déjà signalé à vos lecteurs,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pour ses utiles appareils contre l'explosion des chaudières à vapeur.

Ce principe, exploité plus tard sous le nom de Bronzac, consiste à placer le combustible sur un appareil qu'on peut à volonté faire sortir plus ou moins de la cheminée, ou y renfermer entièrement; conditions qui, dans les mauvaises cheminées surtout, permettent de profiter de toutes les circonstances atmosphériques favorables pour utiliser le plus possible du calorique rayonnant développé par la combustion

On sait, en effet, qu'il n'y a pas de mauvaise cheminée quand on n'épargne pas le combustible, et qu'il suffit que les parois du tuyau soient suffisamment échauffées pour déterminer un bon tirage. Or, c'est presque toujours ce qu'on peut faire avec les cheminées à foyer mobile qu'on tient au fond de l'âtre, jusqu'au moment où cet échauffement est suffisant, et qu'on ramène ensuite en avant, quand le tirage est convenablement établi.

La cheminée de M. Descroizille, outre certaines conditions de circulation d'air, contient une disposition nouvelle, qui consiste à tenir à 5 ou 6 centimètres du combustible une toile métallique très fine, pour echauffer l'air à son passage à travers les mailles auxquelles il enlève une partie de leur calorique. Son but principal est de ne laisser arriver au combustible que la quantité d'air nécessaire, et d'empêcher la cheminée de se refroidir par la surabondance d'air froid qui s'engrouffre dans les cheminées ordinaires. Je n'ai pas eu occasion de vérifier les prétentions de M. Descroizilles, dont le nom est suffisamment connu par d'heureuses inventions, pour que je n'admette pas comme très probables les avantages qu'il attribue à son appareil.

Un modèle de cheminée, ayant pour but d'arrêter les progrès d'un incendie qui se déclarerait dans le tuyau, était exposé par M. Souliac-Boileau, de Château-Thierry. Ses dispositions, d'une grande simplicité, sont telles, qu'au moment où le feu se déclare dans la cheminée, le tirage d'un bouton fait tomber les chenets et le combustible dans une cavité qui est immédiatement fermée par le contre-cœur, qui retombe dessus, tandis que tout accès de l'air de l'appartement dans le tuyau est également fermé par une plaque qui bouche hermétiquement le tuyau. Cette disposition, très ingénieuse d'ailleurs, et d'un effet à peu près certain, ne peut malheureusement s'appliquer qu'aux rez-de-chaussée, à cause de l'espace

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

assez grand qu'il faut ménager au-dessous du foyer pour recevoir les chenets et le combustible au moment du danger.

La transition des cheminées aux poêles se trouve établie par le *calorifère lumineux* de M. Duval. Cet appareil est un véritable poêle, dont les parois sont formées de tubes de verre verticaux et juxtaposés. Le combustible, placé au milieu, ne peut atteindre ces mêmes parois, parce qu'une galerie suffisamment élevée retient les fragments qui pourraient se déplacer et aller briser les tubes. J'ai vu fonctionner cet appareil, qui atteint parfaitement son but, de chauffer à la manière des poêles, et de laisser jouir de la lumière du foyer. Il y a je ne sais quoi de fantastique dans cette lumière brisée dans son passage à travers les tubes, qui peut assurer comme empêcher le succès de M. Duval : un caprice du public peut le décider. J'ajouterai que les tubes de verre, qu'un accident peut briser, sont d'un remplacement facile, au moyen des dispositions adoptées par M. Duval, et qu'enfin les produits de la combustion, après s'être élevés dans un caisson supérieur, sont obligés de redescendre dans quatre colonnes qui supportent ce caisson, pour circuler dans un caisson inférieur et se rendre dans la cheminée par un tuyau ordinaire. Ces dispositions, en multipliant les surfaces de chauffe, utilisent une beaucoup plus grande partie du combustible que dans les poêles ordinaires.

Les poêles, pour la plupart décorés du nom de calorifères, fourmillaient à l'exposition. Je n'ai de renseignements pratiques que sur les appareils de deux exposants. Celui de M. Minich consiste en un caisse rectangulaire divisée en trois capacités; celle du milieu est occupée par le foyer, avec lequel les deux autres communiquent par le haut. Le tuyau de la fumée part de l'une d'elles, dont on peut à volonté supprimer la communication avec le foyer. Lorsqu'on allume celui-ci, on laisse cette communication ouverte, jusqu'à ce que le tirage se soit franchement établi; on tire alors une espèce de tiroir placé au bas de la caisse et qui y pénètre par deux tubes horizontaux réunis en avant par un tuyau rectangulaire, et on ferme la communication. Les produits de la combustion sont alors obligés de passer dans la seconde capacité, et de traverser le tiroir composé de trois tuyaux pour se rendre dans celle où débouche le tuyau de fumée. On multiplie ainsi les surfaces léchées par l'air de l'appartement, qui s'échauffe à leur contact et utilise une grande portion du calorique. Cet appareil, fort ingénieux d'ailleurs, a l'inconvénient de concentrer le foyer, dont les parois sont surchauffées faute d'un contact suffisant avec l'air, ce qui les détruit rapidement et exige de fréquents renouvellements des briques qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

entourent le foyer. Placé dans une mauvaise cheminée, son tirage n'est pas toujours suffisant, et il est susceptible de fumer.

J'ai parlé page 124 de la magnifique exécution, comme fonte de fer, des calorifères de M. Laury (1); je n'ai aucun renseignement personnel sur les résultats qu'ils donnent. L'air brûlé y circule dans une série d'enveloppes, dont la dernière est seule en contact avec l'air extérieur; au centre se trouve un bain de sable. Dans sa dernière édition du *Traité de la chaleur*, M. Peclet trouve ce poêle très compliqué, et les bouches de chaleur beaucoup trop petites.

Je suis mieux renseigné sur celui de M. Lecoq (2), dont j'ai fait usage dans le cours de l'hiver dernier; il se compose d'un foyer clos, surmonté d'une colonne tronquée, formée de deux enveloppes, dont l'intervalle est cloisonné par une hélice, de manière à obliger les produits de la combustion à circuler dans cet espace annulaire avant de pénétrer dans le tuyau qui communique à la cheminée. Une ouverture traversant ces deux parois, et placée à la partie inférieure de cette colonne, permet à l'air de l'appartement de venir lécher la paroi intérieure, ce qui augmente considérablement la surface de chauffe, et opère une élévation notable de température; on peut l'augmenter encore en prenant au dehors l'air qui doit lécher la paroi intérieure et même l'envoyer, au moyen d'un couvercle et d'un tuyau placé dessus, dans une pièce voisine. Mais cette dernière disposition ne peut guère s'appliquer qu'à des appareils d'un certain volume, parce qu'autrement elle présenterait l'inconvénient d'élever une petite masse d'air à une très haute température, tandis qu'il est plus utile d'élever moins haut la température d'une plus grande masse d'air. Quoi qu'il en soit, les premières conditions ont fait chez moi un excellent service et m'ont procuré une économie notable de combustible. J'ai en ce moment sous les yeux une note de M. Lecoq, dans laquelle il signale des expériences faites par M. Gay-Lussac à la manufacture des glaces. Il résulterait de ces expériences, qu'un demi-hectolitre de coke aurait produit, pendant toute une année, une élévation de température de 12° centigrades, dans une salle de 700 mètres, où la dépense journalière en bois était de 10 francs par jour, pour n'obtenir qu'une élévation de 8° au plus, avec un énorme poêle en biscuit, muni de douze bouches de chaleur. M. Lecoq s'appuie également de l'opinion de M. Chevreul, sur le chauffage de la bibliothèque du Jardin du Roi, où l'un de ses appareils élève de 11° la tem-

(1) Médaille d'argent.

(2) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pérature que les anciens poêles ne pouvaient élever que de trois.

Le calorifère portatif de M. V. Chevallier se compose d'un cylindre vertical en fonte, renfermant le foyer. Ce cylindre est surmonté par une calotte sphérique, sous laquelle on dispose plusieurs pièces de fonte qui, en faisant varier la longueur du courant de la fumée, produisent à la fois un effet utile plus grand, et une diminution de tirage. Une chemise de tôle ou de cuivre plus élevée que le cylindre de fonte enveloppe celui-ci ; l'air s'échauffe en passant entre le cylindre et la chemise, et s'échappe latéralement par les bouches de chaleur, en échauffant un bain de sable placé à la partie supérieure. Ces calorifères, montés sur roulettes, se transportent d'une pièce dans une autre, et envoient leur fumée dans la cheminée de chaque pièce, au moyen d'un tuyau horizontal qu'on transporte avec eux.

De nombreuses expériences faites à la Société d'encouragement ont constaté que les surfaces de chauffe sont beaucoup mieux utilisées dans cet appareil que dans ceux où l'air qui lèche les surfaces ne se renouvelle qu'avec une petite vitesse ; que l'appel formé dans une cheminée, par le petit tuyau de l'appareil, produisait une ventilation qui fournissait à la pièce un renouvellement de l'air, de 1332 à 1512 mètres cubes par heure. Enfin, d'autres expériences, faites par une commission de l'Académie des sciences, ont constaté que le calorifère portatif de M. Chevalier est entièrement fumivore.

On donne plus particulièrement le nom de *calorifères* aux appareils placés loin des lieux qui doivent être échauffés. On en distingue trois espèces principales : ceux qui jettent dans les appartements une masse d'air échauffé au contact de surfaces métalliques ou autres, dont le combustible ou les produits de la combustion ont élevé la température ; ceux qui font circuler dans des tuyaux la vapeur fournie par une chaudière, et enfin ceux dits à circulation d'eau chaude.

Les dispositions des calorifères de la première espèce peuvent produire des effets utiles très différents, selon que l'air brûlé parcourt des tuyaux diversement disposés, ou que l'air extérieur parcourt ces mêmes tuyaux échauffés à l'extérieur. Dans le premier cas, la surface de chauffe se compose de l'extérieur de tuyaux et de l'enveloppe générale de l'appareil ; dans le second, elle est réduite à la surface intérieure des tuyaux.

Ce sont les premières conditions qu'a adoptées M. René Du-

(1) Nouvelle médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voir (1). Les produits de la combustion qui s'opère sous une cloche en fonte sont obligés de circuler dans un grand nombre de tuyaux, s'entrecroisant symétriquement les uns les autres, de manière à les diviser dans leur circulation, condition qui présente l'inconvénient de ne pas être certain que cette division s'opérera régulièrement dans tous les conduits, et par conséquent que toute la surface de chauffe sera utilisée; ce calorifère présente en outre de nombreux joints, qu'on ne peut fermer qu'avec de la terre crue, ce qui produit autant de chances d'un mélange de la fumée avec l'air échauffé que l'appareil rejette dans les appartements.

Dans le calorifère de M. Chaussenot jeune (2), les surfaces de chauffe sont formées de couronnes creuses en fonte, dans lesquelles circule la fumée, et que vient lécher l'air extérieur introduit entre ces couronnes et l'enveloppe générale de l'appareil. Les conditions d'exécution de ces couronnes présentent beaucoup plus d'économie que les tuyaux croisés de l'appareil précédent : aussi rencontre-t-on le calorifère de M. Chaussenot dans un très grand nombre d'établissements, parce qu'en outre les produits de la combustion, obligés de marcher de haut en bas, quittent moins rapidement l'appareil, et cèdent par conséquent une plus grande partie de leur calorique à l'air qu'ils sont chargés d'échauffer. D'un autre côté, outre l'air qui circule autour des couronnes, une autre portion de l'air extérieur vient s'échauffer directement au contact de la cloche où se trouve le foyer, et du tube qui s'élève au-dessus : cet air, beaucoup plus échauffé que le premier, vient s'y mêler dans une capacité supérieure, d'où il se déverse dans les appartements.

Je n'ai pu m'assurer si l'exposition présentait des calorifères à vapeur.

Plusieurs calorifères à circulation d'eau chaude y figuraient. Celui qui m'a paru réunir le plus de conditions avantageuses appartenait à M. Léon Duvoir-Leblanc (3), qui s'est fait en ce genre une réputation méritée, par de nombreux appareils placés, soit dans de grandes usines, soit dans de vastes monuments publics, tels que le palais du quai d'Orsay, la Madeleine, la Chambre des pairs, etc.

Le chauffage par la circulation de l'eau présente de grands avantages sur les autres, en ce sens qu'il est possible de répartir plus régulièrement la chaleur, en augmentant ou en diminuant la rapidité de la circulation dans certaines pièces, au moyen de robinets

(1) Nouvelle médaille d'argent.
(2) Nouvelle médaille d'argent.
(3) Médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

convenablement disposés; mais il présente des difficultés plus grandes d'exécution, pour éviter les fuites par les joints des tubes de circulation.

L'idée primitive de ce mode de chauffage appartient au Français Bonnemain, qui l'avait appliquée à l'incubation artificielle. Il réglait la température de la pièce dans laquelle les œufs étaient placés, au moyen d'un appareil formé principalement d'une tige de métal, dont la dilatation fermait plus ou moins le registre par lequel s'introduisait l'air destiné à la combustion, de sorte que la température de l'eau circulant dans le voisinage des œufs ne pouvait varier que de quantités indifférentes au résultat.

Mais, comme cela arrive presque toujours en France, il fallait, pour qu'on y appréciât l'importance de ces conditions, que les Anglais s'en fussent emparés, et que les bons résultats qu'ils en obtenaient fussent bien constatés pour qu'on se décidât enfin à en faire l'application en France.

M. Léon Duvoir est, comme je l'ai dit, l'ingénieur français qui a obtenu en ce genre le plus de succès, parce que c'est aussi celui qui a le plus expérimenté les conditions possibles de ce mode de chauffage, auquel il a successivement apporté de notables perfectionnements.

C'est surtout dans le chauffage établi à la Chambre des pairs que M. Léon Duvoir a fait preuve d'une capacité remarquable.

L'ancien chauffage du palais offrait un système mixte à l'air chaud et à la vapeur, composé de huit calorifères principaux, et d'un grand nombre de plus petits, ainsi que de poêles et de cheminées répandus sur divers points. La dépense totale pour ces appareils s'était élevée à 250,000 fr., et comme ils ne chauffaient guère que la moitié du palais, il aurait fallu doubler cette somme pour avoir un chauffage égal à celui qui existe aujourd'hui; mais, en cassant au plus bas, on aurait peut-être pu l'opérer pour 375,000 fr. Les frais de combustible, avec ces appareils, s'élevaient annuellement à 38,000 fr. En y ajoutant aussi moitié en sus, on aurait eu pour dépense totale de la première année 81,000 fr.

En supposant un chauffage de douze années consécutives, intérêts compris, la somme totale dépensée à la fin de la douzième année se serait élevé à 1,800,250 fr.

M. Léon Duvoir s'est chargé à forfait du chauffage pour douze années, au prix annuel de 12,900 fr.

La dépense totale d'établissement de son appareil, y compris des travaux imprévus de maçonnerie, résultant de l'état vicieux de quelques portions inférieures du palais, s'est élevée à 240,000 fr.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

La dépense totale de la première année a donc été de 258,900 fr.

Celle des douze années, intérêts compris, sera de 683,945 fr., de sorte qu'au bout de douze années, ce chauffage procurera à l'État une économie de 1,116,355 fr.

Un foyer unique, placé dans un caveau, chauffe les 70,000 mètres cubes, formant le volume de toutes les pièces composant le palais du Luxembourg. Sur ce foyer est placée une cloche en fer à doubles parois, remplie d'eau, au sommet de laquelle s'élève un tuyau d'ascension qui atteint le haut de l'édifice, et y porte directement l'eau échauffée dans la cloche en vertu de la différence de densité entre l'eau chaude et l'eau froide.

Arrivée en ce point, l'eau se répartit en un grand nombre de tuyaux de distribution qui la conduisent dans toutes les parties du bâtiment, où elle se dépouille de son calorique au profit de l'air des pièces qu'elle parcourt, puis se réunit à un tuyau commun qui la ramène à la chaudière, où elle se réchauffe de nouveau.

8,000 mètres de tuyaux sont employés à cette circulation. Dans quelques pièces, les tuyaux font un certain nombre de révolutions dans une capacité désignée sous le nom de poêle, où s'échauffe l'air appelé au dehors. Ces poêles sont au nombre de 240. La plupart des autres portions sont placées dans des gaines en maçonnerie, dans lesquelles s'échauffe également l'air appelé du dehors, et marchant en sens contraire de la direction de l'eau. Cet air se déverse dans les pièces par cent bouches de chaleur placées vers le plafond. L'air vicié par la respiration est appelé par d'autres conduites dans le foyer du calorifère, et quitte ces mêmes pièces par des ouvertures pratiquées dans le bas, de sorte que le renouvellement en est parfaitement assuré, et que la température y est constamment uniforme, l'air chaud ayant le temps de se mêler à l'air de la pièce avant d'arriver à la hauteur où il peut être en contact avec les personnes qui occupent l'appartement.

C'est surtout dans l'application aux appareils culinaires que les procédés de chauffage se montraient variés, sinon de principes, au moins de formes.

Dans la plupart, un foyer unique, enveloppé de canaux circulatoires, envoie les produits de la combustion dans tous les points de l'appareil, où il permet la cuisson, à des températures appropriées, des différents mets.

Je me bornerai à signaler ceux qui présentaient quelque innovation.

Le bouillon fait dans de grandes marmites à feu nu, comme celu des hôpitaux, perd toute qualité et toute saveur par une ébullition

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

trop vive et trop inégale. L'osmazôme, les substances volatiles et essentielles, sont volatilisées, et la gélatine rapidement décomposée en acide carbonique et en ammoniaque : aussi, dans les conditions du feu nu, est-il préférable d'employer plusieurs petites marmites qu'une très grande, parce qu'on peut en régler beaucoup plus facilement la température.

M. Grouvelle a imaginé des fourneaux de cuisine où le pot au feu est chauffé par un bain-marie, d'où résulte l'impossibilité d'une surélévation de température qui amène la décomposition des substances, parce que, dans ces conditions, la température de la marmite est toujours inférieure à celle du bain-marie, qui ne peut pas dépasser 100°. Cette application, faite d'abord par la compagnie hollandaise, a fondé la bonne réputation de ses bouillons. Plus tard, cette compagnie ayant cru trouver un avantage à chauffer ses marmites à la vapeur, a été obligée d'y renoncer, par l'impossibilité d'y entretenir une température convenable et uniforme. Les autres dispositions de détail des fourneaux de M. Grouvelle, bien qu'offrant d'utiles améliorations sur la plupart de ses concurrents, ne me paraissent pas offrir un caractère de nouveauté assez tranché pour en faire ici la description.

L'un des fourneaux de M. Hey, de Strasbourg, présente cette condition utile, qu'au moyen d'une manivelle faisant mouvoir deux crémaillères, le foyer peut s'élever ou s'abaisser à volonté, soit pour le rapprocher de la plaque supérieure et déterminer une cuisson plus rapide des mets qui sont placés sur cette plaque, soit pour faire passer la flamme de ce foyer tantôt par dessus, tantôt par dessous le four, suivant la nature des mets qu'on y fait cuire.

Je n'ai aucun détail technique sur ceux de M. Pauchet (1) ; mais j'ai acquis la certitude qu'ils sont employés dans la plupart des grands restaurants de Paris, tels que le Café Anglais, le Rocher de Cancale, Philippe, Chevet, etc., etc. Une note que j'ai sous les yeux énonce formellement qu'au moyen des dispositions appliquées dans ce fourneau, toutes les odeurs résultant de la cuisson de certains mets, tels que les grillades, etc., et de la buée des autres, sont appelées dans le foyer, où elles sont consumées ; qu'enfin, dans plusieurs restaurants, ces fourneaux établissent une ventilation qui, dans l'été, rafraîchit notablement les salons où se tiennent les consommateurs.

La cuisine bourgeoise avait également de nombreux représentants

(1) **Médaille de bronze.**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans les salles de l'exposition ; mais rien de bien nouveau ne m'a paru surgir de la foule.

Je me bornerai à en faire sortir trois noms connus depuis longtemps.

La maison Harel conserve toujours son ancienne réputation par la bonne exécution de ses fourneaux économiques, et de cette foule de petits appareils d'économie domestique et culinaire à l'usage des célibataires, dont elle fait sa spécialité depuis une longue période d'années.

Le *caléfacteur* Lemare (1) procure toujours à la petite propriété d'excellents pots au feu et deux ou trois plats avec une économie remarquable de combustible.

Mais il a un rival bien dangereux dans le *cordon-bleu* de M. Sorel, qui, aussi économique que lui, exige peut-être moins de soins dans les diverses opérations culinaires qu'on peut vouloir exécuter. Le cordon-bleu a succédé au *pyrostat* du même inventeur. Il n'en diffère que par la suppression d'un organe très ingénieux qui se composait d'une cloche renversée dans un bain-marie, enveloppant la marmite. Lorsque l'activité de la combustion élevait la température du bain-marie au-delà du degré déterminé pour la bonne cuisson des aliments, la cloche, où se formait un peu de vapeur, se soulevait, et fermait plus ou moins, par son ascension, le passage à l'air nécessaire au combustible. La combustion diminuait d'autant, la température du bain-marie s'abaissait, la cloche reprenait sa place, et la combustion reprenait jusqu'au moment où une nouvelle altération de température reproduisait les mêmes phénomènes. Cette ingénieuse disposition permet de maintenir un liquide à une température réglée d'avance, et dans des limites qui peuvent ne pas varier d'un dixième de degré. Elle présente en outre l'avantage notable de ne brûler de combustible que dans des conditions utiles ; en d'autres termes, de n'en brûler que la quantité absolument nécessaire pour maintenir le liquide à la température voulue.

J'ai constaté que, dans cet appareil, on pouvait faire pour quatre personnes un dîner composé du pot au feu, de deux plats de légumes et d'un rôti, en ne brûlant que six à sept centimes de charbon. J'ignore si la suppression de la cloche a laissé le cordon-bleu dans les mêmes conditions d'économie ; mais il me semble facile de régler la combustion de manière à les obtenir, à la condition de surveiller de temps en temps l'appareil, condition qui n'est nullement nécessaire dans l'emploi de la cloche.

(1) Rappel de médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je terminerai mon examen des appareils de chauffage par la description du four aérotherme, dont l'idée primitive appartient à feu Lemare et à M. Jametel. Les avantages que présente ce four sont : 1° un travail continu ; 2° un service facile et régulier ; 3° la cuisson du pain dans une capacité indépendante de l'appareil de chauffage ; 4° enfin l'emploi de la houille au lieu de bois.

Les dispositions de cet appareil consistent :

1° En un foyer chargé de coke, et des carneaux où la flamme et la fumée circulent sans aucune communication avec le four où s'opère la cuisson du pain ;

2° En un four de forme et de construction ordinaire ;

3° Enfin en capacités ou conduits où l'on chauffe de l'air que l'on introduit dans le four, près de sa bouche, à la température la plus convenable à la cuisson du pain, c'est-à-dire de 250 à 300 degrés.

Cet air, après avoir circulé dans le four et sur le pain, et s'être, par conséquent, un peu refroidi, redescend par une ouverture placée à l'extrémité postérieure jusqu'au fond d'une chambre à air, où il se réchauffe pour remonter dans le four, et établir ainsi une circulation continue.

Le four se trouve ainsi chauffé et le pain cuit par la circulation de l'air chaud, par celle de la flamme et de la fumée dans les carneaux inférieurs, et enfin par le passage de la fumée dans des conduits établis au-dessus de la chapelle.

Il résulte de ces dispositions plusieurs avantages remarquables :

1° Economie dans la dépense du combustible résultant de la substitution du coke au bois, dépense qui ne s'élève qu'à 1 franc par sac de farine travaillée ;

2° Propreté dans la fabrication, le four ne recevant jamais ni cendres, ni suie, ni fumée, et le pain ne pouvant être souillé de charbon ;

3° Régularité de travail : la température étant réglée au thermomètre, les pains sont toujours cuits au même degré ;

4° Rapidité et facilité de service : le chauffage s'opérant en dehors du four à pain sur un foyer continu, la cuisson est aussi continue, ce qui permet de faire de 21 à 22 fournées par jour.

Depuis sept ans, les fours aérothermes fonctionnent avec le plus grand succès dans la boulangerie de MM. Mouchot frères, au Petit-Montrouge, et c'est en grande partie à ces appareils qu'ils doivent la qualité et la régularité des produits qui leur ont valu la clientèle de tous les grands établissements d'instruction publique, et entre autres celle de l'École polytechnique.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MM. Mouchot frères et Grouveile ont fait à ces fours d'importantes améliorations.

Ils ont établi, sous ces appareils, des fours à fabriquer le coke, de sorte que les fours à pain sont chauffés sans aucune dépense de combustible par la chaleur perdue dans la fabrication du coke.

Le coke produit est vendu, et paie la houille employée à sa confection.

Les poussiers du coke sont utilisés, sous forme de briquettes, au chauffage de la machine à vapeur qui sert de moteur aux pétrins mécaniques de l'établissement.

Le gaz dégagé des cornues sert à la fois à l'éclairage de l'établissement et au chauffage des carneaux du four à pain.

Appareils d'éclairage.

Les lampes de toute espèce abondaient à l'exposition, mais ne présentaient qu'un très petit nombre de progrès réels sur les progrès antérieurement faits dans cette branche importante de l'industrie; et, comme chacun de ces perfectionnements ne pourrait être décrit avec quelque clarté sans remonter aux progrès précédents, j'ai trouvé plus commode et surtout plus logique de les comprendre dans un précis succinct de l'histoire de la lampe.

Jusqu'en 1783, les lampes, éclairage unique des classes pauvres, se composaient généralement d'un lampion, en terre cuite ou en métal, sur le bord duquel était pratiqué un bec semblable à celui d'une casserole, et d'où sortait le bout d'une mèche formée de quelques fils de coton, roulée en spirale, et baignée par l'huile dont on remplissait le lampion. Quelquefois, la portion allumée de cette mèche était placée au centre de ce même lampion.

Outre leur incommodité comme appareils portatifs, ces lampes avaient le double inconvénient d'être très peu économiques, eu égard à la quantité de lumière obtenue par la même dépense d'huile, et de produire à peu près constamment un filet de fumée d'autant plus abondant que la mèche ou le réservoir avait un plus grand diamètre. La flamme était, en outre, rougeâtre et peu brillante.

On sait que les vapeurs combustibles qui se dégagent de la mèche d'une chandelle, d'une lampe, ne brûlent qu'au contact de l'oxigène de l'air atmosphérique, et que toute la portion de ces vapeurs qui ne parvient point à ce contact indispensable à la production de la lumière, au moment où sa température est suffisamment élevée pour opérer la combinaison, s'échappe sous forme de fumée.

Or, les conditions de la lampe ancienne, surtout de celle où la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

combustion s'opérait au centre du vase, semblaient calculées exprès pour diminuer le renouvellement de ce contact, le réservoir placé au dessous de la mèche empêchant l'afflux direct de l'air, qui ne pouvait se rendre à la flamme qu'en faisant un coude.

L'invention du bec de lampe à double courant d'air fit une révolution complète dans l'éclairage à l'huile. Elle remonte à l'année 1783, selon qu'on l'attribuera à Ami Argand, ou à 1784, si on lui conserve le nom de *quinquet*, sous lequel ce bec est plus vulgairement connu. Je n'ai, sur cette question historique, que des données traditionnelles auxquelles il m'est impossible d'ajouter une entière croyance. Les documents imprimés auxquels j'ai pu avoir recours ne m'ont appris que ces deux dates par rapport aux prétentions réciproques d'Argand et de Quinquet. La première se trouve dans un *Mémoire* d'Argand *sur une nouvelle méthode d'éclairer les villes*, publié dans le tome XXIV des *Annales d'Oreilly*, et la seconde dans un dictionnaire de l'industrie, qui cite à ce sujet le *Journal de Paris*, 1784, n° 49.

On admet généralement que les prétentions d'Argand sont beaucoup plus fondées que celles de Quinquet, dont le nom disparaît peu à peu, à mesure que quelque nouveauté revêtant une épithète plus sonore fait son apparition dans le monde. Quoi qu'il en soit, les premiers becs à double courant d'air étaient formés, comme on le pratique encore aujourd'hui, de deux tuyaux concentriques réunis par leur extrémité inférieure. L'huile, admise dans l'espace annulaire qu'ils laissent entre eux, y vient baigner une mèche cylindrique qui occupe le même espace. Un cylindre de verre enveloppait, à distance, le tube extérieur du bec.

Il résulte de cette disposition que, dans tous les points de sa circonférence, la flamme n'a qu'une très petite épaisseur; que ses deux surfaces extérieure et intérieure sont, chacune, léchées par un courant d'air dont la rapidité est augmentée par le cylindre de verre; qu'enfin les différentes parties de la flamme, en rayonnant mutuellement les unes sur les autres, s'échauffent de manière à favoriser notablement la combustion.

M. Péclet dit, dans son *Traité de l'éclairage*, que la cheminée employée d'abord par Argand était en tôle, et que sa partie inférieure était placée au-dessus de la flamme.

Peu de temps après, Lange, qui fut, dit-on, successivement l'associé de Quinquet et celui d'Argand, fit aux cheminées un perfectionnement important, en les rétrécissant au-dessus de la mèche. Par cette disposition, l'air est rejeté sur la flamme, la combustion est plus parfaite et donne plus de lumière. Le coude de la cheminée

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

agit probablement encore en réfléchissant de la chaleur sur la mèche.

Le nombre des inventions faites pour obtenir, soit une manœuvre de la mèche, soit des moyens plus commodes de la fixer au porte-mèche, est incroyable. La plus ingénieuse de ces dernières, celle qui est restée appliquée à tous les becs, appartient, je crois, à M. Gagneau père; elle consiste en plusieurs petites lames métalliques, fixées par un bout au porte-mèche, et faisant ressort. Leur extrémité supérieure forme une portion de cercle dentée qui se tient naturellement écartée du tube intérieur lorsque le porte-mèche est en haut du bec. La mèche est placée entre ces *griffes* et le porte-mèche; et, lorsque celui-ci descend avec elles, le tube extérieur du bec les forçant à se rapprocher, leur fait saisir la mèche de manière à l'obliger de les suivre dans l'intérieur du bec.

Les becs étaient d'abord exécutés en fer-blanc; on les fait généralement en cuivre aujourd'hui; c'est à tort : l'oxidation du métal verdit l'huile, la rend moins propre à la combustion et encrasse rapidement le bec.

Une invention qui a eu longtemps une influence fâcheuse sur les progrès de l'industrie qui nous occupe est celle de la lampe dite *sinombre*, par M. Philips. Elle remplit, il est vrai, la condition formulée par son nom de ne projeter que peu d'ombre, parce que la couronne qui lui sert de réservoir, plus étroite sur son bord extérieur que sur le bord intérieur, permet à la lumière émanée du haut et du bas de la flamme de se réunir au-delà de cette couronne, qui ne produit pas d'ombre portée, mais seulement un affaiblissement de lumière.

Au lieu d'une crémaillère fixée au porte-mèche, et mue par un pignon pour faire monter ou descendre la mèche, M. Philips imagina de creuser d'un pas de vis la paroi interne de l'un des deux cylindres dont le bec est formé, de faire entrer, dans cette rainure en hélice, un ergot du porte-mèche, d'y ajouter un troisième tube percé d'une rainure droite et longitudinale, et de loger dans cette rainure un autre ergot du porte-mèche. La galerie qui porte la cheminée s'agrafe aussi, par un ergot, à ce troisième tube qui tourne dans le bec quand on fait tourner la galerie. Ce mouvement de rotation détermine celui du porte-mèche, ce qui ne peut avoir lieu qu'en l'élevant ou en l'abaissant, forcé qu'il est de suivre les contours du pas de vis.

Ces dispositions ont l'inconvénient d'obliger à laisser à l'espace annulaire occupé par la mèche un grand écartement, et de diminuer par là la capillarité de cet espace, ce qui oblige encore à maintenir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

très élevé le niveau de l'huile dans ces becs, et par conséquent fait dégorger cette huile par la surface de jonction entre le haut du bec et l'anneau de la galerie chargé de faire mouvoir le porte-mèche. La vogue que lui ont imprimée les lampistes a retardé d'un grand nombre d'années le progrès le plus remarquable peut-être que j'aie à signaler, celui qui aujourd'hui fait brûler à blanc toute espèce de lampes, au moyen du seul rétrécissement de l'espace annulaire compris entre les deux tubes. L'augmentation de capillarité de cet espace amène, sans danger de dégorgement, l'huile à un niveau beaucoup plus élevé dans le bec. A son tour, la capillarité de la mèche l'élève notablement au-dessus des bords du bec, dont la flamme ne peut plus approcher, laissant, entre elle et le bec, un intervalle de cinq à six millimètres. Ce résultat, qui s'est d'abord révélé dans les becs dits à fonds tournants inventés en 1829 par MM. Cœssin et Rouen, a été obtenu dans les becs ordinaires par M. Wiessnegg. Il a presque assimilé aux lampes mécaniques les lampes à réservoir supérieur et à niveau intermittent. Il présente cet avantage important, que le bec ne s'échauffant pas, n'élève plus la température de l'huile, qui ne peut plus dégorger pendant la combustion et salir les meubles sur lesquels la lampe repose ; qu'enfin il ne peut plus s'encrasser, ce qui rend le service de la lampe plus facile et moins malpropre.

Les premières lampes d'Argand étaient à réservoir supérieur et analogues à celle qu'on désigne encore sous le nom de *lampes de bureau.*

Une bouteille renversée dans ce réservoir y maintient l'huile au niveau de l'orifice de son goulot, parce qu'aussitôt que ce niveau baisse d'une très petite quantité, une bulle d'air s'introduit dans la bouteille, y déplace une quantité égale d'huile qui, se répandant dans le réservoir, élève le niveau et empêche l'huile de sortir de la bouteille, tant que la combustion n'a pas abaissé ce niveau dans le réservoir au point de permettre l'introduction, dans la bouteille, d'une nouvelle bulle d'air.

L'ombre portée par le réservoir de la lampe était un obstacle à son introduction dans les salons, et il restait à obtenir les conditions qui, en plaçant le réservoir d'huile au-dessous du bec, fissent disparaître ce grave inconvénient.

Carcel fut le premier qui tenta la solution du problème ; mais de graves infirmités l'eussent probablement empêché d'atteindre le but, s'il n'eût été fréquemment stimulé par son associé Carreau, dont le nom figure au brevet de cinq ans pris par tous deux le 24 octobre 1800.

Un rouage d'horlogerie, mû par un fort barillet, détermine le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouvement alternatif d'un petit piston placé dans un corps de pompe à double effet, de sorte que l'allée et le retour du piston procure l'arrivée au bec d'une même quantité d'huile, qui doit être plus abondante que celle employée à la combustion, de manière à produire un dégorgement constant au bec. Ce dégorgement présente l'avantage de refroidir constamment celui-ci, d'empêcher par conséquent l'huile de s'échauffer, comme cela a lieu dans les lampes ordinaires, surtout lorsqu'elles ne brûlent pas à blanc, et d'en vaporiser une partie sans profit pour la combustion.

Mais un perfectionnement beaucoup plus important qu'on doit encore à Carcel, et qui n'est pas consigné dans le brevet, est celui d'avoir rendu le porte-verre mobile sur le bec, de manière à permettre de l'élever ou de l'abaisser pour en placer le coude au point le plus favorable à la combustion parfaite, et obtenir la plus grande lumière possible. Avant ce perfectionnement, le hasard seul décidait de l'éclat d'une lampe, puisque la fixité du porte-verre maintenait le coude de la cheminée à une hauteur invariable qui était rarement celle qui pût donner le meilleur résultat. C'est cependant vingt ans après que l'engouement des lampistes, méconnaissant l'importance de cette condition, a préconisé le bec sinombre, qui l'exclut formellement.

La seconde tentative pour élever mécaniquement l'huile au bec appartient à M. Philippe de Girard, dont le génie inventif a déjà été signalé tant de fois dans le cours de ces *études*.

Son brevet, qui porte la date du 22 mars 1803, contient les principes de la plupart des lampes à piston qui ont surgi en si grand nombre dans le cours des dernières années. Les nombreux dessins de ce brevet représentent tantôt le haut de la lampe s'affaissant avec le piston à mesure que l'huile du réservoir inférieur s'épuise, tantôt cette même huile, poussée au bec par ce même piston sous l'action d'un ressort à boudin, ou d'une petite quantité d'air renfermée dans un soufflet. Il avait été prévenu dans l'application du premier principe par le Suédois d'Edelerantz, dont la lampe est décrite dans la première année du *Bulletin de la Société d'encouragement*. Elle consiste en un réservoir annulaire rempli de mercure dans lequel plongent les bords inférieurs du corps de la lampe rempli d'huile, et qui s'enfoncent dans ce réservoir à mesure de la combustion, l'équilibre s'établissant successivement entre le dénivellement du mercure des deux côtés des bords inférieurs du corps de la lampe et la hauteur de la colonne d'huile. On lui avait donné le nom de *statique*, parce que son action dépend de l'équilibre entre trois corps, dont deux sont liquides et le troisième solide.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1787, l'Écossais Keir prit une patente pour faire arriver l'huile au bec de bas en haut, au moyen d'un appareil en forme de siphon renversé, dont la petite branche contiendrait un liquide plus pesant que l'huile, faisant par conséquent équilibre à une plus grande colonne de celle-ci, et l'amenant ainsi d'un réservoir inférieur à la hauteur du bec.

Un second brevet, pris par M. de Girard et son frère en 1804, contient la description d'une lampe entièrement fondée sur le même principe, et d'une autre lampe qui, ne contenant que de l'huile, est alimentée par un réservoir dans les conditions de l'appareil connu en physique sous le nom de *fontaine de Héron*. Ces dernières lampes eurent beaucoup de vogue; mais les événements de 1813, en amenant, comme je l'ai dit, la ruine des frères de Girard, firent disparaître leurs lampes du commerce (1).

Les deux principes furent repris plus tard avec succès, l'un par M. Thilorier, qui adopta, pour second liquide, le sulfate de zinc; l'autre par M. Galy-Cozalat, qui, supprimant les bouchons rodés dont les frères de Girard avaient fait usage, supprima toutes les chances de fuite dont les premiers appareils étaient accompagnés.

Plus tard, M. Thilorier est parvenu à faire, sur le principe de la fontaine de Héron, une lampe dont le service est beaucoup plus simple que toutes les autres lampes de même espèce.

Le succès de ces deux lampes, dont le principe était alors dans le domaine public, fit surgir une foule de soi-disant perfectionnements ayant tous la prétention d'anéantir les perfectionnements antérieurs. Quelques lampistes allèrent même jusqu'à s'attribuer l'invention tout entière. Je ne puis à ce sujet résister au désir de copier ici l'un de ces brevets, t. XL, p. 447 du *Recueil des brevets expirés*.

« Au sieur Sylvant (Mucius Scœvola), à Paris,

» Pour une lampe élaï-aulico-pneumatique.

» Ces lampes remplacent avec avantage toutes les lampes mécaniques; elles peuvent varier de forme et de construction : leur nom indique leur principe. La pression exercée par un liquide sur un autre, et graduée par l'arrangement des tubes et leur longueur, telle est toute la simplicité de cette lampe.

» Il est inutile d'en décrire les détails, il suffit d'indiquer le principe. »

Or, cette lampe si simple se compose au moins d'un nombre de

(1) C'est aussi aux frères de Girard qu'on doit l'invention des globes en verre dépolis qui entourent les becs d'un grand nombre de lampes pour doucir l'éclat de la lumière.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tubes double de celui employé par les frères de Girard et M. Galy-Cazalot, dans l'application du principe de la fontaine de Héron, conditions qui l'ont fait désigner par les confrères de M. Sylvant sous le nom de *botte d'asperges*.

La première lampe mécanique qui, après celle de Carcel, ait eu un véritable succès, est celle qui est aujourd'hui connue sous le nom de lampe Gagneau.

Le principe s'en trouve consigné dans un brevet pris en 1817, sous les noms de MM. Cochot, Brunet et Gagneau.

Elle se compose d'un mouvement d'horlogerie faisant mouvoir alternativement deux petits tampons qui viennent soulever le fond de deux petits sacs en baudruche, d'où cette pression fait sortir, à travers une soupape, l'huile qui s'y introduit par son propre poids en traversant une autre soupape.

Mais au lieu d'envoyer directement l'huile au bec, comme dans la lampe Carcel, chaque pulsation la fait entrer dans un petit réservoir d'air dont la compression réagissant sur l'huile la fait monter d'un mouvement continu, et sans les intermittences qu'on remarque dans la lampe Carcel, quand le ressort est affaibli et ne fait plus marcher la pompe qu'avec lenteur.

Mais, de toutes les lampes mécaniques, celle qui s'est le plus répandue à cause de la simplicité de ses dispositions, est due à M. Gotten (1). C'est celle qui, sous le nom de *lampe dite Carcel*, se trouve aujourd'hui dans la plupart des magasins de lampistes.

Sa pompe se compose en principe de plusieurs cavités armées chacune de deux soupapes, l'une y permettant l'entrée de l'huile, l'autre destinée à son expulsion vers le bec. Une des parois de la cavité est fermée par une baudruche très lâche, au centre de laquelle est fixée une petite bielle articulée sur un des coudes d'une manivelle qui en a tantôt trois, tantôt quatre, cinq ou six, de manière que, suivant la position de chaque coude, la baudruche est tirée au dehors de la capacité ou y est renfoncée, alternative qui se répète pour chaque capacité à chaque révolution de l'axe commun de toutes les manivelles. Quand la baudruche est tirée en dehors, l'huile du réservoir commun pénètre dans la capacité par la soupape d'introduction; quand la baudruche est repoussée par la bielle, l'huile est refoulée vers le bec par la soupape de décharge.

Dans la plupart des lampes mécaniques, où l'on se borne à deux ou trois corps de pompes armés chacun de cette espèce de bonnet de coton, on est obligé de multiplier les rouages pour ne laisser à

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'axe coudé que la force nécessaire à l'alimentation du bec, en même temps qu'on prolonge la durée de la force motrice, qui est ici un ressort renfermé dans un barillet. M. Gotten est parvenu à supprimer presque tous les mobiles, c'est-à-dire à ne conserver que le barillet et un pignon faisant partie de l'axe des manivelles, en augmentant le nombre de celles-ci et des corps de pompe. La résistance que l'augmentation des surfaces refoulantes oppose au mouvement du barillet équivaut à la diminution de force du dernier mobile des autres lampes, et il en résulte que le ressort moteur emploie le même temps à se dérouler.

L'extrême simplicité des lampes de M. Gotten lui a permis d'en réduire considérablement le prix ; car, au lieu d'avoir à séparer son mécanisme du réservoir de l'huile, et par conséquent de faire des lutages difficiles et peu sûrs, il l'y tient entièrement plongé sans aucune espèce d'inconvénients.

Je n'ai pas eu occasion d'expérimenter une autre lampe de M. Gotten, dans laquelle l'un des corps de pompe envoie de temps en temps à la mèche de l'air chargé de certaines essences aromatiques pour parfumer les appartements. Je me borne à les signaler à ceux de vos lecteurs qui auraient quelque goût pour le confortable oriental.

M. Carreau, qui se désigne dans ses prospectus comme le fils de l'inventeur de la lampe Carcel, a eu aussi la pensée de réduire les rouages de ses lampes à un barillet et un pignon. Sur l'axe de ce dernier sont montés deux excentriques embrassés chacun par une fourchette faisant levier, et dont le centre de mouvement est autour de l'axe même du barillet. L'extrémité de l'autre bras de ces leviers s'articule à la tige commune de deux pistons, fonctionnant chacun dans un corps de pompe séparé, de sorte que l'appareil se compose de quatre corps de pompe. Les excentriques sont disposés de manière que la plus grande action de la force motrice sur l'un des leviers ait lieu quand l'autre agit avec le moins d'énergie, et qu'il s'établisse une sorte de compensation entre les variations de la force appliquée à chaque piston.

M. Carreau oppose, comme résistance au développement trop rapide de la force motrice, des trous très petits que l'huile est obligée de traverser pour arriver aux becs. Dans certaines limites du développement du ressort, cette disposition atteindrait parfaitement son but, si, pour des trous d'un diamètre donné, on avait affaire à un liquide dont les propriétés fussent constamment les mêmes. Mais la viscosité de l'huile est très variable, son épuration peut être plus ou moins complète ; et, selon son plus ou moins de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fluidité, déterminée par les variations de la température, ou les impuretés qu'elle peut contenir, son passage par les trous régulateurs sera plus ou moins facile, et par conséquent son abondance à la mèche sera plus ou moins influencée par ces causes, dont il aura été impossible de tenir compte dans la détermination de la grandeur des orifices régulateurs.

J'ajouterai que l'invention des orifices capillaires régulateurs n'est pas de M. Carreau. Elle remonte à une lampe Delaveleye, brevetée le 31 mars 1832, et publiée dans le tome XXXII, p. 139, du *Recueil des brevets d'invention*.

J'ai dit que M. Carreau se proclame le fils de l'inventeur de la lampe Carcel. Il me permettra de m'étonner qu'une pareille prétention, si elle est fondée, se soit élevée aussi tardivement. Il existe encore des contemporains de cette invention, qui ont vécu dans l'intimité de Carcel; et plusieurs d'entre eux, hommes dignes de foi, m'ont affirmé que M. Carreau père n'avait fourni que des fonds à son associé, et n'avait eu d'autre part à l'invention que la persévérance avec laquelle il engageait Carcel à s'en occuper. Tout ce que je puis accorder sur ce point à M. Carreau, c'est qu'il est le fils du co-inventeur légal de la lampe Carcel.

J'ai déjà parlé d'une lampe à piston de M. Philippe de Girard. Ce principe a repris faveur depuis quelques années, grâce à la facilité avec laquelle on peut aujourd'hui exécuter un piston avec un cuir embouti.

La première application de ce piston a été faite, je crois, par MM. Joanne (1). Leur lampe se compose d'un piston flexible, glissant sur une tige creuse qui fait communiquer le réservoir d'huile avec le bec. Le poids de ce piston, en pressant sur l'huile, applique les bords du cuir embouti contre les parois du cylindre qui forme le corps de la lampe, et empêche l'huile de passer entre eux, en même temps qu'il la force à s'élever au bec par la tige creuse. Il suffit, pour charger la lampe, de verser de l'huile sur le piston, de le remonter avec sa tige et de l'abandonner à son propre poids; le piston remonte sans difficulté, parce que, comme dans la pompe Letestu, la pression de l'huile tend à écarter ses bords des parois de la lampe, et qu'elle passe alors facilement entre eux.

On voit que, dans cette disposition, la colonne de liquide à élever grandissant avec la descente du piston, l'alimentation ne peut être la même du commencement à la fin. Il y a quelques années, MM. Joanne cherchaient à y remédier en envoyant l'huile

(1) **Médaille de bronze.**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans un petit réservoir alimentaire du bec qui, pouvant être rempli par l'action du piston au plus bas point de sa course, déversait son trop-plein sur le piston pendant la descente de celui-ci.

En 1739, M. Rouen exposait des lampes du même genre, avec la condition ingénieuse d'un petit piston flotteur qui, placé en un point convenable de la colonne liquide, déterminait, par sa position, celle d'une petite soupape qui ouvrait à l'huile un passage d'autant plus grand que l'action du grand piston était moins grande.

La même exposition offrait des lampes de M. Catez, d'Arras, dans lesquelles les variations de hauteur de la colonne ascendante, par suite de la descente du piston, étaient constamment compensées par l'arrivée successive sur le piston de couches d'huile égales en hauteur à la descente de celui-ci ; de sorte que le poids du piston augmentait dans un rapport exact avec l'augmentation de hauteur de la colonde ascendante.

Mais de toutes les modifications dont la lampe à piston a été l'objet, la plus importante, celle qui probablement la fera survivre à toutes les lampes à réservoir inférieur, est celle connue sous le nom de lampe Franchot.

Dans cette lampe, le piston, au lieu de marcher par son propre poids, est pressé sur l'huile par un ressort en hélice. Mais, comme ce ressort diminue de force à mesure que le piston descend, et que la colonne ascensionnelle augmente, on a disposé dans le tube d'ascension une tige conique qui marche avec le piston, de sorte que lorsque celui-ci a le plus d'énergie, et que la colonne est plus courte, la tige conique est tout entière dans le tube d'ascension, dont elle diminue par conséquent le volume intérieur, et oppose au passage de l'huile un rétrécissement qui diminue la quantité de son arrivée au bec. Mais, à mesure que le piston descend, la tige conique descend avec lui et augmente successivement le passage de l'huile, ce qui forme une compensation à la diminution de l'énergie du ressort et à l'augmentation de la colonne ascensionnelle.

La lampe de M. Valson n'a pas besoin de ce genre de compensation.

Elle se compose d'une espèce de sac en baudruche très fort destiné à recevoir l'huile. Ce sac, placé dans la base de la lampe, communique directement avec le tuyau d'ascension. Il est fixé inférieurement sur une plaque métallique que pousse, de bas en haut, un ressort à boudin.

On comprend que la hauteur de la colonne d'ascension diminuant à mesure de la combustion du liquide, compense la perte de force du ressort à mesure qu'il se détend. Toutefois, pour arriver

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

directement à toute la précision convenable, M. Valson a appliqué à son appareil, surtout lorsqu'il est destiné à un candélabre à plusieurs becs, un régulateur qui a quelque analogie avec celui décrit plus haut de M. Rouen, et qui consiste en un flotteur, dont la position détermine celle d'une soupape chargée d'agrandir ou de diminuer l'orifice d'arrivée de l'huile aux becs. La différence notable qui existe entre ces deux régulateurs consiste en ce que, dans celui de M. Rouen, la soupape est elle-même poussée contre l'orifice par l'arrivée de l'huile, tandis que dans celui de M. Valson, un petit levier de renvoi fait marcher le flotteur en sens contraire de la soupape qui va à la rencontre du liquide pour lui fermer le passage.

Je ferai remarquer, en passant, que cette condition est l'application d'un des principes sur lesquels repose mon régulateur, dont j'ai parlé plusieurs fois dans le cours de ces études.

Mais une lampe que je recommande vivement à vos lecteurs, est la *lampe* dite de *cuisine* du même M. Valson, et qui, beaucoup plus lumineuse que la chandelle, en présente tous les avantages sans aucun des inconvénients; pouvant impunément être placée près d'un fourneau sans s'y fondre, comme la chandelle, et être renversée horizontalement en ne perdant à peine que quelques gouttes d'huile.

Elle se compose d'un véritable chandelier, terminé par un tube de cuivre, ayant la hauteur d'une chandelle moyenne, d'un petit piston mû par une crémaillère, et d'un porte-mèche contenant une mèche plate. Le piston et le porte-mèche sont réunis par un cylindre de baudruche qui reçoit l'huile. Lorsque la combustion a diminué le volume de celle-ci de manière à affaiblir un peu la lumière, on rétablit le niveau au moyen du bouton de la crémaillère, et la combustion reprend toute sa vivacité. Cette opération n'est nécessaire qu'à des intervalles beaucoup plus éloignés que ceux qu'exige le mouchage d'une chandelle, et n'offre qu'un inconvénient très secondaire, en comparaison de l'économie et de la propreté de cet éclairage entre les mains des domestiques.

Le soulèvement de la colonne liquide, dans les lampes de M. Valson, est une heureuse simplification des conditions appliquées dans une des lampes à piston qu'on trouve dans le brevet de M. Philippe de Girard.

D'autres lampes à piston figuraient encore à l'exposition; mais je n'y ai pu reconnaître un caractère tranché de nouveauté. Je dirai cependant que celles de M. Chatel (1) se distinguent par l'emploi

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un ressort à la fois en spirale et en hélice, c'est-à-dire formé d'une lame d'acier enroulée comme le ressort d'un barillet, dont elle prend complétement la forme dans l'état de compression, mais qui présente un cône dans l'état de liberté ; de sorte que les révolutions de l'hélice rentrent les unes dans les autres quand le ressort est comprimé, ce qui lui fait occuper dans la lampe une moindre place, et permet de donner plus de volume au réservoir d'huile, condition qui ajoute à la durée de l'éclairage. Car je ne dois pas omettre de dire qu'un inconvénient assez grave de la lampe à piston, est d'exiger d'être remontée au moins deux fois dans une soirée un peu longue, parce que les dimensions ordinaires de ces lampes ne permettent pas d'y placer sous le piston la quantité d'huile nécessaire à une longue soirée.

La *lampe solaire* mérite de ma part une mention particulière, autant à cause de la vogue qu'ont su lui donner MM. Chabrié et Neuburger (2), qu'à cause de son histoire, qui peut servir à démontrer que, dans beaucoup de cas, un inventeur s'arrête au moment du succès, qu'un pas de plus, il aurait atteint.

Vers 1828, l'Anglais Upton prit, tant en Angleterre qu'en France, un brevet pour une lampe dont il est inutile d'indiquer les conditions générales. Il brevetait accessoirement une lampe à mèche plate, surmontée de deux calottes percées ; la mèche se présentant à l'orifice de la première, et la seconde conduisant l'air sur la flamme, qui s'échappait ensuite par son ouverture. Je ne sais quel succès cette lampe eut en Angleterre ; mais il est certain qu'elle resta à peu près inconnue en France.

Quelques années après, l'Anglais Bynner prit une patente en Angleterre pour le placement, sur le bec d'une lampe à double courant d'air, d'une calotte métallique percée d'un trou plus petit que la mèche, et obligeant l'air à arriver latéralement sur la flamme pour s'échapper avec elle par l'orifice pratiqué au sommet de la calotte, à laquelle il donne le nom de *déflecteur*. Plus tard encore, M. Smith, associé de M. Bynner, prit en Angleterre et en France un brevet pour l'application de ce déflecteur à diverses lampes, en y ajoutant cette condition, de supprimer la calotte opaque qui cachait une partie de la flamme, et d'y substituer un disque métallique, percé d'un trou et logé dans l'étranglement de la cheminée de verre. Cette condition du passage de la flamme à travers un orifice en mince paroi, et de la direction horizontale de l'air destiné à la combustion, présente l'avantage de donner plus de longueur et plus

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'éclat à la flamme, qui a ainsi toutes les apparences d'un beau bec de gaz. Elle ajoutait également à l'éclat de la lumière dans la lampe d'Upton, mais ne pouvait y atteindre à celui du bec à double courant d'air, parce que la combustion n'y était pas aussi parfaite : aussi les dispositions de MM. Bynner et Smith eurent-elles un grand succès en Angleterre.

Postérieurement au brevet Smith, M. Coignet prit en France un autre brevet, dans lequel il appliquait les conditions du déflecteur, mais sur une lampe qui, bien qu'à double courant d'air, est à niveau mort ; enfin sur la lampe dite *solaire*, qui se compose, en principe, d'un gros lampion au centre duquel est un tube à air qui reçoit la mèche. Le tout est recouvert par une calotte percée d'un trou plus petit que la mèche, et surmontée d'une cheminée de verre ; la calotte forçant l'air extérieur à s'infléchir pour sortir par le même orifice avec la flamme.

M. Smith, averti de cette application de son principe, fit valoir ses droits ; MM. Chabrié et Neuburger, cessionnaires du brevet Coignet, transigèrent et devinrent cessionnaires du brevet Smith. Mais ils se bornèrent, à tort selon moi, à continuer la fabrication de la lampe Coignet, au lieu d'appliquer le principe du déflecteur à toutes les lampes à double courant d'air.

Protégés par le brevet Smith, ils abandonnèrent le brevet Coignet qui tomba dans le domaine public. Mais, alors, la concurrence, avertie de ce délaissement, crut pouvoir appliquer les conditions qui s'y trouvaient décrites. Des perfectionnements importants furent même apportés à ces conditions par MM. Levavasseur, qui, ayant remarqué que la lampe solaire s'échauffait facilement, logèrent le réservoir d'huile dans une double enveloppe que devait lécher l'air appelé pour la combustion, et refroidir en conséquence le réservoir.

Un procès en contrefaçon s'ensuivit. On excipa contre le brevet Smith d'un brevet Levant-Gaillot, dans lequel se trouve appliqué, principalement aux becs à mèches plates, une espèce de cône appelé *oléarigaz*, ayant pour but de diriger l'air plus près de la flamme et d'en activer la combustion. Les expériences faites pendant l'expertise démontrèrent que l'oléarigaz, placé comme l'indiquaient les figures du brevet, c'est-à-dire au-dessous de la mèche, donnait un meilleur résultat que quand son orifice était au-dessus, qu'enfin c'était surtout à l'écoulement en mince paroi de la flamme et des produits de la combustion qu'était dû l'éclat de la lampe solaire. On excipa encore de la déchéance prononcée en Angleterre contre la patente Bynner, fondée sur la ressemblance entre le déflecteur et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la calotte du brevet Upton, déchéance qui paraît avoir été relevée au moyen de la renonciation faite par M. Bynner de ses prétentions à l'application du déflecteur sur d'autres becs que les becs à double courant d'air, Upton n'en ayant fait l'application que sur les lampes à mèches plates.

L'expertise, dont j'avais l'honneur de faire partie, tenta vainement un rapprochement entre les contendants, et dut reconnaître la validité du brevet Smith, sur ce seul fait que, bien qu'antérieurement à sa date, un déflecteur avait été appliqué sur des becs à mèches plates, M. Smith était le premier qui eût songé à l'appliquer sur un bec à double courant d'air, et que, toute simple que fût cette idée, elle n'en était pas moins la source d'un progrès non encore obtenu avant lui.

Le tribunal n'a pas partagé notre opinion; considérant qu'un procédé déjà connu ne saurait être breveté qu'autant qu'il s'appliquerait à un usage nouveau, et que le déflecteur avait déjà été appliqué à l'*éclairage*, il a prononcé la déchéance du brevet Smith en la motivant toutefois encore sur d'autres faits qui n'avaient pas été signalés à l'expertise.

Ce jugement est aujourd'hui frappé d'appel.

Je terminerai la question de l'éclairage à l'huile par quelques mots sur l'éclairage Robert, dont les dispositions annoncent dans son auteur une sagacité remarquable dans l'application des phénomènes naturels aux besoins de l'industrie.

Qu'on se figure, en effet, un nombre quelconque de becs, placés, chacun, à une hauteur quelconque, au-dessus ou au-dessous d'un réservoir commun qui les alimente tous de la même quantité d'huile, dont le dégorgement retourne au même réservoir sans qu'aucun mécanisme détermine, soit le départ, soit le retour de l'huile, qui n'a lieu qu'en vertu d'une application intelligente des lois de l'hydrostatique et de l'hydrodynamique. Il me serait impossible, sans employer de nombreuses figures, de décrire les conditions appliquées par M. Robert (1) dans cet ingénieux éclairage, ni même d'en exposer les principes généraux, qui varient avec les circonstances locales, et surtout avec le caprice du possesseur de l'appareil, qui peut placer indifféremment des becs dans toutes les positions possibles dans un appartement, sans craindre que le réservoir commun manque à l'alimentation de quelques uns, ou fournisse trop abondamment aux autres, sans craindre surtout qu'un accident arrivé aux tubes de retour qui enveloppent ordinairement

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les tubes alimentaires, produise l'écoulement de l'huile sur les murailles ou les meubles. La pression atmosphérique étant la cause efficace de ce retour, le seul inconvénient qui pourrait résulter d'une ouverture en un point quelconque de ces tubes, serait l'entrée dans le réservoir d'une certaine quantité d'air avec l'huile, et la diminution de la durée de l'éclairage.

Le *gaz liquide*, il faut bien employer l'expression consacrée par les lampistes, est d'invention américaine. Cet éclairage consiste en principe à déterminer la vaporisation d'un liquide combustible suffisamment carboné, et à brûler la vapeur ainsi formée au lieu d'opérer la gazéification directe du liquide au contact de la flamme.

Les premières tentatives d'application de ce genre d'éclairage en France, furent faites en 1832 par M. Breuzin (1), qui avait appris de M. le comte Réal qu'on l'employait aux États-Unis, mais dont il n'obtint que des renseignements très vagues sur la construction de la lampe.

Les premiers essais de M. Breuzin consistèrent à amener le liquide combustible vers le haut de la lampe au moyen d'une grosse mèche de coton renfermée dans un tube, dont l'extrémité supérieure était fermée par un fond percé de trous capillaires. L'échauffement préalable du tube déterminait la vaporisation du liquide amené par la capillarité au haut de la mèche. La vapeur s'enflammait au contact de l'air et restituait ainsi au tube le calorique nécessaire pour vaporiser une nouvelle quantité de liquide. Mais M. Breuzin renonça bientôt à ces essais à cause de la difficulté de placer convenablement une mèche passablement serrée dans un tube fermé par l'un de ces bouts.

En 1834, M. Boiveau remit à M. Breuzin une lampe venant directement d'Amérique ; cette lampe était fort imparfaite. Outre la difficulté déjà reconnue du placement de la mèche, elle présentait l'inconvénient de s'éteindre avec une extrême facilité, dès qu'on mettait la main sur le corps de la lampe. M. Breuzin reconnut que ce défaut tenait à la trop grande masse de métal qu'offrait un champignon surmontant le tube, et qui, s'échauffant difficilement, ne produisait que des vapeurs peu abondantes, dont la condensation s'opérait au seul contact de la main et du corps de la lampe. Il y remédia en diminuant la masse du champignon, et parvint à placer convenablement sa mèche, en la logeant dans un tube ouvert par les deux bouts, et dont il recouvrit l'extrémité supérieure par une calotte percée de trous capillaires et surmontée d'un champignon.

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais le liquide employé consistait en une combinaison à froid de l'alcool et de l'essence de térébenthine, qui ne s'y dissolvait que pour un dixième ; de sorte que ce combustible était à la fois peu lumineux et très cher ; ce qui fit que, ne voyant aucun avantage, aucune économie dans cet éclairage, M. Breuzin prit le parti d'y renoncer.

La question fut reprise plus tard par M. Guyot, qui la fit enfin entrer dans le domaine de l'industrie, en obtenant, au moyen de la distillation simultanée des deux liquides, la dissolution dans l'alcool de 30 p. c. d'essence de térébenthine, ce qui diminue notablement le prix du combustible en le rendant plus éclairant.

De son côté M. Selligue (1) avait obtenu, des schistes, des huiles volatiles qui peuvent produire, dans les mêmes conditions, une lumière très vive, soit seules, soit mélangées à l'alcool.

Depuis, un grand nombre de fabricants se sont occupés de cet éclairage, et ont apporté diverses modifications, soit aux lampes, soit à la composition du liquide.

La lampe actuelle se compose en principe, comme celle de M. Breuzin, d'un réservoir inférieur dans lequel plonge une forte mèche de coton, dont la capillarité amène une certaine quantité de liquide dans le voisinage du bec formé d'une masse notable de métal et percé d'un certain nombre de petits trous. On échauffe préalablement le bec, pour déterminer la vaporisation du liquide que la mèche a élevé jusqu'à lui ; la vapeur formée s'échappe par les trous et s'enflamme au contact de l'air, ce qui maintient la température du bec au degré suffisant pour continuer la vaporisation du nouveau liquide que la capillarité de la mèche amène constamment au point convenable.

Un perfectionnement apporté à cette lampe par M. Robert permet de régler la flamme, d'en augmenter ou d'en diminuer l'intensité, et de l'éteindre brusquement sans qu'il se produise après l'extinction un dégagement de vapeurs odorantes.

Ce dernier résultat parait obtenu également par MM. Joanne.

La lampe décrite plus haut de M. Valson, quoique pouvant brûler de l'huile ordinaire, est plus particulièrement construite pour l'éclairage au gaz liquide. Quant aux liquides employés, j'avoue mon incompétence absolue sur ce point, et je me bornerai à dire que celui de M. Robert, appelé *gazogène*, parait extrait des goudrons obtenus pendant la carbonisation du bois, et a une odeur aromatique analogue à celle des essences de citron et de lavande.

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le liquide de M. Valson, qu'il nomme *liquide gazifiable*, est principalement formé d'alcool et d'essence de térébenthine, obtenue dans des conditions particulières au moyen d'une distillation dont les produits sont condensés dans une masse de térébenthine et d'alcool.

La principale objection qu'on puisse faire à ce mode d'éclairage est dans le prix élevé de l'alcool, que le fisc persiste à charger de droits énormes, malgré la loi qui en permet l'abaissement quand cet alcool est suffisamment infecté pour ne plus être potable, et que sa désinfection ne pourrait avoir lieu qu'au moyen de procédés plus coûteux que les droits perçus. Ces conditions sont réalisées depuis longtemps, de l'aveu des commissions officielles chargées de les constater, et cependant le fisc persiste à ne pas abaisser les droits, au grand détriment de nos contrées vinicoles et des nombreuses industries qui emploient l'alcool en quantités considérables.

Mais, de toutes les tentatives faites jusqu'à présent pour obtenir un éclairage à la fois brillant et économique, aucune ne me paraît aussi ingénieuse et aussi pleine d'avenir que celle qu'ont si heureusement réalisée MM. Rouen et Busson (1), par l'emploi de l'*hydrocarbure liquide*, ou huile volatile extraite de la houille.

Leurs conditions générales d'appareils pour l'éclairage public sont les suivantes :

L'huile volatile est placée dans un réservoir supérieur, au bas duquel se trouve un tube d'une certaine longueur, se recourbant ensuite verticalement d'un décimètre environ, et terminé par le bec. Un robinet établit et intercepte à volonté la communication par ce tube entre le bec et le réservoir.

Le bec se compose d'un très petit orifice pratiqué au sommet de la partie relevée du tube ; cet orifice est environné de toutes parts d'une enveloppe métallique, dont la partie inférieure est percée d'ouvertures convenables pour l'admission de l'air, et la partie supérieure d'un certain nombre de petits trous destinés à la sortie d'autant de jets lumineux.

Nous supposerons le robinet fermé, et une certaine quantité d'huile volatile entre le robinet et le bec ; on échauffe celui-ci par un moyen quelconque (ceux qu'emploient MM. Rouen et Busson exigent de 30 à 40 secondes, selon la température actuelle). Une portion de l'huile se convertit en vapeur, qui, sortant par l'orifice pratiqué à l'extrémité du tube, se mêle à l'air contenu dans l'en-

(1) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

veloppe et sort par les orifices supérieurs, où elle s'enflamme. La chaleur développée par la combustion de cette vapeur suffit pour entretenir la vaporisation de l'huile volatile, dont le passage dans l'enveloppe y produit un appel de l'air atmosphérique par les orifices inférieurs, dont on règle à volonté la grandeur pour proportionner l'afflux de l'air à la quantité de vapeur produite : phénomène analogue à celui que Venturi a découvert dans les liquides, et qu'il a désigné sous le nom de *communication latérale du mouvement*.

Mais la vapeur ainsi formée, et qui ne s'échappe que par une petite ouverture, produit une certaine pression entre le robinet et le bec. Lorsque ce dernier est franchement allumé, on ouvre le robinet; et la pression se faisant sentir sur le liquide, le repousse à une distance proportionnelle à la quantité de vapeur formée, ou, si l'on veut, à la température acquise par le bec : de sorte que les influences de la température extérieure sont sans effet sur l'intensité de l'éclairage, les variations de température du tube, ou même du bec, n'ayant d'autre résultat que de faire varier la distance du liquide au bec, en d'autres termes le point où la vaporisation a lieu, et par conséquent de laisser la quantité de cette vaporisation sensiblement égale pendant toute la durée de la combustion : car la pression de la vapeur reste sensiblement constante, mesurée qu'elle est par la hauteur sensiblement constante du liquide au-dessus du bec.

Ces conditions générales peuvent revêtir de nombreuses formes suivant leur application, soit à l'éclairage public, soit à l'éclairage particulier. Il me suffira d'en avoir indiqué le principe pour que vos lecteurs, aidés des renseignements comparatifs dont je vais leur donner l'analyse, partagent mon opinion sur l'avenir de cette ingénieuse invention.

L'éclairage par le gaz courant ne constitue en France qu'une très faible portion de l'éclairage public, et qu'une fraction plus faible encore de l'éclairage privé.

Il exige un capital considérable, et disproportionné aux ressources de la plupart des villes ; la dépense d'établissement d'une usine à gaz variant de 150 fr. à 300 fr. par bec, suivant la distance des becs entre eux.

Il résulte de là que toutes les fois que la distance moyenne entre ces becs dépasse quelques mètres, l'éclairage au gaz courant n'est praticable qu'au prix de sacrifices considérables de la part des villes : aussi, même dans les villes les plus peuplées, le gaz ne pénètre pas dans un grand nombre de rues. En d'autres termes, l'ex-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ploitation de l'éclairage par le gaz courant n'est profitable que lorsqu'à l'éclairage public vient se joindre, dans certaines conditions, l'éclairage privé.

Comme système d'éclairage, le gaz courant présente les inconvénients suivants :

L'encombrement de la voie publique par la pose des tuyaux de conduite ;

L'infiltration du gaz sous le sol et son introduction dans les caves, ou dans les habitations souterraines, qui dans les villes de province servent à la classe pauvre, et les asphyxies ou les explosions qui en résultent si fréquemment, etc., etc. ;

L'extinction de tout un quartier par suite d'un accident ou de la malveillance.

Le nouveau système d'éclairage par la combustion des huiles essentielles minérales ou végétales, extraites de la houille, des bitumes, des résines, etc., ne présente aucun de ces inconvénients.

Il est exempt des frais d'établissement de vastes usines dans les villes où l'achat des terrains, la complication des appareils, les constructions dispendieuses, la pose des conduites, entrainent des déboursés énormes.

L'organisation industrielle du nouveau système est au contraire des plus simples.

Les fours de distillation, établis sur les houillères mêmes, sont peu coûteux sous le rapport de l'installation ou de la manœuvre. Ils sont peu sujets à réparation, parce que la distillation se faisant à une température peu élevée, les cornues se conservent longtemps, et peuvent même être chauffées par la chaleur perdue des fours à coke.

Le résidu de l'opération est, du reste, un excellent coke et des huiles fixes, dont la valeur vient encore diminuer les frais d'extraction de l'hydrocarbure.

Les chiffres suivants permettront d'établir le prix comparatif de cet éclairage avec l'éclairage à l'huile.

On tire généralement de 1 k. de houille de bonne qualité, $0^k,040$ à $0^k,070$ d'hydrocarbure liquide propre à l'éclairage : on en consomme $0^k,085$ par heure, dans un bec donnant une lumière égale à celle de deux lampes mécaniques, consommant pendant le même temps chacune de $0^k,042$ à $0^k,045$ d'huile épurée, ou à celle de deux becs consommant chacune 120 à 140 litres de gaz hydrogène carboné.

Un kil. de houille produisant en moyenne 220 litres de gaz cou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rant, le nouvel éclairage se présente, par rapport à l'emploi du gaz courant et de l'huile dans la situation comparative suivante :

Matières employées pour une heure d'éclairage (à lumière égale).

HYDROCARBURE LIQUIDE.	GAZ HYDROGÈNE CARBONÉ.	HUILE DE COLZA ÉPURÉE.
0k,085 hydrocarbure liquide ayant exigé la distillation de 1k,416 de houille sur la mine.	270 litres ayant exigé la distillation de 1k,227 de houille au centre même de la consommation.	0k,090 brûlés dans des lampes Carcel. 0k,174 consommés par le bec dit astral d'éclairage public (1).

La production de l'hydrocarbure liquide s'opérant sur la mine même, la houille qui sert de base à son extraction n'a pas à supporter les frais de transport, si onéreux pour le gaz courant. Cette économie s'exprime par le rapport même des poids à transporter, c'est-à-dire 0k,085 : 1k,227, soit 1 : 14.

Une autre source d'économie se trouve dans l'emploi de la menue houille, le gaz ne pouvant s'extraire que de la houille en morceaux, avec une très faible proportion de menu. Cette différence est, quant au prix de la houille, du simple au double.

Le nouvel éclairage est aujourd'hui en état courant d'application. 28 lanternes d'éclairage public ont fonctionné à Paris pendant plusieurs mois, dans la saison la plus rigoureuse et pendant les plus longues nuits d'hiver, par ordre de la préfecture de police, et sous sa surveillance incessante, à la place du Musée et rue de la Huchette.

Les gares de Montretout, Saint-Cloud et Colombes (chemin de fer de Saint-Germain et de Versailles, rive droite) ont été éclairés par ce système pendant plus d'un an, avec une parfaite régularité. Il a été successivement appliqué à la gare des Batignoles, (chemin de fer de Rouen), et à toute la commune d'Auteuil. Enfin, il a été appliqué, par ordre du ministre du commerce, à l'éclairage des bâtiments de l'exposition, au moyen de 32 lanternes pendant toute la durée de cette solennité.

Les principaux avantages de ce système d'éclairage sont dus, comme on le voit, à l'intensité de la lumière produite par l'hydrocarbure liquide, à la réduction des frais d'établissement d'usine, à la mobilité et à l'indépendance des appareils, qui dispensent de tuyaux de conduite et de branchement, à l'abondance et aux bas

(1) Cette différence provient de la carbonisation de la mèche et de l'irrégularité du niveau.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prix des matières dont l'hydrocarbure est extrait, et enfin à la simplicité des procédés d'extraction.

J'ai fait de trop fréquentes excursions hors des salles de l'exposition pour que vos lecteurs s'attendent à ce que je ne quitte pas la question de l'éclairage sans leur dire quelques mots de celui qui, au moment où j'écris, est en expérience sur la place du Carrousel, et qui se compose d'un foyer unique, ayant la prétention d'éclairer à lui seul cette immense place, dont il laisse les contours dans une obscurité relative d'autant plus grande que le piéton, ébloui par l'intensité de la lumière, lorsqu'il a passé près de son foyer, ne peut plus distinguer que difficilement les nombreuses voitures qui se croisent en tous sens et contre lesquelles il va se heurter.

Cet éclairage est une importation anglaise, entée sur une invention toute française. On le désigne en Angleterre sous le nom de *Bude-light* (lumière de Bude), du nom de la résidence, dans le comté de Cornouailles, de M. Goldworthy Gurney, son inventeur.

La première forme sous laquelle il fit son apparition, vers 1838, était celle d'un bec d'Argand très petit, dans l'intérieur duquel passait un courant d'oxigène. Ces conditions n'étaient toutefois pas nouvelles ; car, il y a environ quarante ans, elles avaient été employées par le célèbre Thomas Young, dans ses leçons à l'institution royale, pour éclairer un microscope solaire, et en 1806 ou 1807, par le docteur Ure. Expérimentées il y a quelques années pour l'éclairage des phares et celui de la chambre des communes, elles parurent trop coûteuses et d'une manœuvre trop difficile; elles furent abandonnées pour revenir à l'ancienne méthode de placer un certain nombre de becs d'Argand au foyer ou près du foyer de miroirs ou de lentilles.

Pendant les nombreuses expériences faites à l'administration des phares d'Angleterre (Trinity-House), M. Gurney eut occasion d'examiner la construction et les fonctions des becs à mèches multiples et concentriques, inventés en 1822 par MM. Fresnel et Arago, et qui sont aujourd'hui employés dans les phares français. Ces quatre, cinq ou six flammes concentriques, placées très près l'une de l'autre, alimentées par un afflux d'air convenable dans les espaces annulaires qui les séparent, augmentent réciproquement leur température à un degré remarquable, et cette augmentation de chaleur amène une augmentation proportionnelle de lumière.

On sait, en effet, depuis longtemps, qu'un morceau de la matière la moins combustible, un fragment de brique, par exemple, fortement chauffé émet une lumière très intense. Il y a plus de quarante ans que le professeur Hare, de Philadelphie, en fit l'application

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dans un but d'éclairage. En dirigeant la flamme très peu lumineuse d'un jet composé d'hydrogène et d'oxigène sur un morceau d'argile, il obtenait une lumière d'un éclat extraordinaire aussitôt que l'argile était suffisamment échauffée. Plus tard, on y substitua un morceau de chaux, dont cette excessive température ne fait pas aussi facilement changer les propriétés lumineuses, et qui produit un effet plus durable; c'est lui qu'on emploie aujourd'hui dans le microscope à gaz. Il y a environ vingt ans que M. Gurney en suggéra l'emploi dans un ouvrage qu'il publia sur la chimie. Cet emploi fut adopté par M. Drummond pour servir de signaux dans la grande triangulation du Royaume-Uni, ce qui lui fit donner le nom de lumière de Drummond, bien que cet ingénieur n'eût aucun droit à cette invention.

La construction de la lampe de Fresnel suggéra à M. Gurney l'idée d'essayer les mêmes conditions sur un bec de gaz; mais, avant de l'exécuter, il tenta, vers 1839, d'augmenter le pouvoir éclairant d'un bec ordinaire de gaz, en remplaçant l'air atmosphérique par un courant central d'oxigène. Le résultat fut tout-à-fait contraire à son attente; car la lumière, au lieu d'augmenter, disparut presque entièrement, ce qu'il lui eût été facile de prévoir s'il eût mieux connu les admirables recherches de Davy sur la flamme. En effet, Davy avait démontré depuis longtemps que la lumière blanche du gaz et celle des lampes est due à la vive ignition des particules solides de carbone dégagées par la décomposition ignée de l'hydrocarbure, soit à l'état de gaz, soit à l'état de vapeur, et que si, par un moyen quelconque, on empêchait ces particules de se déposer, et on les brûlait plus ou moins complétement dans l'acte même de leur dégagement de l'hydrocarbure, la lumière en serait plus ou moins affaiblie.

M. Gurney crut remédier à cet inconvénient en chargeant son gaz de vapeur de naphte. Il obtint ainsi une plus grande quantité de carbone qui, brûlé dans l'oxigène, produisit une lumière d'un éclat remarquable, ainsi qu'on devait s'y attendre d'après des expériences devenues vulgaires à force d'avoir été répétées dans les cours publics. Mais un autre obstacle le força bientôt à renoncer à l'emploi de la vapeur de naphte, qui, en se condensant dans les tubes, y accumulait le naphte liquide qui les bouchait.

Il eut alors recours aux conditions actuelles, qui consistent dans l'emploi du gaz ordinaire d'éclairage brûlé dans un bec composé de plusieurs anneaux concentriques, percés d'un certain nombre de trous, et dans l'intervalle annulaire desquels l'air atmosphérique est admis en quantité convenable.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au niveau de la flamme est placée une cheminée de verre, surmontée d'une cheminée de tôle. Un certain espace est laissé entre ces deux cheminées pour favoriser le tirage et la ventilation.

Voici le résultat d'expériences comparatives faites en Angleterre entre la lumière ordinaire du gaz et le Bude-light. J'ai conservé les mesures anglaises.

Dimensions.	Nombre d'anneaux concentriques.	Consommation par heure.	Hauteur de la flamme.	Lumière comparative, becs de gaz à quinze trous.	Consommation par heure de ces derniers becs.
pouces.		pi. po. c.	pouces.		pieds cubes.
1 1/2	2	10 6	3	5	30
3	2	16 4	3	8	48
3 1/2	2	21 6	3	10	60
4	2	26 4	3	12	72
4 1/2	2	33 7	3	15	90
5	3	40 0	3 1/4	18	108
5	3	43 5	3 1/2	20	120
6	3	56 4	4	24	144

On voit, d'après ce tableau, que la lumière fournie par le Bude-light serait presque triplée pour une même consommation de gaz.

L'expérience faite à Paris est loin de produire un pareil résultat. L'importateur qui a fait cette application avait annoncé qu'il doublerait la lumière obtenue des becs de l'éclairage public pour une même consommation de gaz. Son bec multiple en brûle une quantité équivalente à 60 becs, et l'intensité de la lumière fournie n'est que de 75.

Un autre importateur se présente, dit-on, avec des promesses plus belles que celles du premier, et l'administration parait disposée à en faire l'essai et à éclairer la place du Carrousel au moyen de deux becs multiples dont la lumière éclairerait suffisamment les deux côtés extrêmes de la place, qui, comme je le disais plus haut, sont actuellement dans l'obscurité.

Il est probable qu'on atteindrait ainsi ce résultat; mais je ferai remarquer qu'avec une même dépense on pourrait avoir un éclairage mieux réparti, moins fatigant pour la vue, et surtout moins dangereux pour les piétons, en disposant deux becs moins lumineux dans la partie moyenne de la place, et en l'entourant d'un certain nombre de becs ordinaires.

Examinons maintenant, à part la convenance particulière d'éclai-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rer suffisamment certaines places, certains locaux, avec le moins grand nombre possible de becs, les conditions économiques de ce genre d'éclairage, comparées aux conditions de l'éclairage ordinaire.

Le phare installé sur la place du Carrousel équivaut en intensité à 75 becs ordinaires.

La distance admise en moyenne entre les becs de la ville de Paris est, à ce que je crois, de 20 mètres, et je raisonnerai dans cette hypothèse, à laquelle vos lecteurs pourront substituer la véritable si je suis dans l'erreur, mon raisonnement s'appliquant à toutes celles qu'on voudra établir.

Or, pour deux lumières différentes, les intensités sont entre elles comme les carrés des distances, $I : I' :: D^2 : D'^2$, ou bien les racines carrées des intensités sont entre elles comme les simples distances, c'est-à-dire que ces racines peuvent être prises pour distances par rapport à l'unité.

Prenant pour unités le bec ordinaire et la distance de 1 mètre, on a :

1 (l'intensité du bec ordinaire) est à 75 (intensité du phare) comme 1^2 (carré de la distance 1) est à x^2 (carré de la distance x) $= 75$. Donc la distance D' est $\sqrt{75} = 8^m,6603$.

Donc, à $8^m,66$ du phare on a la même intensité de lumière qu'à 1 mètre du bec ordinaire ; c'est donc seulement 8,66 fois plus loin que le phare projette une lumière égale à celle du bec ordinaire.

La distance moyenne entre deux becs ordinaires est 20 mètres, chacun d'eux porte à 10 mètres une lumière qui n'est que le centième de celle qu'il porte à 1 mètre ; mais comme deux becs y portent en même temps cette quantité, elle se trouve doublée en ce point, ce qui la porte à un cinquantième de l'intensité d'un seul bec à 1 mètre.

Or, à quelle distance d'un seul bec a-t-on cette intensité 1/50 ? à $\sqrt{50^m} = 7^m,0711$.

En effet, comme pour une même lumière, les intensités décroissent comme les carrés des distances, ou comme les distances sont en raison inverse des racines carrées des intensités, ou enfin comme les intensités sont inverses des carrés des distances, on aura :

$$\sqrt{1} : \sqrt{1'} :: D' : D, \text{ ou } I : I' :: D'^2 : D^2 ; \; D'^2 = 50$$

ou

$$\sqrt{1} : \sqrt{\tfrac{1}{50}} :: D : 1, \quad \text{ou } 1 : \tfrac{1}{50} :: x = 50 : 1 ; \; D' = \sqrt{50} = 7^m,0711.$$

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Donc, à 7m,07 d'un seul bec, on a le même éclairage qu'à 10 mètres entre deux becs.

A quelle distance du phare a-t-on l'intensité qu'on a à 7m,07 du bec ordinaire? C'est à 8,66 fois cette distance, puisqu'il porte sa lumière 8,66 fois plus loin.

Donc, à 61m,237 du phare, on a la même intensité qu'à 10 mètres entre deux becs, ou qu'à 7m,07 d'un seul bec.

Il s'agit donc de comparer la grandeur des deux surfaces dont les limites ont la même intensité. L'une a 61m,237 de rayon, l'autre 10 mètres. La surface du premier est en nombre rond de 11781 mètres, celle du second de 314.

Combien de fois cette dernière est-elle comprise dans l'autre? 37,5, c'est-à-dire qu'avec 37 becs et demi, ou la moitié des becs représentés par l'intensité du phare, on éclairerait toute la surface sur laquelle il projette sa lumière avec la même intensité que dans l'éclairage ordinaire.

Il s'ensuit qu'il y a réellement perte de la moitié de la lumière représentée par le phare, mais en réalité cette perte n'est que de 22 becs et demi, puisque les expériences faites paraissent avoir constaté qu'il ne consomme que le gaz de 60 becs ordinaires.

Il n'y a donc que convenance dans l'emploi de ce nouvel éclairage, qui, loin d'être économique, est, comme on le voit, très dispendieux, et ne peut s'appliquer qu'à l'éclairage des localités où la dissémination des foyers lumineux ne peut avoir lieu sans de grands inconvénients.

Balances et appareils de pesage.

L'absence de notes, dont la plupart me manquent encore, ne m'a pas permis de traiter ces appareils dans la section des instruments de précision, où je me suis borné à citer M. Deleuil comme l'un des plus habiles fabricants de balances de précision.

Je ne suis pas beaucoup plus avancé aujourd'hui, parce que le peu de renseignements que j'ai pu consulter manquent des conditions techniques, et surtout des dessins qui seuls auraient pu me démontrer le mérite des produits dont je vais parler : aussi me bornerai-je le plus souvent à exposer les prétentions des fabricants, sans prendre la responsabilité de ces prétentions.

Ceux que je regrette le plus m'avaient été promis par les successeurs de la maison Rollé et Schwilgué, de Strasbourg, et devaient relater les travaux si remarquables de M. Schwilgué, auquel on doit, non la restauration, comme on le dit, mais la construction

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'horloge de Strasbourg, qui a aujourd'hui le mérite de remplir réellement des conditions que la tradition supposait avoir été accomplies par l'ancienne horloge, et qui en réalité n'y avaient jamais existé.

L'exposition de la nouvelle maison renfermait de nombreux spécimens de la spécialité qui nous occupe. Si mes souvenirs ne me trompent pas, c'est à M. Shwilgué que l'on doit l'introduction dans l'industrie de deux espèces de balances qui, avant lui, ne se trouvaient que dans les cabinets de physique, celle de Sanctorius et celle de Roberval.

La première, connue aujourd'hui sous le nom de *balances-bascule*, se compose d'un tablier qui reçoit les pièces à peser. Au-dessous est placé un système de leviers communiquant à un petit plateau de balance, et disposé de manière qu'un poids placé sur le plateau fasse équilibre à un poids décuple placé sur le tablier.

On rapporte que Sanctorius voulant faire des expériences physiologiques sur la transpiration, eut la patience de rester plusieurs années sur le tablier de sa balance, pour avoir constamment son poids exact, tenant successivement compte du poids de sa nourriture et de ses déjections pour en déduire les pertes dues soit à la transpiration cutanée, soit à la transpiration pulmonaire.

Quoi qu'il en soit, M. Schwilgné a approprié cette balance aux besoins du commerce, et l'a rendue propre à peser de très lourds fardeaux. C'est sur ce principe que sont établis les ponts à bascule destinés au pesage des voitures de roulage et des messageries.

La balance de Roberval, appropriée par M. Schwilgué aux besoins du commerce de détail, et, sous le nom de *balance de ménage*, au contrôle du poids des achats faits chez les fournisseurs d'une maison, présente ce paradoxe apparent, que des poids égaux restent en équilibre, bien qu'ils semblent appliqués à des bras de levier inégaux. Elle se compose en principe de deux fléaux parallèles, réunis au moyen de deux bielles à chacune de leurs extrémités. Les plateaux ou les crochets de pesage sont fixés aux bielles, et on démontre en mécanique que, quelles que soient les distances de ces plateaux ou de ces crochets aux points d'appui, l'équilibre persiste pour des poids égaux qui y seraient placés.

L'application de ce principe aux balances de ménage est très ingénieuse.

L'appareil a la forme d'une petite table d'une longueur double de sa largeur. Une moitié du dessus de cette table se replie sur l'autre et sert à placer les objets à peser. Dans la partie découverte se trouve un petit plateau destiné à recevoir les poids. Comme le bois de la table change de poids sous les influences atmosphériques,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on tare avec quelques grains de plomb, jusqu'à ce qu'un index soit exactement vis-à-vis son repère. On met sur la table les objets à peser, puis sur le plateau les poids qui ramènent l'index au repère, on décuple la valeur de ces mêmes poids, et on a la pesée exacte des objets placés sur la table. La sensibilité de ces balances est telle, que j'ai vu, à l'exposition de 1834, l'une d'elles accuser la différence d'usure entre deux pièces de 50 cent.

Les ateliers de la nouvelle maison, comme ceux de l'ancienne, ne se bornent pas à la fabrication des balances; on y exécute la grosse horlogerie, des machines à vapeur, des grues, des crics, etc., et les spécimens que j'ai eu occasion d'examiner à l'exposition m'ont paru devoir lui conserver l'excellente réputation que MM. Rollé et Schwilgué étaient parvenus à donner à leurs produits.

Les balances-bascules de M. Béranger (1), de Lyon, fondées sur le principe de Sanctorius, se distinguent des balances-bascules ordinaires en ce que, outre le plateau qui reçoit les poids représentatifs de la charge, et qui sont dans le rapport d'un à cent, est un poids curseur placé sur le levier de ce même plateau, et indiquant les fractions de la charge au-dessous de 105 kil., de sorte qu'on peut ne mettre sur le plateau que des poids représentant 100 kil., et lire sur le levier les quantités additionnelles au-dessous de 100 kil. Appliqué aux ponts à bascule, le système Béranger paraît avoir des avantages décisifs sur les ponts à bascule ordinaires. J'ai eu ce moment sous les yeux un rapport officiel de réception du pont à bascule de Vienne (Isère). On a constaté que chargée, pendant une nuit entière, de 15,000 kil., la bascule n'a montré aucune altération dans ses différentes parties; que, sous cette charge, l'addition ou l'enlèvement sans secousse d'un poids de 2 kil. produisait un mouvement très sensible dans l'indicateur; qu'il en était de même pour 1 kil. sous la charge de 7 à 8,000 kil., et pour $0^{k},500$ sous celle de 1,000 kil., qu'enfin il suffit d'une demi-minute pour vérifier avec cette précision la charge d'une voiture.

Les balances-bascules de M. Sagnier (2), de Montpellier, ont une très grande analogie avec celles de M. Béranger, dans l'emploi d'un poids curseur sur le levier.

Dans la plupart des cas, ils suppriment le plateau, et ne se servent que du poids curseur.

On peut faire à cette disposition une objection grave, qui résulte de la presque impossibilité de placer rapidement le poids curseur

(1) Médaille d'argent.
(2) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

au point absolu d'équilibre, ce qui exige par conséquent une tolérance plus ou moins grande en raison de la sensibilité de la balance.

Les *balances* dites *à cric* de M. Mars (1) sont également établies sur le principe de la balance de Sanctorius ; mais, principalement destinées au pesage des grains et des farines, on a donné à leur tablier la propriété de s'élever et de s'abaisser au moyen d'un cric, à la hauteur convenable pour que le porteur y dépose facilement son fardeau.

En 1834, M. Selligue avait exposé une grue qui a la triple propriété d'enlever les fardeaux, de les peser et de les transporter sur un chemin de fer dans les différents points d'un magasin. Elle se compose en principe d'un levier armé d'un contre-poids curseur dont la position sur le bras opposé à celui auquel est accroché le fardeau détermine l'enlèvement de celui-ci, et accuse en même temps son poids. Lorsque le tout est en équilibre, la grue se met en marche, et transporte le fardeau au point du magasin où il doit être placé.

L'exposition dernière présentait deux appareils remplissant les mêmes conditions. L'un, exposé par MM. George père et fils (2), est fondé sur les principes de la balance de Sanctorius, avec cette différence, appliquée également aux balances-bascules de la même maison, que tous les leviers, couteaux, etc., dont la précision comporte celle de la balance, au lieu d'être cachés sous le tablier ou dans la base de l'appareil, sont sous l'œil de l'opérateur, qui peut en vérifier à chaque instant l'état de conservation et la position exacte. De nombreux dessins seraient nécessaires pour bien faire comprendre les conditions mécaniques de la grande balance de MM. George ; je me bornerai à renvoyer vos lecteurs au rapport très favorable et à la description que M. Calla en a faite à la Société d'encouragement.

Le second était la grue dynamométrique de MM. Lasseron et Legrand (3), de Niort. Comme celle de M. Selligue, elle peut se transporter avec son fardeau sur un chemin de fer ; mais elle présente en outre l'avantage de s'équilibrer elle-même, c'est-à-dire de faire marcher un contre-poids qui se place de lui-même dans une position en rapport avec le fardeau soulevé, dont elle indique par conséquent le poids. Les conditions mécaniques de cette grue étant de nature à ne pouvoir être décrites qu'à l'aide de figures nombreuses, je me trouve obligé, à regret, d'en passer la description sous silence.

(1) Médaille de bronze.
(2) Médaille d'argent.
(3) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'ai parlé plus haut de ponts à bascule, et rendu une justice méritée à ceux de M. Béranger. Je ferai remarquer ici que ces appareils, destinés à constater le poids total d'une voiture, n'atteignent qu'imparfaitement le but de la loi, qui est de prévenir la détérioration des routes, causée par les surcharges dans les moyens de transport. En effet, une voiture peut avoir une charge de beaucoup inférieure à celle que la loi autorise, et cependant être plus préjudiciable à la route qu'elle parcourt qu'une voiture surchargée. Il suffit pour cela que la charge soit inégalement répartie sur les quatre roues, et que l'une d'elles supporte un poids beaucoup plus considérable que les autres : aussi l'administration a-t-elle provoqué le génie des inventeurs pour se procurer des appareils qui pussent mesurer isolément la charge supportée par chaque roue.

Pour répondre à cet appel, M. Galy-Cazalat a imaginé un appareil hydraulique portatif, sur lequel il suffit de faire passer une des roues d'une voiture pour connaître la charge qu'elle supporte.

La *pèse-voiture* de M. Galy-Cazalat se compose d'un boîte de bronze pleine d'eau alcoolisée, pour rester liquide pendant les gelées, communiquant avec un manomètre, et métalliquement emprisonnée par une feuille de cuivre rouge très flexible, dont le périmètre est soudé au bronze.

Quand une pression quelconque tend à aplatir la feuille de cuivre légèrement bombée, cette pression se transmet, sans altération, au liquide emprisonné, dont la réaction, égale à la force comprimante, est exactement mesurée par le manomètre fondé sur un principe nouveau.

Le boîte de bronze, de forme elliptique, est contenue dans une auge en fer sur laquelle s'appuie la membrane bombée en cuivre rouge, tandis que la face de bronze opposée dépasse d'un centimètre les bords de l'auge.

La graduation du manomètre s'obtient expérimentalement. Dans ce but, on place la boîte pleine d'eau sous un levier du second genre dont l'extrémité porte un bassin dans lequel on place successivement des poids divers dont le rapport avec les bras du levier détermine la valeur réelle.

La pression de ces poids, exercée par l'intermédiaire du levier, fait monter le mercure dans le manomètre, sur le tube duquel on grave les indications correspondantes aux divers poids employés.

Le manomètre se compose d'une cuvette formée de deux hémisphères assemblés par leur base au moyen de boulons qui les pressent contre une membrane très flexible de platine. Cette membrane divise la capacité de la cuvette en deux chambres, dont la supé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieure est pleine de mercure qui s'élève jusqu'au zéro de l'échelle manométrique. La chambre inférieure renferme une espèce de soupape dont la tête plane sert d'appui au centre de la membrane de platine, et dont la queue remplit hermétiquement, sans frottement appréciable, une douille inférieure cylindriquement alésée et communiquant avec la boîte de bronze.

Quand le manomètre est en communication avec l'eau emprisonnée dans le pèse-voiture, la réaction du liquide soulève la queue de la soupape, dont la tête soulève à son tour la membrane de platine qui fait monter le mercure dans le tube de verre.

Supposons que l'aire pressée par l'eau soit n fois plus grande que l'aire de la membrane pressée par le mercure; selon les lois de la statique, la hauteur de la colonne de mercure sera n fois moins grande que la hauteur qui mesurerait la réaction de l'eau, si celle-ci pressait directement la membrane de platine. Il en résulte qu'indépendamment de son emploi dans le pèse-voiture, ce manomètre peut efficacement servir à mesurer la tension de la vapeur dans les machines à haute pression.

Voici maintenant comment on peut employer le pèse-voiture.

Le préposé ambulant ou sédentaire de l'administration pose l'appareil transversalement sous une des roues de la voiture, qui, passant au pas sur la boîte de bronze, fait monter dans le manomètre le mercure, qui pousse un index de fer.

Ce dernier, retenu par un ressort à cheveux comme dans les thermomètres *à maxima*, reste suspendu dans le tube de verre pour indiquer la pression quand le mercure est descendu après le passage de la voiture.

Pour renouveler l'expérience sous les autres roues, il suffit de faire descendre l'index au moyen d'un aimant, lorsque le manomètre est à air comprimé, ou au moyen d'une tige de baleine quand le manomètre est à air libre.

Serrures.

La fabrication de la serrurerie n'avait qu'un petit nombre de représentants réels à l'exposition, bien que le nombre des exposants de cette catégorie s'élevât à 69, d'après le catalogue officiel. La plupart ne sont que des marchands quincailliers, achetant à de malheureux paysans picards les produits d'une fabrication disséminée, dont le prix de main-d'œuvre va s'affaiblissant tous les jours, grâce à la concurrence acharnée que ces marchands se font entre eux aux dépens d'une population affamée.

Jusqu'en 1830, la fabrication des serrures du commerce était

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

restée dans un état d'infériorité remarquable, soit comme conditions mécaniques, soit comme conditions d'exécution. Sous ce dernier rapport, elle n'est pas aujourd'hui beaucoup plus avancée, excepté dans quelques maisons qui tiennent à la conservation d'une clientèle due à la bonne qualité des produits. Je placerai dans cette catégorie la serrurerie de la maison Japy, dont j'ai fait l'éloge mérité en traitant de l'horlogerie. On lui doit la serrure à pêne circulaire, premier pas manufacturier vers une bonne fabrication. Ces pênes, découpés dans des cercles de fer exécutés au tour, offrent une précision de mouvement qu'on ne peut obtenir économiquement que par ce procédé. Partout ailleurs, le bas prix de la main-d'œuvre a forcément restreint les bonnes conditions de fabrication, et mis en circulation des produits d'une incroyable médiocrité, surtout lorsque cette fabrication se borne à l'exécution des anciens systèmes de serrures, qui, pour être passables, exigent beaucoup de soins et de précision.

Pour mieux faire comprendre les perfectionnements que j'ai à signaler, il est utile que j'entre dans quelques détails sur les conditions appliquées dans les serrures antérieures à 1830.

On en distinguait deux sortes principales : la serrure tour et demi, et la serrure à deux pênes. Cette distinction existe encore aujourd'hui, mais les conditions sont différentes.

La serrure tour et demi se compose d'un seul pêne, terminé par un chanfrein appelé bec-de-cane, permettant de fermer une porte sans qu'il soit nécessaire de se servir de la clef, le bord de la gâche pressant le chanfrein et faisant reculer le pêne, lorsqu'on pousse la porte avec une certaine force : c'est ce qui constitue le demi-tour, parce que, pour ouvrir la serrure ainsi fermée, il ne faut qu'un demi-tour de clef. Souvent un bouton placé sur le bord ou au milieu de la serrure permet l'ouverture du demi-tour sans l'intermédiaire de la clef.

On consolide la fermeture par un tour entier de la clef, qui fait pénétrer le pêne plus avant dans la gâche. Ce résultat est obtenu par l'action simultanée du panneton de la clef sur une pièce appelée la gorge, qu'elle soulève pour dégager un ergot logé dans une encoche du pêne, en même temps que ce même panneton appuie contre une saillie ou barbe du pêne pour le faire couler, soit en avant, soit en arrière, selon qu'on ouvre ou qu'on ferme la serrure. L'ergot de la gorge, poussé par un ressort, pénétrant dans l'encoche du pêne aussitôt que la clef cesse de soulever cette gorge, maintient le pêne dans la position où l'a amené la clef. Enfin, un autre ressort en spirale agissant sur l'extrémité du pêne fait constamment saillir

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le bec-de-cane hors de la serrure pour déterminer les fonctions du demi-tour.

Une condition essentielle à l'obtention de ces effets dans l'ancienne serrure tour et demi, consiste dans l'application, sur le pêne lui-même, du ressort destiné à assurer, dans l'encoche, l'entrée de l'ergot de la gorge, et par conséquent dans le mouvement alternatif de ce ressort, qui agit tantôt sur un point de cette gorge, tantôt sur un autre, circonstance qui diminue la sûreté de l'effet : aussi n'est-il pas rare de voir ce genre de serrures se détraquer rapidement.

En 1830, M. Sterlin, auquel ont succédé MM. Bricard et Gaultier, prit un brevet pour de nouveaux systèmes de serrures. Le tour et demi présente cette différence avec l'ancien système, qu'un seul ressort détermine l'arrêt pour le tour entier, en même temps que les fonctions du demi-tour.

Dans cette serrure, lorsqu'on ne fait usage que du demi-tour, le ressort agit comme à l'ordinaire sur l'extrémité du pêne, en même temps que, par un autre point de sa surface, il appuie contre une projection de la gorge dont l'ergot, logé dans une échancrure formée de deux plans inclinés, est soulevé par l'un de ces plans dans le mouvement du pêne en avant ou en arrière, ce qui laisse entièrement libres les fonctions du demi-tour. Mais si, au moyen de la clef, on agit sur le pêne pour le fermer ou l'ouvrir d'un tour entier; dans ce cas, le ressort agit uniquement sur la projection de la gorge, dont l'ergot est alors dans une encoche à parois parallèles qui garantit la sûreté de l'arrêt.

La simplicité de cette combinaison donne aux fonctions de la serrure une sécurité que sont loin de comporter les serrures tour et demi de l'ancien système.

La serrure à deux pênes, plus vulgairement connue sous le nom de *pêne dormant demi-tour*, se compose effectivement de deux pênes, dont l'un, le demi-tour, porte le bec-de-cane et peut s'ouvrir, soit avec la clef, soit avec un bouton, dit *bouton de coulisse* quand il opère en glissant, ou *foliot* quand il fonctionne en tournant. Le pêne dormant est ainsi nommé, parce qu'il ne sert guère que dans les moments où la porte est fermée à double tour, et que ses fonctions sont beaucoup moins fréquentes que celles du demi-tour.

Les anciennes serrures de cette espèce présentent une grande complication.

Le pêne dormant, placé vers le haut de la serrure, est muni de sa gorge, dont l'ergot pénètre successivement dans trois encoches

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'arrêt, suivant la position que la clef lui donne en l'ouvrant ou en le fermant.

Le demi-tour est placé au-dessous. Une équerre, ayant son axe de mouvement sur le pêne dormant, et marchant avec lui, a l'extrémité d'une de ses branches dans une encoche pratiquée dans la tige du bec-de-cane, tandis que l'extrémité de son autre branche se présente au panneton de la clef, lorsque celle-ci a fait rentrer entièrement le pêne dormant dans la serrure, ce qui permet d'ouvrir le demi-tour au moyen de la clef.

Son ouverture, au moyen d'un bouton de coulisse, résulte de ce que ce bouton, traversant la paroi de la serrure par une fente longitudinale, est fixé après le bec-de-cane, et qu'il suffit de le pousser le long de cette fente pour ouvrir le demi-tour.

Mais la complication s'augmente si le demi-tour doit s'ouvrir au moyen d'un foliot. Dans ce but, le bec-de-cane se retourne en équerre vers l'extrémité de la serrure, où elle est traversée par l'axe d'un bouton qui reçoit une pièce à deux branches s'appliquant contre le retour d'équerre du demi-tour, de sorte qu'en faisant tourner le bouton à droite ou à gauche, l'une des deux branches du foliot repousse ce retour d'équerre, et par conséquent avec lui le bec-de-cane.

On comprend facilement tout ce que cette disposition a de défectueux.

Quand le mouvement imprimé au foliot le fait agir sur l'extrémité du retour d'équerre, il donne au bec-de-cane une direction oblique qui le bride contre ses guides, et rend l'ouverture de la serrure beaucoup plus difficile que lorsque le foliot agit sur la portion la plus voisine de l'angle de l'équerre, parce qu'alors l'action étant plus directe, le bridage est moins considérable. Vos lecteurs on dû fréquemment remarquer cette différence, bien sensible, dans la résistance du bouton d'une porte, selon qu'on tourne celui-ci à droite ou à gauche.

Je ne décrirai pas les conditions beaucoup plus compliquées encore qui résultent de la nécessité de doubler certains organes pour permettre d'ouvrir ou de fermer la serrure tantôt en dedans, tantôt en dehors de l'appartement, lorsque, comme cela arrive souvent, surtout quand les clefs sont forées, les deux entrées de la serrure ne sont pas en regard. De nombreuses figures pourraient seules me permettre de le faire avec la clarté nécessaire, et je me hâte d'arriver aux perfectionnements importants que M. Sterlin a introduits dans les conditions de ce genre de serrures.

Le bec-de-cane ou le demi-tour est placé au milieu de la hauteur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de la serrure, et le pêne dormant au-dessus. L'épaisseur et la surface frottante du bec-de-cane sont beaucoup plus grandes que dans les serrures ordinaires, parce que M. Sterlin a pensé avec raison que cette pièce est celle qui éprouve le plus de fatigue, puisqu'elle fonctionne toutes les fois qu'on ouvre ou qu'on ferme une porte. Le pêne dormant est un peu plus étroit qu'à l'ordinaire ; mais comme il occupe toute l'épaisseur de la serrure, sa résistance est plus que suffisante à tous les efforts qui pourraient être tentés pour le faire céder, la serrure devant s'arracher avant la rupture possible de ce pêne.

A l'intérieur de la serrure, la queue du bec-de-cane s'amincit et s'élargit, puis se retourne d'équerre à l'extrémité opposée, de manière à former une espèce de pont sous lequel passent la gorge et les barbes du pêne dormant. Une échancrure est également pratiquée dans la largeur de ce pont, pour donner un point d'appui à la clef lorsque celle-ci sert à ouvrir le demi-tour. Enfin une autre échancrure, pratiquée à la fois dans l'extrémité du pont et dans le retour d'équerre, reçoit le tourillon du foliot, dont les deux branches s'appliquent de chaque côté en dedans du retour d'équerre, de sorte que l'effort à faire sur le bouton pour ouvrir le demi-tour est le même dans les deux sens. Cette dernière condition n'a pas peu contribué au succès de la serrure, dont l'extrême simplicité rend la fabrication facile et assure la solidité. L'indépendance complète des deux pênes est également un caractère distinctif de cette combinaison, qui offre, en effet, la réunion de deux serrures distinctes renfermées dans la même boîte.

Le début de ces deux serrures ne répondit pas à l'attente légitime de l'inventeur.

La quincaillerie parisienne, froissée dans son monopole, y mit tous les obstacles qu'elle put imaginer, et lorsqu'enfin les architectes, convaincus de la supériorité de ces serrures, en firent une clause formelle et presque générale de leurs devis, tous les quincailliers s'évertuèrent à l'envi à faire des serrures dont les conditions extérieures imitaient les serrures Sterlin, et qu'ils vendirent sous le nom de *façon* S T, ces deux lettres étant la marque adoptée par la fabrique des serrures originales. D'autres n'y firent pas tant de façons et copièrent tout simplement ces serrures. MM. Bricard et Gauthier, après de longs débats judiciaires, obtinrent enfin justice en faisant condamner sévèrement l'un des principaux contrefacteurs.

Parmi ceux que la vogue de la serrure Sterlin avait fait réfléchir sur les imperfections des anciennes serrures, se trouva un homme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'un esprit sain et droit, porté par goût aux combinaisons simples et sûres, et qui, à son tour, imagina un système de serrures fondé sur des dispositions différentes, mais réalisant toutes les conditions des serrures Sterlin. Cet homme est M. Edme Pihet, de la même famille que les deux hommes remarquables dont j'ai entretenu vos lecteurs au début de ces *études*.

Sa pensée dominante, au milieu des recherches auxquelles il se livra, fut de parer aux inconvénients qui résultent de la disposition du bec-de-cane dans les serrures ordinaires, et qui obligent à laisser la serrure incomplète jusqu'au moment où l'on sait à quelle espèce de porte elle doit servir, c'est-à-dire à ne pas faire le chanfrein du bec-de-cane avant de savoir si la porte doit s'ouvrir en la poussant ou en la tirant; en d'autres termes, si, les gonds étant du même côté de la porte, celle-ci sera placée sur une face ou sur l'autre de la muraille, le chanfrein devant être fait sur une face différente du pêne pour l'un ou pour l'autre cas, de sorte qu'il faut, de toute nécessité, quand on achète une serrure chez le quincaillier, avoir recours à un serrurier pour faire le chanfrein du bec-de-cane, ou faire souder un morceau à l'ancien, lorsque, changeant de domicile, le propriétaire de la serrure trouve une porte s'ouvrant en sens contraire de la première.

Avant M. Pihet, on avait tenté des dispositions de bec-de-cane permettant de le retourner de manière à le faire servir aux diverses espèces de portes; mais ces dispositions, en changeant les conditions déjà vicieuses des anciennes serrures pour des conditions plus vicieuses encore, n'eurent aucun succès. Elles eurent en outre pour adversaires les serruriers en bâtiment, qui, chargés de la pose des serrures, voyaient diminuer leur gain sur chaque serrure, de tout le travail qu'exige l'exécution du chanfrein du bec-de-cane.

Les dispositions qu'imagina M. Pihet lui permirent de simplifier le mécanisme, au point de le rendre aussi sûr et aussi économique dans la fabrication que les serrures Sterlin.

Voici en quoi consistent, en principe, les conditions employées par lui.

Dans la serrure tour et demi, le bec-de-cane, avec un chanfrein fait d'avance, se termine en dedans de la serrure par une queue plate occupant le milieu de l'épaisseur du pêne, de sorte que, dans toute sa longueur, cette queue laisse, de chaque côté de la tête du pêne, un vide rempli, sur une de ses faces, par les barbes sur lesquelles doit agir la clef, et qui sont fixées sur cette face au moyen d'une vis. L'autre vide est occupé par la gorge, de sorte que l'épaisseur de la boite est remplie par trois pièces superposées :

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les barbes du pène, sa queue plate, et la gorge. Le ressort, qui, dans toutes les serrures, a pour mission de maintenir l'ergot de la gorge dans une encoche du pène, y joint ici celle d'appuyer le même ergot contre une petite équerre dont une branche, lorsque la serrure n'est qu'au demi-tour, bute contre la tête du pène, et le maintient dans cette position tant que la clef ou un bouton de coulisse ne le fait pas rentrer en surmontant la pression du ressort contre l'équerre.

On comprend que, si la serrure n'est pas disposée pour la porte qui doit la recevoir, il suffira, pour la mettre dans les conditions convenables, de dévisser les barbes du pène, de retourner celui-ci, de revisser les barbes sur l'autre face, et que, la position du chanfrein étant changée, on pourra appliquer la serrure après la porte sans aucune espèce de travail de lime ou de forge, comme cela fût devenu nécessaire sans la possibilité de retourner le bec-de-cane, possibilité qui résulte de la symétrie du vide laissé de chaque côté de la queue de ce même bec-de-cane.

C'est encore cette symétrie qui lui a permis de faire l'application des mêmes conditions à la serrure à deux pênes.

Le bec-de-cane, comme dans la serrure Sterlin, est placé au milieu de la hauteur de la serrure, et le pène dormant au-dessus. La tête du bec-de-cane occupe presque toute l'épaisseur de la serrure. Sa queue est formée de deux branches placées au milieu de l'épaisseur de cette tête, et se terminant à l'extrémité opposée par un double épaulement qui occupe aussi toute l'épaisseur de la boite ; ces deux branches laissent entre elles un large espace en fer à cheval pour le passage de la clef, d'où il résulte que de quelque côté qu'on place le chanfrein, la queue du bec-de-cane occupera toujours le milieu de l'épaisseur de la serrure. Le foliot est double, c'est-à-dire que, de chaque côté de son tourillon, sont placées deux branches dans l'intervalle desquelles se logent les deux branches de la queue du bec-de-cane, condition qui donne encore plus de sûreté et de moelleux aux fonctions du demi-tour, en maintenant constamment le bec-de-cane dans la même position, par rapport aux deux faces de la serrure. Ces branches du foliot agissent contre le double épaulement qui termine chaque branche de la queue, et, comme tout est symétrique de part et d'autre, l'action du foliot n'exige pas plus de force pour faire mouvoir le demi-tour quand on tourne le bouton dans un sens ou dans l'autre.

Au moyen de l'équerre décrite plus haut, un seul ressort peut suffire aux fonctions du pêne dormant et du demi-tour. M. Pihet y a trouvé un autre avantage, celui de pouvoir reculer le bouton du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

foliot le plus loin possible de la tête de la serrure, pour prévenir la possibilité de se blesser la main contre le chambranle de la porte lorsqu'on tient le bouton, ce qui arrive fréquemment dans les serrures de petites dimensions où la clef est un peu forte, et empêche de placer le ressort du bec-de-cane près de la tête. Ce ressort, placé derrière, occupe une place qui rapproche la main de la tête de la serrure, et expose à se blesser si l'on ne prend pas de précautions.

Un autre avantage des serrures Pihet tient au placement de la clef entre les deux branches du demi-tour, et par conséquent au milieu de la serrure.

Il en résulte, pour le poseur, une grande facilité, parce qu'il perce sur la même ligne, dans la porte, et sans tâtonnement, les trous qui correspondent au foliot et à la clef, circonstance qui n'est nullement indifférente pour les entrepreneurs qui ont à poser plusieurs centaines de serrures dans un même bâtiment.

Les quincailliers auxquels M. Pihet s'adressa pour exploiter son invention, car il était sans fortune, lui firent des offres tellement dérisoires, qu'il se décida à traiter avec M. Jacquemard, fabricant de ferronnerie de Charleville, où il trouvait l'occasion d'utiliser les bras nombreux que la suppression récente de la manufacture d'armes de cette ville laissait sans emploi.

Mais M. Pihet avait compté sans les quincailliers de Paris.

Ils ne tardèrent pas à reconnaître que la serrure à deux pênes de M. Pihet présentait extérieurement les conditions de la serrure Sterlin, c'est-à-dire le bec-de-cane au milieu et le pêne dormant au-dessus, et que par conséquent on pouvait la donner aux entrepreneurs de bâtiments comme son équivalent, les architectes devant probablement se contenter d'en vérifier les conditions extérieures et l'accepter comme la serrure Sterlin stipulée dans leurs devis. La conséquence naturelle de ces considérations, vos lecteurs le penseront sans doute, était de faire des commandes à M. Jacquemard, en l'engeant à donner ses serrures à un prix inférieur à celles qu'elles pouvaient remplacer. Mais les quincailliers parisiens ont une sainte horreur des bénéfices qu'ils ne font pas. Commander des serrures à M. Jacquemard, qui ne spécule pas sur la misère des ouvriers ardenais, c'était vouloir les payer beaucoup plus cher que celles qu'on aurait des ouvriers picards.

En conséquence, comme l'inventeur n'était pas là pour surveiller les empiètements qu'on pouvait faire sur ses droits, on résolut de tenter l'aventure. Un seul attacha d'abord le grelot. Il était, pour les articles de ferronnerie, l'un des plus forts clients parisiens de la maison Jacquemard, et il pensa que, pour une pareille baga-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

telle, cette maison ne voudrait pas courir le risque de voir se perdre la belle clientèle qu'elle possédait à Paris.

En effet, les faits se chargèrent de réaliser cette prévision. La tolérance dont ce premier empiètement fut l'objet ne tarda pas à allécher d'autres concurrents; enfin, en quelques mois, la presque totalité de la fabrication picarde n'eut d'autre commande que celle des serrures Pihet, à laquelle les serruriers en bâtiment donnaient la préférence à cause de la facilité de sa pose.

M. Jacquemard se réveilla enfin; et pour ne pas trop compromettre sa position vis-à-vis de sa clientèle, il fit pratiquer au hasard une saisie sur deux voitures arrivant de Picardie, où l'on trouva de nombreuses serrures contrefaites adressées à trois des principaux quincailliers de Paris.

Le procès s'engagea avec toutes les péripéties que peuvent amener de pareils conflits d'intérêt. Toute la quincaillerie parisienne y prit une part plus ou moins active. Vingt témoins, mandés à grands frais du fond du Calvados, vinrent affirmer à la justice, sous la foi de ces serments dont on prétend les Normands si prodigues, qu'antérieurement à M. Pihet, un sieur R*** avait fabriqué des serrures identiques aux serrures saisies. Cette prétention fut soutenue à l'audience par ce même R***, ancien ami de M. Pihet, qui se contenta de faire passer à la cour une lettre où le témoin disait absolument le contraire.

Le résultat du procès fut la condamnation des trois accusés à 2,400 fr. de dommages-intérêts, bien que parmi eux se trouvât celui qui avait reçu un châtiment beaucoup plus sévère, pour la contrefaçon de la serrure Sterlin. Mais M. Jacquemard en avait dépensé 10,000 pour obtenir justice; et les quincailliers, qui pendant les deux années qu'avait duré l'instance, avaient vendu les serrures Pihet à vil prix, pour l'empêcher de se relever, en devinrent alors les plus acharnés détracteurs, surtout depuis que la serrure Sterlin est tombée dans le domaine public.

On m'assure toutefois que, à peu près certaine que M. Jacquemard, averti sur les résultats du premier, reculerait devant un nouveau procès, la contrefaçon a repris de plus belle.

Je n'ai pas cru inutile d'exposer à vos lecteurs l'une de ces phases si fréquentes de la carrière des inventeurs. Tant qu'un produit nouveau n'est pas goûté du public, l'inventeur est laissé en possession bien tranquille des droits qu'il a cru se réserver par un brevet; mais aussitôt que la moindre apparence de gain se manifeste, il est traqué comme une bête fauve par la meute avide des marchands, qui, *per fas et nefas*, lui dispute à la fois et l'honneur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de sa découverte et les bénéfices légitimes qu'il pourrait en retirer.

Les serrures Pihet figuraient à l'exposition sous le nom de M. Macquenehem, fabricant de Picardie, auquel M. Pihet a cédé une partie de son brevet.

Les fermetures de croisées, désignées vulgairement sous le nom d'espagnolettes, foisonnaient à l'exposition sous des formes et dans des conditions très variées, toutes ayant la prétention de l'emporter sur leurs rivales.

Examinons rapidement les divers systèmes que j'ai pu étudier.

Une bonne espagnolette doit remplir trois conditions principales : la solidité, le rappel du gauche du bois de la fenêtre, et la commodité de son usage.

Malgré la variété des formes qui figuraient à l'exposition, on peut les réduire à trois systèmes principaux : le système à deux tringles, dont l'une monte et l'autre descend ; celui à une seule tringle douée d'un mouvement longitudinal, et enfin celui à une seule tringle tournante armée de crochets en haut et en bas.

Le moins avantageux des trois est celui auquel on a donné le nom de crémone, et qui se compose de deux tringles terminées par une crémaillère se croisant au-dessous du milieu de la fenêtre, où elles rencontrent un pignon dont le mouvement de rotation fait monter l'une et descendre l'autre.

La tringle supérieure étant plus lourde que la tringle inférieure, agit par son poids sur le pignon, qu'elle fait quelquefois tourner, et la fenêtre s'ouvre seule lorsqu'elle est ébranlée soit par le vent, soit par les amateurs du bien d'autrui, qui connaissent parfaitement cette propriété des crémones.

Les dispositions diverses au moyen desquelles on a supprimé le pignon et les crémaillères, en les remplaçant par un excentrique ou un levier, ne me paraissent pas présenter plus de sécurité.

L'espagnolette belge est, comme simplicité, une heureuse application du levier et de l'engrenage. Elle se compose d'une tringle unique vers le milieu de laquelle est une crémaillère. Un levier, dont le petit bras est formé d'un arc de cercle denté, engrenant avec la crémaillère, détermine le mouvement d'ascension et de descente de la tringle, avec la condition que le mouvement propre du levier est en sens inverse de celui de la première. Dans ces espagnolettes, la tringle ferme en descendant, et par conséquent au moyen du relèvement du levier ou de la poignée.

Cette disposition a paru gênante à quelques fabricants, qui ont imaginé de renverser ces conditions, c'est-à-dire de faire fermer la fenêtre par l'élévation de la tringle. Ils n'ont pas réfléchi qu'à moins

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de donner un poids considérable au levier, le poids de la tringle tend à ouvrir la fenêtre sous l'influence des ébranlements qu'elle éprouve soit du vent, soit du passage des voitures, et que, comme pour les crémones, c'est surtout à ces fermetures que s'adresseront les voleurs.

Les poignées étant ordinairement en bronze, l'augmentation de leur poids, et par conséquent de leur prix, serait une mauvaise combinaison industrielle: elle ajouterait encore à la charge de la fenêtre, dont elle augmenterait la tendance au gauchement.

Dans l'espagnolette belge, il suffit que la poignée soit plus légère que la tringle pour assurer la fermeture.

Il y a toutefois un inconvénient réel à fermer la fenêtre par le relèvement de la poignée, qui exige une force assez grande, surtout lorsqu'on a à rappeler un gauche prononcé dans la fenêtre. M. Andriot y a paré en interposant, entre la poignée et la tringle, un pignon qui donne à ces deux pièces le mouvement dans la même direction, de sorte que l'abaissement de la poignée détermine l'abaissement de la tringle, et *vice versâ*, ce qui donne plus d'énergie à l'action de la main, qui s'aide du poids du corps pour vaincre plus facilement les résistances. Mais cet avantage est compensé par un plus grand volume de la poignée, et par un prix plus élevé de l'appareil.

On a également cherché à perfectionner l'espagnolette à tringle ronde, tournant sur elle-même, et armée de crochets pénétrant dans des gâches pratiquées dans les traverses supérieures et inférieures de la fenêtre. On sait que, dans cette espagnolette, la plus vulgaire de toutes, la poignée est mobile autour d'un axe fixé sur la tringle, et vient s'engager dans un crochet également mobile adapté sur l'autre vantail de la fenêtre. On a cherché à en rendre l'action plus commode au moyen de roues d'angle ou d'un excentrique, qui compliquent le mécanisme et le rendent plus coûteux en même temps que moins solide.

Cette disposition exige l'application d'un petit arrêt pour empêcher la fenêtre de s'ouvrir lorsque le gonflement du bois repousse les crochets.

L'oubli fréquent de cet arrêt de la part des domestiques rend cette fermeture aussi peu sûre que quelques unes de celles dont j'ai parlé plus haut.

Dans les espagnolettes de divers genres que j'ai eu occasion d'examiner dans l'exposition de MM. Bricard et Gauthier, on a, autant que possible, paré aux principaux inconvénients que je viens de signaler. Mais j'ai surtout remarqué avec intérêt une espagnolette à tige ronde, sur laquelle la poignée est disposée de manière

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que son propre poids assure la fermeture en l'obligeant à se placer verticalement et à juxtaposer une portion plane de sa surface sur une portion également plane de la tringle, qui ne peut tourner, soit pour ouvrir, soit pour fermer la fenêtre, qu'autant qu'on a amené la poignée dans la position horizontale.

Je ne quitterai point MM. Bricard et Gauthier sans signaler une portion importante de leur fabrication qui aurait dû trouver une place honorable dans mon examen des appareils de filature. Je répare ici cet oubli en disant qu'ils exécutent, avec une rare perfection, les cylindres cannelés employés en si grand nombre dans ces machines, et qu'ils en fournissent la plupart de nos meilleurs constructeurs.

La serrurerie de luxe, ou, si l'on veut, celle qui a pour but de garantir plus efficacement les meubles ou les portes d'appartement contre les tentatives des voleurs, avait de nombreux représentants à l'exposition; mais le charlatanisme de la plupart des prétentions qui s'y formulaient m'a donné une telle répugnance pour cette étude, que j'ai pris le parti de n'entretenir vos lecteurs que des produits de ce genre qui me sont connus depuis longtemps.

La serrure à pannetons changeants de MM. Japy se compose, en principe, d'une série de lames verticales, terminées inférieurement chacune par une gorge, et percées chacune d'une rainure également verticale qui reçoit une forte goupille destinée à maintenir leur direction.

Un des bords verticaux de chaque lame est denté de manière à engrener avec un arc de cercle qui termine l'extrémité d'un même nombre de lames horizontales, superposées comme les premières, et mobiles autour d'un axe fixe, de manière que chaque lame verticale engrène avec une lame horizontale, et que le mouvement de l'une commande le mouvement de l'autre. Les lames horizontales sont percées d'une fente longitudinale destinée au passage d'un ergot carré, fixé sur le pêne de la serrure. Cette fente est traversée par trois autres fentes en arc de cercle, destinées au logement de ce même ergot pour les trois positions du pêne, c'est-à-dire quand la serrure est ouverte, ou bien fermée d'un tour, ou enfin d'un double tour; de sorte que, pour que le pêne marche sous l'action de la clef, il faut qu'au moment où celle-ci attaque les bords du pêne, les rainures longitudinales de toutes les lames horizontales coïncident ensemble pour laisser passer l'ergot du pêne, qui se trouverait arrêté par les bords des rainures en arc de cercle, si cette coïncidence n'existait pas.

On donne le nom de panneton à la partie d'une clef qui agit sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les barbes du pène pour le faire mouvoir. Dans la serrure qui nous occupe, le panneton est formé d'un certain nombre de petites pièces percées d'un trou carré dans lequel se loge l'extrémité carrée de la tige de la clef.

L'ensemble de ces petites pièces, que, pour abréger, j'appellerai des pannetons, est maintenu en place par une vis qui termine la clef. L'épaisseur de chacun de ces pannetons correspond à celle des lames verticales de la serrure, de sorte que chaque panneton agit individuellement sur la gorge de l'une de ces lames. Mais aussi chaque panneton a, ou peut avoir, une hauteur différente, de sorte qu'en passant sous la gorge qui lui correspond, il peut élever plus ou moins sa lame verticale, selon que lui-même a une hauteur plus ou moins grande. Le nombre de ces pannetons est indéterminé; mais on ne dépasse jamais, et l'on atteint même rarement celui de cinquante, que je prendrai cependant pour type, et qui, alors, sera formé de cinq séries de pannetons de dix grandeurs différentes. On pourra indifféremment prendre cinq de ces pannetons pour composer une clef à la serrure, et voici comment.

Le pène, indépendamment du double tour, peut encore être poussé d'un demi-tour de clef qui loge son ergot dans l'extrémité de la rainure longitudinale des lames horizontales; condition qui superpose les rainures de toutes ces lames, de manière à laisser passer l'ergot du pène dans toute leur longueur. En cet état, un mouvement imprimé à un petit tourniquet placé sur la face postérieure de la serrure, dans l'appartement ou dans le meuble, désengrène les lames verticales, qui deviennent tout-à-fait indépendantes des lames horizontales. Si, alors, on introduit dans la serrure la clef composée de cinq pannetons quelconques, et si on lui fait faire un demi-tour, comme pour fermer le pène, chaque lame verticale s'élèvera à une hauteur correspondante à celle de son panneton. Si, enfin, dans cette position des lames verticales, on fait marcher en sens contraire le petit tourniquet, elles engrèneront de nouveau avec les lames horizontales, et dans des conditions telles que toutes les fois que la même clef les soulèvera, les rainures longitudinales se superposeront pour laisser passer l'ergot du pène, puisque cette superposition existait au moment où les lames verticales, soulevées par la clef, se sont réengrenées avec les lames horizontales.

Mais, si on introduit dans la serrure une autre clef formée avec des pannetons différents, l'élévation des lames verticales ne correspondra plus avec la superposition des rainures longitudinales, et le pène ne pourra plus marcher, son ergot étant retenu par les bords de quelques unes des rainures circulaires qui croisent les rainures

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longitudinales, certaines lames étant trop soulevées, d'autres étant trop basses.

Si cette introduction a eu lieu, la serrure étant fermée, le possesseur de la véritable clef s'en trouve averti par une disposition appelée *délateur*, et qui consiste en une espèce de bascule dont la trop grande élévation d'une ou plusieurs des lames fait pénétrer l'extrémité dans un cran du pêne, ce qui empêche, même la bonne clef, d'ouvrir celui-ci. Il suffit, pour y parvenir, de chercher à le fermer d'un troisième tour, ce qui dégage le délateur, et permet d'ouvrir la serrure sans difficulté. Mais, averti qu'on a tenté d'ouvrir avec une fausse clef, on peut sur-le-champ changer la sienne et mettre en défaut l'habileté du voleur, qui, revenant après avoir limé sa fausse clef pour l'accommoder aux dispositions de la serrure, trouve ces dispositions entièrement changées, et est bientôt forcé de renoncer à son projet en le voyant constamment déjoué à chaque tentative.

L'absence prolongée du propriétaire ne le servirait pas davantage, parce que, lors même que le délateur n'a pas fonctionné, la mobilité des lames est telle, qu'elle ne permet pas d'obtenir sur le panneton une empreinte suffisante pour exécuter une fausse clef avec la précision convenable.

Chaque série de pannetons est numérotée de 0 à 9, et comme on peut prendre indifféremment les cinq pannetons qui composent la clef, dans les cinquante qui en forment la collection complète, il en résulte qu'on peut former 99,999 combinaisons différentes, ou, ce qui revient au même, avec une seule serrure on en possède réellement 99,999 qu'on peut changer à volonté en moins d'une minute pour chaque changement.

Le numérotage des pannetons permet en outre de retenir facilement la combinaison adoptée, puisqu'on peut la former d'un nombre qui représente une date importante, et qu'on est sûr de ne pas oublier; celle de sa naissance, d'un mariage, etc., etc.

Le principe général de cette ingénieuse serrure n'est pas nouveau : il appartient à l'Anglais Chubb, qui a imaginé, dans les mêmes conditions, l'emploi des lames horizontales, attaquées directement par une clef à encoches, et qui, soulevées inégalement par cette clef, superposent leur fente longitudinale pour laisser passer l'ergot du pêne. Ces lames ont assez de mobilité pour ne pas permettre de prendre d'empreinte sur l'extrémité du panneton, et donner ainsi au voleur les moyens de fabriquer une fausse clef. C'est la serrure de Chubb qui fait la base de la plupart des serrures à secret tant vantées par un charlatanisme déhonté, dont vos lec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

teurs ne me pardonneraient probablement pas de me faire l'écho, en publiant ici des noms pour lesquels la publicité est tout, fût-elle accompagnée des critiques les mieux fondées.

Quoi qu'il en soit, la serrure de MM. Japy offre plus de garanties que celle de Chubb, puisque sur le simple soupçon d'une empreinte prise sur la clef, on peut immédiatement changer celle-ci, ainsi que la serrure, ressource que ne présente pas celle de Chubb, dont le vendeur peut avoir gardé une clef. Mais lorsqu'on s'est procuré cette dernière dans une maison honorable, et qu'on a soin de ne pas laisser sa clef à la disposition du premier venu, elle présente les mêmes garanties de sécurité.

Le principe de la serrure de Chubb remonte lui-même à la plus haute antiquité, ainsi qu'il résulte de la description laissée par feu Hoyau d'une serrure en bois trouvée dans les ruines de la haute Égypte, et dont je vais essayer de donner une idée.

Elle se compose d'un verrou carré passant à travers une pièce de bois par une mortaise de même forme. La course de ce verrou est limitée par une encoche dont les bords s'appuient des deux côtés de la pièce de bois. Ce verrou est en outre percé d'un trou carré dans le sens de sa longueur, jusqu'à la rencontre du second bord de l'encoche. Une cavité carrée est pratiquée dans la pièce de bois au-dessus du verrou, et reçoit une petite pièce de même forme, garnie inférieurement de plusieurs chevilles irrégulièrement disposées, et qui correspondent exactement à des trous percés dans le verrou, de manière que lorsque celui-ci est fermé, c'est-à-dire poussé jusqu'à ce que le premier bord de l'encoche touche la pièce de bois, ces chevilles se logent dans ces trous sous l'action du poids de la petite pièce qui les porte.

La clef est formée d'un morceau de bois portant, sur une de ses faces, des chevilles correspondant aux trous du verrou, lorsqu'elle est introduite au fond du trou longitudinal de ce verrou. Si alors on soulève la clef, ses chevilles pénètrent dans les trous du verrou, soulèvent, jusqu'à fleur du plan supérieur de celui-ci, les chevilles qui y avaient pénétré. On tire alors sans difficulté ce même verrou, et la porte est ouverte. Il suffit pour la fermer de retirer la clef et de pousser le verrou.

Pour obtenir la parfaite coïncidence des trous et des chevilles des trois pièces principales, il suffit de les superposer convenablement, de percer au hasard des trous qui les traversent, et de planter des chevilles tant dans la clef que dans la pièce mobile qui assure la fermeture.

Je suis complétement de l'avis d'Hoyau sur le peu de sécurité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que présente cette serrure ; car il suffit d'introduire un crochet ou un bout de bois armé d'une seule cheville dans l'un des trous du verrou, pour soulever toutes les chevilles, puisqu'elles sont solidaires et fixées dans la petite pièce de bois logée au-dessus du verrou. Il faudrait, pour atteindre le but, que chaque cheville fût indépendante ; alors la clef, exécutée dans les conditions indiquées plus haut, pourrait seule ouvrir cette serrure, à laquelle je ne conseillerais pas toutefois de confier la garde d'un trésor, rien n'étant plus facile que de prendre l'empreinte des trous du verrou sur une pièce introduite dans son trou longitudinal, pour planter ensuite des chevilles sur les traces obtenues dans la couche de cire.

On fait encore usage en Normandie, pour fermer les portes des champs, d'une serrure en bois qui repose sur le même principe, mais qui présente plus de garantie.

Une pièce de bois est percée d'un certain nombre de mortaises irrégulièrement espacées. Chacune de ces mortaises reçoit une petite pièce de même forme, mais percée sur son plat d'une ouverture rectangulaire. La pièce de bois dans laquelle sont logées ces espèces de petits cadres est elle-même percée d'une ouverture rectangulaire moins haute que celle des cadres en regard de laquelle elle est pratiquée. Enfin, au-dessous de ceux-ci, est une autre ouverture traversée par le verrou qui porte des encoches correspondantes chacune à un des petits cadres, dont le poids est suffisant pour les faire tomber dans leur encoche respective lorsque le verrou est poussé.

La clef est formée d'un morceau de bois portant des saillies correspondantes à chaque petit cadre. Introduite dans l'ouverture latérale de la serrure, il suffit, lorsqu'elle en touche le fond, de la soulever pour que ses saillies soulèvent tous les petits cadres et mettent le verrou en liberté.

Les serrures dites à combinaisons, s'ouvrant sans clef, sont formées d'un certain nombre de pièces dont les conditions sont telles que, pouvant prendre un très grand nombre de positions relatives, une seule position pour chaque pièce permet l'ouverture de la serrure. Cette position unique n'étant connue que du possesseur de la serrure, il en résulte que toute autre personne qui voudrait l'ouvrir serait obligée d'essayer un grand nombre des combinaisons possibles des positions diverses de ces pièces avant d'y parvenir, à moins qu'un hasard peu probable ne la favorisât dès les premières tentatives. Ce genre de serrures paraît, d'après Hoyau, remonter au XVe siècle.

Il a été de nos jours renouvelé avec beaucoup de succès, notam-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment sous forme de cadenas, par le mécanicien Régnier, sous le nom duquel il est connu dans le commerce.

Essayons de donner une idée générale du principe de ces cadenas, qui se composent extérieurement de deux plaques, dont l'une porte la charnière de l'anse, et dont l'autre, qui lui fait face, porte un trou dans lequel se loge l'extrémité de l'anse lorsque le cadenas est fermé. La condition d'ouverture du cadenas est l'écartement de cette seconde plaque pour faire sortir de son trou l'extrémité de l'anse. Entre les deux plaques se trouve un certain nombre de viroles dont la circonférence porte, pour chacune, les vingt-cinq lettres de l'alphabet. Il faut, pour faire marcher la plaque mobile et ouvrir le cadenas, qu'en faisant tourner les viroles sur elles-mêmes, on ait amené, pour chacune d'elles, et sur la même ligne en face de deux repères tracés sur les deux plaques, la lettre qui, pour cette virole, a été choisie en secret par le possesseur du cadenas. La réunion de toutes les lettres choisies sur les viroles forme un mot dont on garde le souvenir et qui permet ainsi d'ouvrir le cadenas.

Supposons, pour plus de simplicité dans la description, que ce choix ait été fait par le fabricant, et qu'il soit invariable pour le possesseur ; voici comment pourra être exécuté le mécanisme du cadenas. Chaque virole aura un rebord intérieur qu'on se figurera facilement, si on la suppose formée par le couvercle d'une tabatière ronde dont on aurait enlevé le fond, en ne réservant de celui-ci qu'un rebord annulaire faisant un angle droit avec la circonférence de la virole. On pratique dans ce rebord une encoche, en face de la lettre choisie pour cette virole, et on en fait autant pour toutes les viroles qui forment le cadenas. Sur la face intérieure de la plaque qui porte la charnière est rivé un cylindre creux, fendu longitudinalement, et autour duquel sont enfilées les viroles. Sur la face intérieure de l'autre plaque est fixé un cylindre plein entrant dans le cylindre creux. Ce cylindre plein est armé d'autant de saillies ou étoquiaux que le cadenas comporte de viroles, et ces étoquiaux se logent dans la fente du cylindre creux. Ils peuvent également passer dans l'encoche pratiquée sur l'anneau de chaque virole, lorsque toutes ces encoches se trouvent en regard de la fente longitudinale du cylindre creux. Mais, si une seule de ces encoches n'est pas dans cette position, l'étoquiau qui correspond à sa virole bute contre la paroi de l'anneau, et le cadenas ne peut pas s'ouvrir, puisque, pour opérer son ouverture, il faut que chaque étoquiau traverse l'encoche de la virole à laquelle il appartient. Pour y parvenir, il suffit de mettre en regard des repères, et sur la même ligne,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les lettres formant le mot choisi, et toutes les encoches se trouvant en regard de la fente longitudinale du cylindre, tous les étoquiaux pourront y passer et le cadenas pourra s'ouvrir.

On comprend que, dans ces conditions, le cadenas ne présenterait aucune sécurité, puisque le mot choisi par le fabricant serait facilement connu des ouvriers et pourrait être livré à des gens qui en abuseraient.

Pour obvier à cet inconvénient, on a imaginé les moyens suivants. La virole ne porte plus d'anneau, mais elle est fendue à l'intérieur de vingt-cinq encoches correspondant aux vingt-cinq lettres gravées sur la circonférence extérieure. Une seconde virole portant l'anneau avec son encoche est logée dans la première, et y prend telle position que veut le possesseur du cadenas, au moyen d'un petit étoquiau extérieur qui se loge dans l'une des vingt-cinq encoches de la virole; c'est du choix de cette encoche que dépend celui de la lettre qui, pour chaque virole, fera partie du mot au moyen duquel on pourra ouvrir le cadenas; mot qu'on pourra changer aussi souvent qu'on le voudra, en plaçant l'étoquiau de chaque anneau dans une autre encoche de la virole.

Le nombre des combinaisons possibles d'un pareil cadenas dépend du nombre des viroles dont il se compose. Comme il y a vingt-cinq encoches dans chaque virole, elle peut prendre vingt-cinq positions différentes par rapport aux autres. Si la première, par exemple, est placée sur la lettre A, on peut former 25 combinaisons en plaçant la seconde successivement sur les vingt-cinq lettres; on en fera autant pour les vingt-cinq lettres de la première. Ainsi, on aura pour deux viroles un nombre de combinaisons marquées par le produit de 25 par 25 ou 625. Si maintenant on ajoute une troisième virole, on pourra faire 625 combinaisons pour chacun des caractères de cette troisième virole : ainsi on aura pour le nombre de positions différentes, 25 fois 626 ou 15,625 combinaisons. En ajoutant une quatrième virole, on aura encore 625 fois ce dernier nombre ou 390,625 combinaisons, qui seront portées à 244,140,625 par l'addition d'une cinquième virole. Une seule de ces combinaisons peut ouvrir le cadenas; elle n'est connue que de la personne qui le possède, et qui peut faire varier à son gré cette combinaison, de sorte que toute autre personne qui tenterait d'ouvrir le cadenas courrait la chance de les épuiser toutes avant d'y réussir. Or, si l'on suppose qu'on puisse faire deux de ces tentatives par minute, et y consacrer douze heures par jour, ce qui donne 1,440 tentatives pour chaque journée, il s'écoulera 169,542

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jours, ou 464 ans et 182 jours sans avoir épuisé toutes les combinaisons, car il en restera encore 145 à former.

Une pareille perspective doit sembler de nature à décourager le voleur le plus déterminé ; et cependant c'est à ce genre de fermeture que ceux qui spéculent sur le bien d'autrui s'attachent le plus volontiers, parce que c'est peut-être, de toutes, la plus facile à ouvrir, bien que les chiffres que j'ai donnés plus haut soient parfaitement exacts. C'est dans la construction même du cadenas que les voleurs trouvent les éléments de leur succès. En effet, pour que ces appareils offrissent toute la sécurité qu'on en attend, il faudrait que leur exécution fût parfaite, et c'est ce qui est loin d'avoir lieu dans les cadenas du commerce, et même ce qu'il est presque impossible de réaliser en apportant à leur confection tous les soins imaginables.

En effet, si j'ai été assez heureux pour bien faire comprendre le mécanisme de ce cadenas, on se rendra compte de la presque impossibilité de donner une épaisseur rigoureusement la même à tous les anneaux contre lesquels viennent buter les étoquiaux, et de donner à ceux-ci strictement le même écartement.

Il en résulte que si on tire fortement et constamment la plaque dont l'écartement fait ouvrir le cadenas, l'un des étoquiaux pressera plus fortement son anneau que les autres. Si donc, dans cette condition, on essaie de faire tourner les viroles, on reconnaîtra facilement celle qui présente le plus de résistance, et en la forçant de tourner on sentira le moment où l'étoquiau entre dans l'encoche, parce que la résistance cessera tout-à-coup, et l'on aura alors découvert l'un des caractères de la combinaison choisie par le possesseur du cadenas. Cela fait, si l'on maintient cette virole dans la position trouvée, il est évident que la pression augmentera sur les viroles restantes, puisque celle qui était le plus pressée par son étoquiau n'en reçoit plus de pression et ne s'oppose plus à son mouvement de translation. Parmi les viroles restantes, il y en aura une sur laquelle la pression de son étoquiau se fera plus fortement sentir ; en la faisant tourner, on trouvera encore le point de son encoche où la pression cessera de se faire sentir. Enfin par le même moyen on trouvera l'encoche des autres viroles, et le cadenas s'ouvrira.

Il faut beaucoup de tact et d'habitude, lorsque le cadenas est bien fait, pour saisir le moment où l'encoche se présente à l'étoquiau. On m'a affirmé que les voleurs de profession employaient volontiers le contact d'une dent sur la virole pour apprécier le mo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment de cette rencontre, la sensation produite étant plus délicate que celle qu'on peut obtenir au contact des doigts.

Quoi qu'il en soit, Hoyau, auquel on doit un excellent traité sur l'art du serrurier, est le premier qui ait signalé ce vice radical dans ce genre de fermeture, auquel on accordait avant lui une confiance illimitée. Il s'était fait, par son habileté à ouvrir ces cadenas, une grande réputation parmi les quincailliers, qui lui apportaient à ouvrir ceux dont ils avaient oublié le mot; et je me rappelle, à ce sujet, l'avoir vu en rendre une vingtaine enfilés les uns dans les autres comme les anneaux d'une chaîne, en déclarant qu'il n'avait pu les ouvrir. Ce ne fut que trois jours après que le quincaillier s'avisa de remarquer qu'il les lui avait donnés séparés, et que par conséquent Hoyau avait dû les ouvrir pour en former une chaîne.

Un principe aussi ingénieux, rendu infertile par l'imperfection de son application, offrait une anomalie qui blessait l'amour-propre de M. Robin, de Rochefort. Il résolut de lui rendre toute sa valeur, et y réussit par les moyens suivants, appliqués à une serrure de coffre-fort.

Deux systèmes, composés chacun de trois rondelles concentriques, portant les vingt-cinq lettres de l'alphabet, sont placés sur la porte du coffre-fort; chaque rondelle est montée sur un canon terminé à l'intérieur par une autre rondelle portant une encoche sur sa circonférence extérieure, encoche qui peut, à volonté, prendre une position en rapport avec une lettre quelconque de la rondelle extérieure. Les trois rondelles intérieures sont superposées de manière que, quand la combinaison choisie se présente, les trois encoches sont sur une même ligne droite.

Une règle de métal placée de champ bute par une de ses extrémités sur un des systèmes, et, poussée par un ressort, pénètre dans les trois encoches quand celles-ci sont superposées : son autre extrémité, faisant retour d'équerre, bute également contre les rondelles du second système, et entre dans leurs encoches aux mêmes conditions; ou plutôt ce n'est que lorsque les encoches des deux systèmes se superposent, et sont en regard des deux extrémités de la règle, que celles-ci peuvent y pénétrer.

Le milieu de cette règle porte un petit loquet poussé par un ressort très flexible, qui, lorsque les extrémités de la règle ne pénètrent pas dans les encoches, maintient le loquet dans une échancrure du pêne de la serrure, d'où il sort quand la règle, poussée par son propre ressort, pénètre dans les encoches, condition qui met le pêne en liberté, et permet de l'ouvrir au moyen d'une clef ordinaire.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Les rondelles intérieures sont séparées chacune par un rochet comprenant autant de dents que les rondelles extérieures ont de lettres. Chaque mouvement imprimé à celles-ci exige le soulèvement du ressort d'un cliquet, dont la pression se confond avec la pression du ressort qui agit sur la règle, de sorte que le tact le plus délicat ne peut distinguer ces deux pressions et avertir du moment où l'encoche d'une rondelle est en prise, parce qu'au moment où chaque lettre passe, le cliquet rentre avec bruit entre deux dents du rochet, et fait sentir son action à la main qui mène la rondelle, de manière à éteindre toute autre sensation; de sorte qu'il est matériellement impossible que le tact le plus délicat reconnaisse le moment où une encoche se présente à la règle.

A l'exposition de 1834, M. Robin avait offert une prime de 500 fr. à celui qui ouvrirait sa serrure. Cette prime avait été doublée par MM. Japy, qui exécutent la serrure de M. Robin; et, pendant les deux mois de l'exposition, de nombreux amateurs ont infructueusement tenté de gagner cette prime. Il est vrai que le nombre de combinaisons possibles à essayer s'élevait au modeste chiffre de 150,587,625,890.

La serrure Robin a à peu près disparu du commerce, depuis que M. Robin a quitté la France pour aller s'établir en Russie, aucun quincaillier n'ayant voulu prendre la peine d'en étudier le mécanisme pour l'expliquer à ses clients, et démontrer son incontestable supériorité.

Au même rang que la serrure Robin, je placerai la serrure de M. Louis Tissier, exploitée par M. Beugé, et dans laquelle on ne fait usage d'aucune clef.

Elle consiste en une boîte circulaire placée à l'intérieur et au centre d'une porte, et n'a qu'un bouton central en dedans comme en dehors. Il n'existe sur ce bouton ni lettres, ni chiffres, ni signes visibles ou tangibles d'aucune espèce. La serrure s'ouvre et se ferme à l'intérieur comme à l'extérieur d'une seule main, aussi facilement la nuit que le jour, et sans produire le plus léger bruit qui puisse trahir la combinaison adoptée. Le bouton fait mouvoir un, deux, trois ou quatre pênes ronds filetés comme les vis de presse à filets carrés qui boulonnent la porte sans aucun bruit.

Elle peut être fermée par deux associés, sans que l'un d'eux puisse l'ouvrir hors de la présence de celui qui l'a fermée avec lui. Enfin toutes les pièces qui composent ce système peuvent être exécutées sur le tour.

Essayons de donner une idée générale de sa construction.

Le bouton central est adapté à l'intérieur de la boîte sur une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plaque susceptible d'être poussée par lui en avant, lorsqu'aucun obstacle ne s'y oppose.

Sur cette plaque sont fixées plusieurs rondelles, quatre par exemple, portant vingt-quatre trous peu profonds, et un vingt-cinquième qui la traverse en entier ; chaque rondelle est montée sur un barillet armé d'un ressort en spirale, qui la ramène constamment dans la même position, lorsqu'on dégage un cliquet qui peut la retenir dans vingt-cinq positions différentes sous l'action du bouton animé par la main d'un petit mouvement alternatif, et au moyen d'un autre cliquet monté sur une tige à pompe placée au centre du bouton. L'enfoncement de cette tige par le pouce, lorsqu'on tient le bouton à pleine main, met ce cliquet en prise avec une rondelle, et successivement avec les quatre autres, en faisant faire au bouton un quart de tour pour passer de l'une à l'autre.

En face de chaque rondelle de la plaque mobile est une autre rondelle fixe, percée de vingt-cinq trous, pouvant recevoir une goupille. C'est de la place donnée à cette goupille dans l'un des trous que dépend la combinaison qui permet d'ouvrir la serrure : car, pour y parvenir, il faut avoir amené le trou qui traverse chaque rondelle de la plaque devant la goupille, arbitrairement placée dans l'un des trous de la rondelle fixe, condition qui permet d'enfoncer le bouton et avec lui la plaque mobile, dont les rondelles se laissent traverser par la goupille de chaque rondelle fixe, tandis que si le trou d'une seule rondelle n'est pas en regard de sa goupille, celle-ci bute contre elle et empêche la plaque de s'enfoncer. Les trous peu profonds ont pour but de tromper le tact de la main, en permettant aux goupilles de s'y loger, mais sans permettre l'enfoncement de la plaque.

Lorsque cet enfoncement s'est opéré après qu'on a eu mis en regard tous les trous et toutes les goupilles, une roue d'angle qui termine la tige du bouton est venue engrener avec quatre roues d'angle placées sur autant d'écrous, logés dans des collets et contenant chacun un pêne à vis. On fait tourner le bouton, et le mouvement de rotation qu'il détermine dans les écrous fait rentrer les pênes, dont la sortie maintenait la serrure fermée.

Sa fermeture s'opère en faisant tourner le bouton en sens contraire, et lorsqu'on le retire à soi pour dégager la plaque mobile des goupilles qui traversaient ses rondelles, une disposition, dont la description est inutile à l'intelligence du principe général, désengage le cliquet de chaque rondelle, que son ressort ramène à la position de départ : à l'A, si l'on se sert de l'alphabet, ou au zéro, si le propriétaire de la serrure préfère retenir un nombre au lieu d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mot. Les cliquets sont disposés de manière à ne faire qu'un bruit insensible à l'oreille, et qui est étouffé par l'épaisseur de la porte. Le tact seul de la main permet de sentir chaque passage du cliquet; et si le possesseur de la serrure craint qu'on n'épie et qu'on ne compte les petits mouvements de sa main, il peut en simuler un certain nombre sans faire agir le bouton et tromper ainsi la malveillance la plus attentive. Enfin, lorsque le pouce n'appuie pas sur la tige à pompe placée au centre du bouton, celui-ci est sans action sur les rondelles, parce que le cliquet de cette tige n'est en regard d'aucune d'elles.

La serrurerie et la quincaillerie sont sœurs, et l'analogie me conduit à dire quelques mots de cette dernière, qu'on ne s'étonnera pas de voir figurer encore ici sous le nom des frères Japy, dont je signalerai une dernière exploitation, celle de la batterie de cuisine en fer battu et étamé, dont l'usage serait depuis longtemps général, s'il était possible de faire entendre raison aux cuisinières ou même à beaucoup de maîtresses de maison, qui repoussent, sans autre motifs que leur caprice, toutes les innovations qui se rattachent à l'art culinaire.

On sait que le cuivre employé dans les casseroles exige des soins plus que minutieux pour ne pas compromettre la santé et souvent la vie des personnes qui font usage des aliments préparés dans ces vases; que la moindre inattention qui laisse refroidir de la graisse dans une casserole de cuivre mal étamée est suivie de catastrophes épouvantables. On peut remplacer cette cause permanente de dangers presque inévitables par des vases tout-à-fait inoffensifs, dans lesquels la préparation des aliments est même plus économique; et cependant on persiste à conserver la cause du mal, à vivre en face de l'ennemi qui d'un moment à l'autre peut vous tuer. A quoi peut donc tenir une pareille obstination, qui ne céderait peut-être pas devant une loi sévèrement répressive? A ce que le fer étant meilleur conducteur que le cuivre, il faut un feu moins ardent pour les mêmes préparations, et que la cuisinière, habituée à certaines conditions de chauffage, court le risque de brûler ses roux, si elle n'a pas la précaution de modérer son feu. Deux autres causes paraissent encore influer sur la réprobation qui atteint cette fabrication si éminemment philanthropique: la première est, dit-on, qu'au bout d'un certain temps d'usage, les sauces blanches noircissent, parce que l'étamage enlevé par le récurage a mis le fer à nu. Or, il est évident que, dans les mêmes conditions, il y a lieu à faire réétamer une casserole en cuivre, sous peine d'empoisonnement; et vos lecteurs (je ne parle pas de vos lectrices, si nous avons le bon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

heur d'en avoir) préféreront sans doute une sauce un peu moins blanche à la sauce plus ou moins verte qu'on obtiendrait du dernier vase.

La seconde cause résulte de l'aspect un peu terne qu'offrent dans une cuisine les appareils en fer étamé, comparés à l'éclat des appareils en cuivre écurés à grand renfort de sable ou de tripoli, et qui font l'orgueil de tant de cuisinières, dont cet éclat atteste à la vérité la propreté extérieure, sans qu'il implique le moins du monde l'accomplissement de soins plus utiles. Ai-je besoin d'ajouter, pour les lecteurs habituels de la *Revue*, que des casseroles brillantes consomment beaucoup plus de charbon que les autres, en vertu de la propriété qu'ont les surfaces polies de ne laisser passer la chaleur qu'avec beaucoup de difficulté?

Cependant, depuis quelques années, les petits ménages acceptent les casseroles de la maison Japy, moins, à la vérité, parce qu'elles ne présentent aucun danger, que parce qu'elles coûtent beaucoup moins cher que les autres.

Confident des procédés de cette importante fabrication, je ne suis pas autorisé à les faire connaître. Je me bornerai à dire qu'au moyen des puissantes machines qu'ils ont imaginées, MM. Japy parviennent à emboutir des vases en tôle de très grandes dimensions, avec une perfection étonnante et une économie de main-d'œuvre dont la connaissance de leurs procédés peut seule donner une idée; et c'est surtout avec un vif regret que je me trouve obligé de passer sous silence les moyens ingénieux qui leur permettent d'obtenir d'une seule pièce des *cylindres* fermés par un bout, de 60 centimètres de hauteur sur quelques centimètres de diamètre, sans aucune déchirure et sans aucune trace de plis.

J'allais oublier la fabrication, dans les mêmes ateliers, du rectomètre de M. Magnier. Cet appareil a pour but le mesurage rapide et sûr des tissus. Il se compose en principe d'un certain nombre de lames divisées en deux séries, placées à la distance d'un mètre l'une de l'autre. Le mesureur n'a d'autre soin à prendre qu'à faire passer successivement la lisière du tissu d'une lame à l'autre, en la repliant autour de chaque lame. Comme ces lames sont numérotées, celle sur laquelle s'arrête l'extrémité du tissu en indique immédiatement l'aunage, et une détente met aussitôt en liberté le tissu, qui se trouve à la fois mesuré et plié. Cet utile appareil, déjà répandu dans toute l'Alsace, est de l'invention de M. Magnier, chef du tissage de l'établissement de Wesserling.

La taillanderie, autre expression de la quincaillerie, était particulièrement représentée à l'exposition par MM. Coulaux aîné, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Cie (1), de Molsheim (Bas-Rhin). Cette maison, qui remonte à 1819, fut fondée par M. Jacques Coulaux pour donner de l'occupation aux nombreux ouvriers de la manufacture d'armes blanches du Klingenthal, supprimée par la restauration. Il était alors, avec son frère Julien, propriétaire de la manufacture royale d'armes à feu de Mutzig et entrepreneur d'armes blanches au Klingenthal.

A cette même époque, la France tirait presque exclusivement de l'Angleterre et de l'Allemagne les articles de grosse taillanderie, et les outils tranchants dont la maison Coulaux a été la première à naturaliser la fabrication, à la tête de laquelle elle est constamment restée, en donnant, à toutes les époques, le signal des perfectionnements qui nous ont successivement affranchis d'un tribut onéreux payé à l'étranger. Les états publiés annuellement par la douane font foi que les articles de ce genre que nous tirons encore du dehors sont réduits à bien peu de chose, tandis que les importations s'élevaient de 6 à 7 millions avant que cette industrie eût pris en France l'importance que lui a donnée la maison Coulaux, dont les produits principaux sont les outils de toute espèce pour les arts mécaniques, parmi lesquels je distinguerai particulièrement les faux et faucilles à dos rapportés, les grandes scies circulaires et les moulins à café.

On sait combien est grande la consommation des faux en France, et que c'est la Styrie qui, depuis des siècles, avait le monopole de cette fabrication. Des essais multipliés ont été faits dans toutes les contrées pour le lui enlever, mais avec peu de succès, parce que la matière première manquait des qualités qu'on lui trouve en Styrie. Il fallut donc recourir à d'autres procédés de fabrication, et depuis plus de vingt ans les faux de Molsheim, acquérant incessamment un nouveau degré de perfection, sont aujourd'hui tellement supérieures à celles de Styrie, que l'établissement ne peut suffire aux demandes qui lui sont faites. L'application du dos rapporté a été une des principales causes de la faveur accordée aux faux de Molsheim, parce qu'elle a permis de donner aux lames une homogénéité de trempe que les faux de Styrie sont loin de posséder, et d'où résulte une plus longue durée du tranchant.

Depuis une douzaine d'années, la maison Coulaux s'est particulièrement livrée avec beaucoup de succès à la fabrication des grandes scies circulaires, qui sont devenues d'un usage si général et dont la consommation augmente tous les jours. Les scies en tous

(1) Rappel de médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

genres fabriquées à Molsheim obtiennent aujourd'hui une préférence marquée sur les scies allemandes et anglaises.

La réputation de cette importante manufacture, qui compte jusqu'à sept grandes usines, n'est pas moins méritée par son excellente fabrication des ressorts propres à l'horlogerie. Grâce à un habile système de laminage, elle est parvenue, sur la demande de M. Thouard, mécanicien, à exécuter des lames de scie formant ruban sans fin, sans soudure, et dont un échantillon de 8 mètres 70 centimètres de développement figurait à l'exposition.

Cette heureuse innovation me paraît appelée à rendre d'immenses services à l'industrie, notamment aux professions qui débitent le bois en grandes pièces. En effet, une scie circulaire ne peut guère débiter le bois que sur une largeur égale, tout au plus, au tiers de son diamètre, sous peine d'être rapidement faussée et mise hors de service. J'exagère probablement en portant à 75 centimètres le diamètre des plus grandes qu'on puisse raisonnablement employer, ce qui donne environ 25 centimètres de largeur à la plus forte pièce de bois qu'on puisse débiter avec elle.

La scie sans fin qui figurait à l'exposition peut être montée sur deux tambours d'un mètre de diamètre, dont le mouvement de rotation imprimant à cette scie un mouvement rectiligne, lui permettra de débiter, avec la même rapidité que la scie circulaire, des bois dont l'une des dimensions transversales seraient énormes, la portion comprise entre les deux lames pouvant approcher d'un mètre de largeur, et la distance entre les deux cylindres étant représentée par 1 mètre 78 centimètres.

La pensée de cette application n'est pas nouvelle. La collection des modèles du Conservatoire des arts et métiers contient, dans de moindres dimensions, un appareil semblable à celui que je viens de décrire, avec cette différence importante, que les deux bouts de la lame de scie sont réunies par une plaque goupillée qui en augmente l'épaisseur, ce qui oblige à donner aux dents de la scie une très grande voie pour permettre le passage de la plaque dans le trait de scie, circonstance qui perd beaucoup de matière et diminue notablement les avantages de l'appareil.

Avec la scie sans soudure, la voie n'est que celle qui convient au passage de la lame, qui est laminée comme les bonnes scies actuelles, de manière que le dos soit plus mince que la denture, ce qui évite à l'ouvrier la nécessité de ployer les dents pour donner de la voie à la lame.

Les tôles d'acier de la maison Coulaux ont les plus grandes dimensions qu'on ait encore pu donner à cette matière, et ses

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lames de damas ont des qualités qui les font rechercher des connaisseurs.

Enfin, les moulins à café, dont l'usage est répandu jusque dans les plus modestes ménages, sont une des branches les plus importantes de la fabrication de Molsheim, où ils ont subi d'heureuses modifications qui en augmentent la solidité et permettent en outre d'obtenir à volonté et sans embarras du café plus ou moins fin. Leur forme, en économisant beaucoup de main-d'œuvre, est également de même plus commode et plus avantageuse : car le café en grain s'y trouve renfermé de manière qu'aucun mouvement ne peut le répandre au dehors pendant la trituration.

Organes mécaniques divers.

Une des parties les plus importantes de l'établissement des machines est l'arrangement du mécanisme le plus convenable au but qu'on veut atteindre ; et par mécanisme il faut entendre la disposition des organes au moyen desquels le mouvement, imprimé par le moteur à son point d'application, est transmis au point d'application de la résistance ; en d'autres termes, au point où s'opère le travail, *working point*, comme disent les Anglais.

La nature du mouvement de la puissance, ainsi que celle du travail à exécuter, étant donnée, il y a toujours plusieurs mécanismes possibles pour opérer la transmission de ce mouvement, et c'est presque toujours du choix du mécanisme employé que dépend le succès ou l'échec de l'inventeur; car ce n'est pas impunément qu'on appliquera à une machine un organe en apparence *synonyme*, ou équivalent d'un autre.

La transformation d'un mouvement rectiligne alternatif en mouvement circulaire continu, et réciproquement, qu'on peut obtenir peut-être de cinquante organes différents, pourra, selon le bon ou le mauvais choix de l'organe, produire un travail parfait ou donner des résultats détestables, parce que, avec les uns, et c'est le cas de la bielle et du volant, le mouvement rectiligne alternatif de la première ne sera pas uniforme pour une vitesse uniforme du second, et que, dans beaucoup de travaux industriels, cette uniformité est absolument nécessaire à la bonne qualité des résultats.

A mesure que l'industrie s'est perfectionnée, de nouveaux organes ont été imaginés ; mais, disséminés dans des machines très variées par leur but et leurs conditions, il était bien difficile de les y étudier, soit sur les machines elles-mêmes, soit dans les ouvrages qui en donnent la description.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En 1808, Hachette, Lanz et Bettancourt pensèrent à réunir, en un corps d'ouvrage, ces organes épars, et à les classer méthodiquement de manière à en faciliter l'application. Dans ce but, ils composèrent un tableau où sont représentées toutes les transformations de mouvement alors connues.

Les organes ainsi publiés par Lanz et Bettancourt, dans leur *Essai sur la composition des machines*, sont au nombre de 152; mais, il faut bien le dire, l'heureuse idée de grouper ainsi les éléments des machines a été loin de porter tous les fruits qu'on pouvait en attendre. D'un côté, un bon nombre des organes représentés n'ont et ne peuvent avoir que de rares applications, parce qu'ils sont plus géométriques que matériellement pratiques, et que les auteurs, séduits par ce qu'ils ont d'ingénieux en théorie, n'ont pas aperçu, ou du moins n'ont pas signalé les inconvénients qui peuvent résulter de leur application. Fréquemment consulté par les inventeurs, qui généralement sont peu praticiens, cet ouvrage a été la cause efficace de nombreux insuccès, et de la ruine de beaucoup de pauvres diables qui, trop confiants dans les données qu'ils y puisaient, ont fait exécuter des machines dont les fonctions mal coordonnées n'atteignaient que très imparfaitement le but, quand par hasard elles pouvaient marcher.

Frappé des avantages que pouvait néanmoins produire la réunion des organes connus en mécanique, M. Saladin (1), de Mulhouse, résolut non seulement de compléter le travail de Lanz et Bettancourt, en y ajoutant tous les nouveaux organes inventés depuis 1808, mais encore de donner le plus haut degré d'utilité à leur ingénieuse conception, en reproduisant matériellement ces mêmes organes, afin que toutes leurs fonctions, parfaitement comprises, permissent de choisir ceux qui conviendraient le mieux au but qu'on se proposerait. La collection s'élève aujourd'hui à près de 600 modèles exécutés en fonte, et pouvant produire, sous la main qui les fait manœuvrer, tous les effets mécaniques auxquels ils sont destinés. C'est d'abord en recueillant avec une infatigable persévérance les mécanismes épars dans toutes les machines qu'il a eu occasion d'étudier, que M. Saladin est parvenu à donner à cette collection une aussi importante variété, puis en y ajoutant environ 150 mécanismes de son invention, dont la plupart ont trouvé une place aussi utile qu'honorable dans les nombreuses machines créées par l industrieuse Mulhouse, notamment dans celles de la maison André Kœchlin, à laquelle M. Saladin est attaché.

(1) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ces modèles, auxquels on désirerait peut-être un peu plus de fini dans l'exécution, seront d'une immense utilité dans les musées des villes industrielles, et dans les écoles primaires supérieures où l'étude de la mécanique élémentaire est prescrite.

Au lieu d'un froid dessin qui exige de la part de l'élève des efforts considérables d'imagination pour se rendre compte du mouvement des diverses parties d'un mécanisme, il aura sous les yeux ce mécanisme lui-même, fonctionnant avec toutes les conditions qui permettent d'en saisir et d'en comprendre toutes les particularités. Cette étude devient alors aussi attrayante qu'elle était auparavant pénible et fastidieuse. Elle contribuera à développer la faculté d'imaginer les différentes parties d'un mécanisme compliqué, avec leurs formes, leurs positions et leurs liaisons respectives, ainsi que le talent de combiner les divers éléments de machines, de telle sorte que les différentes pièces concourent toutes, de la manière la plus simple et la plus efficace, à produire l'effet qu'on se propose. Elle diminuera rapidement le nombre des rêveurs qui, manquant des notions nécessaires, imaginent chaque jour des projets de machines extravagantes, et s'engagent inconsidérément dans des essais infructueux, souvent très dispendieux, sans compter l'ennui qu'ils causent et le temps qu'il font perdre soit aux sociétés savantes, soit aux ingénieurs qu'ils consultent sur leurs projets.

L'étude des modèles de M. Saladin leur démontrerait bientôt que, quoi qu'ils fassent, quelque machine qu'ils emploient pour vaincre une résistance, l'effet dynamique d'un moteur, c'est-à-dire le produit de son effort par sa vitesse, ne peut jamais être plus grand que celui qu'on produirait en l'appliquant immédiatement à la résistance et sans l'intermédiaire d'aucune machine, parce que les résistances passives, telles que l'inertie, le frottement, la roideur des cordes, absorbent une partie notable de l'effet du moteur.

Mon cadre ne me permet pas de donner à vos lecteurs la nomenclature complète des nouveaux organes mécaniques dus au génie inventif de M. Saladin. Je me bornerai à indiquer quelques uns de ceux qui ont été l'objet de rapports à la Société industrielle de Mulhouse, et auxquels j'ai emprunté quelques unes des considérations générales qui précèdent.

Je signalerai donc, dans leur ordre chronologique :

Deux règles à tangentes pour le dessin des machines, et au moyen desquelles surtout le dessinateur peut figurer rapidement toutes les dentures employées, ainsi que les augets des roues hydrauliques, etc., etc. ;

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un encliquetage à dents qui fonctionne sans bruit à une vitesse de 500 tours par minute;

Une transmission de mouvement par engrenages permettant de changer la place d'une machine ou d'un organe mécanique, sans que son mouvement s'en trouve modifié. Cet organe a trouvé surtout une heureuse application dans les métiers à filer, où l'emploi des cordes a l'inconvénient grave de rendre variable, par l'ascension et la descente du chariot, l'envidage de la mèche sur les bobines; c'est-à-dire que si l'envidage est réglé sans tirage au moment où le chariot se met en mouvement, lorsque celui-ci sera arrivé à la fin de sa course, les bobines auront envidé, en plus ou en moins, une longueur de mèche égale à la longueur de la bobine autre que celle que lui auront livrée les cylindres, selon que le chariot sera allé dans un sens ou dans l'autre, et ainsi de suite à chaque allée et retour. La première rangée de mèches sur les bobines étant moins longue que la dernière, ce tirage produira au commencement de la levée un effet tout autre qu'à la fin.

Cet inconvénient n'existe plus dans les bancs à broches auxquels on applique la transmission de M. Saladin. Elle se compose en principe de deux bielles articulées portant chacune un certain nombre de roues ayant, deux par deux, des diamètres égaux; de sorte que, quel que soit le mouvement de translation imprimé à la roue extrême de l'une des bielles, elle conserve toujours son parallélisme avec la roue extrême de l'autre bielle, et qu'il ne se produit sur les bobines d'autre mouvement de rotation que celui qui leur est imprimé par cette dernière. Je regrette de ne pouvoir entrer, au sujet d'une disposition aussi utile en mécanique, dans de plus grands détails, que vos lecteurs trouveront dans le tome XII des *Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse*, p. 174.

Je les renverrai également au même volume, p. 296, pour la description complète de deux encliquetages sans denture, à effet instantané, dont l'un est à mouvement rectiligne, et l'autre à mouvement circulaire.

Tous deux reposent sur le même principe, dont je vais essayer de donner une idée en l'appliquant à l'encliquetage rectiligne.

Qu'on suppose un anneau portant une espèce de queue, et à travers lequel passe une tige verticale. Si on élève l'anneau en le maintenant de manière à lui conserver une position horizontale, il montera jusqu'au haut de la tige sans éprouver de résistance: mais, si on l'enlève par la queue de manière qu'il puisse prendre une position inclinée, sous son propre poids, deux extrémités de son dia-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètre s'arc-bouteront contre la tige et permettront de la soulever avec lui.

Ces données bien comprises, supposons la tige traversant deux anneaux semblables, la queue de l'anneau inférieur articulée sur un axe fixé au bâti, celle de l'anneau supérieur sur un axe fixé à l'extrémité du petit bras d'un levier dont le centre de mouvement est sur le même bâti; enfin la tige elle-même maintenue dans sa direction verticale par deux guides également fixés sur le bâti.

Dans ces conditions, si l'on abaisse le grand bras du levier, le petit s'élèvera, et avec lui la queue de l'anneau supérieur qui entraînera la tige dans son mouvement d'élévation. Le second anneau, que sa propre inclinaison arc-boutait contre la tige et qui empêchait celle-ci de descendre, la laissera monter, parce que ce mouvement d'ascension détruit naturellement l'arc-boutement au point où il se faisait d'abord, pour le reporter plus bas aussitôt que la tige cesse de monter. Si, lorsque la tige a parcouru toute la hauteur due au mouvement du levier, on relève le grand bras de celui-ci, son petit bras s'abaissera, et avec lui la queue de l'anneau supérieur, qui, ramené vers la position horizontale, glissera le long de la tige pour aller s'arc-bouter sur elle aussi bas que le permettra le mouvement imprimé au levier, et relever de nouveau la tige lorsqu'on imprimera à celui-ci un nouveau mouvement en sens contraire.

On comprend que la grandeur de la course de la tige à chaque mouvement du levier dépend des rapports de grandeur entre les deux bras de celui-ci, et de l'arc de cercle qu'on fait parcourir au grand. Il est donc très facile, en réglant ces rapports, de déterminer avec la plus grande précision les mouvements rectilignes successifs de la tige, et d'en obtenir de nombreuses applications mécaniques d'une extrême précision.

L'application du même principe au mouvement circulaire consiste à substituer aux anneaux fermés du premier appareil, des anneaux ouverts embrassant une portion de la circonférence extérieure et de la circonférence intérieure d'une roue dont la jante remplit les mêmes fonctions que la tige décrite plus haut, et qui reçoit, de cette disposition, un mouvement circulaire intermittent dont la grandeur est réglée par les mêmes conditions que j'ai indiquées pour le mouvement rectiligne intermittent de la tige verticale.

J'ai déjà signalé l'heureuse application de cet encliquetage aux métiers à tisser de M. A. Kœchlin.

On trouvera au tome XIV, p. 103, des mêmes Bulletins, la description détaillée de trois nouveaux systèmes de poulies de renvoi permettant la transmission du mouvement du moteur dans toutes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les directions possibles, soit d'une manière permanente, soit dans des directions variables suivant les besoins occasionnels d'un atelier. Les mécaniciens constructeurs y trouveront la solution de plusieurs difficultés qu'on n'avait qu'imparfaitement surmontées avant les ingénieuses dispositions de M. Saladin.

Le même volume, page 501, contient la description de deux compteurs fort remarquables, tant par le but qu'ils atteignent que par les ingénieuses combinaisons qu'ils renferment.

Le premier se compose de plusieurs systèmes d'engrenages et de vis sans fin qui transmettent, en en modifiant la vitesse, le mouvement primitif de l'arbre sur lequel il est monté, à un système d'aiguilles qui indiquent sur un cadran le nombre de révolutions accomplies par cet arbre dans un temps donné. Par une disposition ingénieuse, les engrenages servent à la fois de roues et de vis sans fin, c'est-à-dire qu'indépendamment de leur denture, les roues sont sillonnées sur leur circonférence d'un pas de vis destiné à mener les dents de la roue suivante, la première étant elle-même menée par une vis sans fin engrenant dans sa denture.

Supposons, par exemple, une roue de 60 dents menée par une vis sans fin ; il faudra 60 tours de cette dernière pour faire faire un tour à la roue.

Le filet de vis placé sur la circonférence de celle-ci aura à son tour fait marcher d'une seule dent la seconde roue avec laquelle il engrène, et si cette seconde roue a également 60 dents, elle n'aura fait qu'un tour lorsque la première en aura fait 60, ou que l'axe moteur aura accompli 3,600 révolutions.

Les différents rapports entre les roues et les vis sans fin du compteur de M. Saladin sont combinés de manière que le nombre des tours de l'arbre de commande, représentant sa vitesse normale, corresponde aux heures de la journée qui sont figurées sur le cadran, c'est-à-dire que si cet arbre doit, par exemple, accomplir 100 révolutions par minute, ou 6,000 par heure, le nombre des dents des différentes roues se trouve être tel qu'il existe, entre la première vis sans fin, fixée sur la transmission même, et donnant le mouvement, et l'aiguille des heures, un rapport de vitesse de 1 à 6,000, et de 1 à 100 pour l'aiguille des minutes.

Si, au moment de la mise en train, on a ramené les aiguilles à l'heure, toutes les heures de la journée seront indiquées sur le cadran en coïncidence avec celles des horloges, si la vitesse normale du moteur a été maintenue. Si le compteur retarde, ce sera la preuve que le moteur a marché trop lentement ; ce sera le contraire s'il avance. Cet appareil présente donc un moyen facile de contrôler

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'exactitude du chauffeur, et de l'obliger à maintenir la vitesse normale de la machine, dont j'ai démontré l'importance en traitant des régulateurs à vapeur.

Le second compteur de M. Saladin a été utilement appliqué par lui à un grand nombre d'appareils de filature. Il consiste en un nombre plus ou moins grand de roues dentées portant sur leur face et près de la circonférence un filet saillant, en forme de spirale, faisant office de vis sans fin et engrenant avec la roue suivante (1). On obtient ainsi, d'une manière très simple, un rapport très grand entre le premier engrenage et le suivant.

La principale application qu'en ait faite M. Saladin a pour but de le faire servir à déterminer le salaire des ouvriers à la tâche, sans être obligé de recourir au pesage. Dans ce cas, l'ouvrier est payé d'après la longueur de fil qu'a livré sa machine, cette longueur étant proportionnelle au poids pour un même numéro.

Cet appareil permet, en outre, de se rendre compte des causes qui ont pu faire varier le produit journalier d'une machine, en dehors des causes apparentes ou connues d'avance. Son application est déjà très répandue dans les ateliers de l'Alsace.

Les deux compteurs de M. Saladin font partie des collections du Conservatoire.

Les nombreuses figures qu'exigerait la description des autres dispositions mécaniques inventées par M. Saladin, et qui presque toutes ont trouvé d'utiles applications dans les machines fabriquées par l'industrieuse Mulhouse, m'obligent à arrêter ici mon examen des titres bien réels d'un homme aussi fécond en inventions ingénieuses, et qu'une modestie que j'appellerai exagérée a tenu, aux deux dernières expositions, beaucoup trop en arrière des premiers rangs, où son mérite et son utilité incontestables l'appelaient à briller.

Cette question des organes mécaniques m'amène à parler du *ressort atmosphérique* de M. Audenelle, qui en a fait d'utiles et d'ingénieuses applications.

Il se compose simplement d'un cylindre fermé par un bout, et dans lequel se meut un piston formé d'un cuir embouti dans le genre des pistons de lampes et autres que j'ai eu plusieurs fois occasion de décrire. On comprend que, dans cette disposition, les fluides, liquides ou gazeux, placés sous le piston, s'échappent autour du cuir quand on pousse ce piston vers le fond du cylindre, et qu'il ne

(1) M. E. Dolfus, auteur du rapport d'où j'extrais ces détails, attribue ce dispositif à M. Grün, constructeur de machines à Guebwiller; mais il en laisse l'application comme compteur à M. Saladin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

laisse rien rentrer quand on le relève ; de sorte que si on place derrière le piston un liquide peu susceptible de se vaporiser à la température de l'atmosphère, de l'huile par exemple, le tirage du piston produira un vide analogue au vide barométrique, et que ce piston sera repoussé vers le fond par une force égale à la pression atmosphérique multipliée par la surface postérieure de ce même piston; force qui équivaut à $1^{k},033$ pour chaque centimètre carré de cette surface, et qui peut faire équilibre, dans un parcours de 10 mètres, à un contre-poids de même valeur.

Cette importante propriété peut avoir d'utiles et nombreuses applications en mécanique, où il est si difficile d'appliquer les ressorts à des parcours un peu étendus, sans faire varier notablement la force de ces ressorts, et par conséquent sans nuire fréquemment au résultat qu'on a en vue.

En employant un cône ou une cloche dont l'arête serait convenablement calculée, on obtiendrait un ressort dont la force varierait à volonté, dans certaines limites, pour accomplir des fonctions variables dans leur énergie, ou des efforts croissants ou décroissants suivant des lois déterminées.

Ajoutons qu'employé comme contre-poids, le ressort atmosphérique peut fonctionner dans toutes les directions et à de très grandes vitesses, l'expérience ayant démontré qu'on pouvait sans craindre de détérioration, aller au-delà de 6 mètres par seconde.

Les applications de cet appareil, qu'exposait M. Audenelle, consistaient notamment dans le mouvement alternatif d'un arbre de tour, dans celui d'une scie à chantourner, dans des poids suspendus à des hauteurs variables à volonté, et enfin dans divers appareils hygiéniques propres aux injections locales, fonctionnant sous la seule action de la pression atmosphérique.

Le *pivot hydraulique* de M. Barthélemy a pour but de réduire considérablement le frottement des axes verticaux ou horizontaux, par la présence forcée et entretenue d'une couche liquide sous les surfaces mobiles qui, dans les conditions ordinaires, seraient en contact avec un corps solide.

C'est encore à l'emploi du cuir embouti que M. Barthélemy a eu recours pour obtenir ce résultat. Le pivot hydraulique qui figurait à l'exposition était vertical, et surmonté d'un axe portant un certain nombre de bras horizontaux chargés de plusieurs milliers de kil.

Enveloppé d'un cuir embouti comme le piston d'une presse hydraulique, il reposait tantôt sur une crapaudine ordinaire, et tantôt il était soulevé par une certaine quantité d'huile, qui était injectée sous le cuir embouti par une pompe foulante.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Lorsque, reposant sur la crapaudine, on l'avait mis en mouvement, si on le soulevait par une injection d'huile, sa vitesse s'augmentait d'une quantité très notable, sans qu'aucune force extérieure déterminât cette plus grande rapidité, qui n'était due qu'à la diminution du frottement produite par l'interposition de l'huile, qui empêchait le contact du pivot et de la crapaudine.

Cette idée est assurément très ingénieuse ; mais son application me parait accompagnée de quelques inconvénients. Sous la charge énorme du pivot, l'huile suinte entre lui et le cuir embouti, et si quelque accident empêche la pompe foulante de réparer constamment cette perte, le pivot s'abaisse, les engrenages qu'il commande, et qui sont presque toujours des engrenages d'angle, perdent de la précision qui leur est si nécessaire, et peuvent finir par se briser, si la variation est un peu considérable. Quelques précautions me semblent donc nécessaires pour que la limite du soulèvement de l'arbre vertical soit très faible, et seulement suffisante pour empêcher le contact du pivot et de la crapaudine, lorsque la pompe fonctionne convenablement, et pour que, lorsqu'elle s'arrête par une cause quelconque, le pivot, venant toucher la crapaudine, ne produise pas une variation notable dans la pénétration des engrenages.

M. Barthélemy annonce qu'il a fait la même application aux pivots horizontaux ; mais il reconnait en même temps qu'elle se borne à diminuer la pression sur les coussinets, pression qui doit rester suffisante pour empêcher un écoulement trop rapide de l'huile injectée sous le pivot à travers le coussinet inférieur. Je n'ai pas eu occasion de vérifier le mérite de cette application.

Arts de la forme.

Je me propose de traiter sous ce titre : 1° des procédés mécaniques qui ont pour but la reproduction des formes diverses, destinées à orner nos appartements ou les objets dont nous faisons usage ; 2° des procédés électro-chimiques qui atteignent le même but ; 3° enfin des procédés qui se rattachent à la reproduction des œuvres graphiques, au moyen de la typographie, de la lithographie, etc.

Le *tour* dit *à portrait*, sur l'origine duquel je n'ai pu me procurer de renseignements positifs, est évidemment d'une date postérieure à 1749 ; car on n'en trouve aucune trace dans l'*Art de tourner en perfection*, du père Plumier, de l'ordre des minimes, dont la 2e édition parut cette année.

On y trouve, à la vérité, un appareil propre à reproduire

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

des profils, que l'auteur du *Manuel du tourneur* considère comme le point de départ du tour à portrait; mais les conditions de cet appareil appartiennent tout entières au tour à guillocher, et n'ont été reproduites dans aucun des systèmes mécaniques, plus ou moins récents, qui ont pour but spécial la reproduction d'une pièce de sculpture.

Les collections du Conservatoire des arts et métiers renferment un tour à portrait de Mercklin, qui doit être le résultat de l'une des premières tentatives en ce genre, et dont les conditions sont les suivantes :

L'arbre du tour est susceptible de deux mouvements, l'un de rotation, l'autre de translation dans la direction de son axe. Un modèle en métal, médaille ou médaillon, est fixé sur l'une de ses extrémités, et la matière qui doit reproduire ce modèle est fixée sur l'autre. Une pointe mousse, portée par un chariot dont le mouvement est perpendiculaire à l'axe du tour, est dirigée sur le modèle, qu'un fort ressort tend constamment à appliquer contre cette pointe. Un second chariot, doué des mêmes propriétés, porte un burin dont la pointe est à son tour dirigée sur la matière à travailler, ivoire, cuivre, acier, etc. Enfin le mouvement de translation des chariots est commandé, au moyen de dispositions faciles à imaginer, par le mouvement de rotation de l'arbre du tour.

On comprend que si, au commencement de l'opération, la pointe mousse, à laquelle on donne le nom de *touche*, est dirigée, ainsi que le burin, sur le centre même de l'arbre du tour, tous deux s'avanceront du centre à la circonférence, en décrivant une volute dont les circonvolutions seront plus ou moins rapprochées, selon les conditions au moyen desquelles le mouvement de l'arbre commande le mouvement des chariots. On comprend encore que l'arbre poussé par son ressort dans le sens longitudinal, de manière à maintenir constamment le modèle en contact avec la touche, se reculera quand la touche rencontrera les saillies du modèle, et reviendra en avant quand ce seront des dépressions; qu'enfin, sous ces alternatives d'avances et de reculs, le burin enlèvera tantôt plus, tantôt moins de matière, et que, lorsque la touche sera arrivée au bord du modèle, le burin aura exactement produit la contre-partie de celui-ci, c'est-à-dire fait une matrice si le modèle est en relief, ou produit un relief si le modèle est une matrice, puisqu'il enlève d'autant plus de matière que l'arbre est plus repoussé, et que ce repoussement est produit par les saillies du modèle.

La commande des chariots par le mouvement circulaire de l'arbre du tour offre, dans le modèle du Conservatoire, une assez

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande complication, qu'il eût été facile de simplifier pour rendre cet appareil moins coûteux et probablement plus sûr dans ses effets. Mais la nécessité d'une double opération pour reproduire un bas-relief a, dès l'origine, fait reléguer ce tour à portrait au rang des combinaisons ingénieuses, mais sans utilité pratique.

Le tour à portrait aujourd'hui le plus en usage chez les graveurs en médailles, dont la plupart nient l'utile coopération dans leurs travaux, est dû à Hulot, fils de l'auteur de l'*Art du tourneur mécanicien*, dont la première partie seulement a paru dans la collection des Arts et métiers de l'Académie.

Je vais en essayer la description succincte.

Le tour à portrait de Hulot se compose en principe de deux poupées de tour parallèles, pouvant se rapprocher ou s'éloigner à volonté l'une de l'autre. L'arbre de chacune de ces poupées porte une roue, dont la circonférence est taillée en dentures inclinées dans lesquelles engrènent les filets d'une vis, ou plutôt de deux manchons filetés portés par un axe commun, perpendiculaire aux deux arbres des poupées, de sorte que, lorsque cet axe tourne, son mouvement de rotation détermine le mouvement de rotation simultané des deux arbres avec la même vitesse, les deux roues portant le même nombre de dents. Ajoutons que ces divers mouvements sont presque toujours d'une extrême lenteur, qu'ils prennent leur origine sur une roue mue par une pédale, et qui commande une poulie placée sur l'axe longitudinal portant les manchons. Enfin le modèle est placé sur le nez de l'un des arbres, et la matière à travailler sur le nez de l'autre, de sorte que tous deux font exactement un tour entier dans le même temps.

Sur l'extrémité postérieure de l'un des arbres, celui qui porte le modèle, est fixée une roue qui engrène avec une autre roue dont l'axe parallèle au petit côté du bâti se termine sur le devant, et à l'extrémité de celui-ci, par un manchon fileté engrenant avec une roue horizontale, dont l'axe vertical est une vis portant un écrou dont une queue est logée dans une rainure verticale, pratiquée dans une pièce de métal à laquelle on a donné le nom de colonne. Il en résulte que le mouvement de rotation de la vis verticale, déterminé par les engrenages qui viennent d'être décrits, détermine le mouvement rectiligne vertical de l'écrou qui porte une forte cheville horizontale, participant de son mouvement.

Le manchon qui communique le mouvement à la vis de la colonne peut s'enlever, et être remplacé par des manchons à deux, trois, quatre, etc., filets, selon qu'on veut faire marcher plus ou

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moins rapidement l'écrou par rapport à la vitesse de rotation des arbres.

A l'extrémité opposée du bâti est articulée, par un genou de Cardan, une barre de fer rectangulaire qui règne sur toute la longueur de l'appareil, au-devant du nez de chaque poupée, et se termine par deux cylindres parallèles entre lesquels se loge la cheville portée par l'écrou de la colonne, de sorte que cette *barre* suit, pour l'extrémité qui porte ses galets, le mouvement vertical de l'écrou, tandis que son autre extrémité tourne autour d'un point fixe, ce qui, pour chaque point de sa longueur, lui fait parcourir des arcs de cercle dont l'étendue est proportionnelle à leur distance au point autour duquel la barre tourne.

Indépendamment de ce mouvement vertical, la barre possède un mouvement horizontal que lui permettent les dispositions du genou de Cardan, qui, comme on le sait, a la propriété de combiner deux mouvements perpendiculaires entre eux.

Sur la barre sont placées deux pièces dont l'une porte la touche, l'autre le burin, et qui peuvent se fixer sur tous les points de sa longueur. Enfin un ressort pousse constamment la barre vers les poupées avec une force suffisante.

Examinons maintenant les fonctions de l'appareil.

Un modèle est placé sur le nez de l'arbre le plus voisin de la colonne; la matière à travailler sur celui qui en est le plus éloigné. La barre est amenée dans une position telle, que la touche et la pointe du burin coïncident exactement, la première avec le centre de l'arbre qui porte le modèle, et la seconde avec le centre de l'autre arbre.

Si l'on fait mouvoir la pédale, toutes les pièces décrites se mettent en mouvement. L'axe longitudinal fait tourner les deux arbres au moyen de ses deux manchons, la vis de la colonne fait descendre son écrou, et, avec lui, la barre qui porte la touche et le burin : d'où il résulte que la touche et le burin décrivent, chacun sur le modèle et la matière à travailler, une volute plus ou moins serrée, selon les rapports qu'on a établis entre la vitesse des arbres et celle de l'écrou. Mais cette volute est toujours plus serrée pour le burin que pour la touche, parce qu'il est plus près du centre de mouvement de la barre, et que l'arc qu'il parcourt est plus court que celui de la touche. Il en résulte que la surface du cercle formé par les révolutions de la volute du burin est plus petite que celle du cercle parcouru par la touche, dans le rapport des distances réciproques de la touche et du burin au centre de mouvement de la barre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'un autre côté, les saillies et les dépressions du modèle contre lequel la touche reste constamment appliquée sous la pression du ressort, déterminent, dans la barre, des mouvements horizontaux simultanés avec son mouvement vertical, de sorte que quand la touche est repoussée par une saillie du modèle, le burin recule et pénètre moins dans la matière à travailler que lorsque la touche pénètre dans les dépressions du modèle.

Mais, comme le centre des mouvements horizontaux de la barre est à la même distance de la touche et du burin que son centre de mouvement vertical, il en résulte la même proportionnalité de grandeur dans les mouvements horizontaux de la touche et du burin, et par conséquent la même proportionnalité dans la grandeur des saillies et des dépressions de la copie, par rapport à celles du modèle, que celle que nous avons trouvée dans la surface des cercles parcourus par la touche et le burin ; qu'en un mot la réduction de la copie est exactement proportionnelle dans tous les points ; de sorte qu'il suffit, pour obtenir une réduction dans des proportions quelconques, de placer la poupée de la copie à une distance telle des centres de mouvement de la barre, que cette distance soit à celle de la poupée du modèle aux mêmes centres, dans le rapport de la réduction qu'on veut obtenir.

On peut disposer les choses de manière que le centre du mouvement horizontal de la barre soit mobile, c'est-à-dire qu'il puisse se déplacer en avant ou en arrière du centre de mouvement vertical. On trouve dans cette condition un avantage remarquable : celui de faire varier à volonté la réduction des saillies, pour une réduction donnée en surface. Ainsi, par exemple, la surface de la copie pourra être la moitié de celle de l'original, tandis que ses saillies n'auront que le quart de la hauteur de celles du modèle, et réciproquement.

Telle est, peut-être un peu trop sommairement décrite, la très remarquable invention d'Hulot, qui, comme je l'ai énoncé plus haut, rend d'immenses services à de nombreux graveurs en médailles, dont l'amour-propre se refuse à l'avouer.

On sait, en effet, qu'il est beaucoup plus facile de modeler et surtout de ciseler une grande pièce qu'une petite. L'artiste qui veut se servir du tour à portrait a, en exécutant une cire de grandeur décuple de la médaille qu'il veut produire, toute la liberté possible pour en proportionner convenablement toutes les parties. Il peut, sur le bronze obtenu de cette cire, exécuter de nombreux détails que le tour à portrait réduira avec la plus scrupuleuse vérité, ne lui laissant d'autre travail à exécuter que celui de faire disparaitre,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sur le coin d'acier ainsi travaillé, la volute microscopique tracée par le burin. Je ne crains pas d'affirmer que les plus belles médailles de l'époque moderne ne doivent la richesse des détails qui les distinguent qu'à l'emploi intelligent de la machine de Hulot, et que si quelques artistes, tels que Dupré et Andrieux, ont produit des chefs-d'œuvre sans y avoir recours, ils n'ont dû ce résultat qu'à une extrême patience, et aux dépens d'un temps qu'ils auraient beaucoup mieux employé, dans l'intérêt de leur gloire et de leur fortune, à créer d'autres chefs-d'œuvre.

Mais, quelque ingénieux que soit le tour à portrait de Hulot, il ne peut se prêter, dans les conditions décrites, qu'à la reproduction des médailles ou de bas-reliefs de petites dimensions, et il exige, en outre, que le modèle soit en matière assez dure pour ne pas se détériorer sous l'action de la touche. En un mot, il faut faire la dépense d'un original en bronze pour en obtenir la réduction sur une matière quelconque, et encore, lorsque l'original a certaines dimensions, le bronze lui-même y résisterait difficilement.

Qu'on suppose, par exemple, qu'il s'agisse de réduire un des bas-reliefs du Parthénon, dont quelques uns ont $2^{m},25$ de diagonale, la longueur de la barre ne sera guère au-dessous de $5^{m},50$; et comme il faut, à tout prix, qu'elle ne fléchisse pas sous son propre poids, son équarrissage devra bien atteindre 12 centimètres de côté, ce qui, indépendamment de ses accessoires, produit un cube de près de 80 décimètres de fer, dont le poids s'élèverait à plus de 600 kil.

Or, si l'on considère que, quelque faible que soit la vitesse de la barre, lorsque la touche passe d'une saillie à une dépression, cette vitesse est toujours multipliée par la masse de la barre, on comprendra combien l'action de la touche peut dégrader l'original, et qu'en outre la pointe du burin devra fréquemment s'égrener, lorsque des dépressions un peu considérables du modèle feront pénétrer profondément cette pointe dans la matière de la copie.

Un homme cependant s'est trouvé qui a conçu et réalisé le projet non seulement de réduire les bas-reliefs du Parthénon, mais encore de n'employer pour modèle que les plâtres moulés sur les originaux. Il a fait plus : il est parvenu, en se servant toujours de modèles en plâtre, à reproduire avec la fidélité la plus minutieuse, avec une précision véritablement mathématique, et sur quelque matière que ce soit, tous les chefs-d'œuvre de la statuaire antique et moderne, bas-reliefs ou rondes-bosses, sans en excepter l'œuvre le plus tourmenté, connu, le *Laocoon*. Cet homme est M. Collas (1).

(1) Rappel de médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Au moyen de ses admirables machines, une copie peut avoir aujourd'hui la valeur de l'original. Avec elles commencent à disparaître ces à-peu-près, exécutés le plus souvent par des artistes d'un mérite douteux, et même ces copies dont le talent réel ne s'occupait qu'avec répugnance, parce que, en définitive, il ne pouvait faire qu'une traduction toujours inexacte.

Ces assertions, que je ne fais pas légèrement, sont fondées sur la connaissance personnelle de ces appareils, dont j'ai suivi le développement depuis leur naissance, et qui, appelés à jouer un rôle important sous le point de vue industriel, doivent encore influer sensiblement sur l'art, dont ils reproduisent les chefs-d'œuvre avec une fidélité et une exactitude impossibles à dépasser. Assurément je ne prétends pas que les procédés de M. Collas constituent une découverte artistique, en ce sens qu'il aurait substitué une machine à la place de l'art. Je veux dire, au contraire, qu'il a débarrassé l'art de tout ce qu'il a de mécanique, et s'est placé à la tête d'un immense progrès, en conciliant, pour ainsi dire, l'industrie avec l'art, qu'il met désormais à l'abri des atteintes de l'esprit mercantile, en livrant au commerce ses plus belles productions, en les vulgarisant, et en mettant à la portée de tous les chefs-d'œuvre qui n'étaient, jusqu'à présent, que le partage du petit nombre. Car, grâce à l'homme habile qui nous occupe, chacun pourra rassembler, dans le plus petit espace, toutes les richesses que possède le Louvre en sculpture, de même que les bas-reliefs du Parthénon pourront orner à peu de frais les contours du plus modeste salon.

Si, des avantages incontestables que présentent les procédés de M. Collas pour la reproduction des chefs-d'œuvre de l'antiquité, nous passons à ceux qu'ils peuvent procurer à l'art moderne, nous y trouverons un nouveau motif d'éloges pour leur ingénieux auteur. En effet, par leur emploi, l'artiste se trouve dispensé de la tâche fastidieuse de se copier soi-même. Sous ses mains, que n'aura pas fatiguées le travail du marbre, de la pierre ou de l'acier, l'argile s'assouplira plus docilement, et fournira de plus nombreux chefs-d'œuvre.

Presque tous les arts trouveront, dans ses procédés, des ressources inépuisables. L'orfèvrerie, la bijouterie, etc., s'empareront des formes les plus pures de l'antique, reproduites dans toutes les dimensions possibles.

Désormais disparaîtra la distinction établie entre les bronzes d'art et ceux du commerce ; car les uns ne seront pas plus coûteux que les autres, et c'est en répandant ainsi les chefs-d'œuvre, en popularisant l'art, qu'il aura été donné à M. Collas de réformer le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

goût, en ramenant insensiblement les masses à l'admiration du beau et du vrai.

Mais je m'aperçois qu'entraîné par mon sujet, j'ai failli à mes habitudes en faisant passer l'éloge avant la preuve qu'il est mérité. Hâtons-nous de rentrer dans les appréciations techniques.

Les débuts de M. Collas dans cette carrière ont porté sur une modification essentielle de la barre de Hulot, qu'il exécute en bois, et à laquelle il n'a laissé que le mouvement de descente verticale. La touche et le burin sont placés chacun sur l'un des bras d'un levier coudé très léger. Les deux autres bras de ces leviers s'articulent entre eux au moyen d'une bielle, de sorte qu'un mouvement horizontal de la touche commande le mouvement, dans le même sens, du burin. L'axe de rotation de chacun de ces leviers est fixé sur la barre : ils participent, par conséquent, de son mouvement vertical, de sorte que les conditions essentielles de la barre de Hulot se trouvent rétablies, avec cette différence importante et capitale que la touche, sollicitée par un contre-poids très léger à rester en contact avec le modèle, ne peut le dégrader, à cause du peu de masse de la portion de l'appareil qui est douée du mouvement horizontal.

La position du burin sur son bras de levier, ou le point d'articulation de la bielle sur l'autre bras, détermine les rapports de réduction des saillies et des dépressions entre le modèle et la copie, les rapports de surface étant donnés par les rapports de distance entre la touche et le burin avec le centre du mouvement vertical de la barre.

Cette condition permet, comme on le voit, à M. Collas la reproduction de bas-reliefs de toutes dimensions, ainsi que l'emploi de modèles en plâtre. Voici comment, dans les premiers temps, il les a fait servir à la réduction des rondes-bosses, et notamment de la *Vénus de Milo*, point de départ des nombreux chefs-d'œuvre sortis de ses ateliers.

Dans ce but, il a découpé le modèle en portions de formes telles que, surmoulées, elles pussent chacune sortir d'un moule d'une seule pièce. Ces portions ont été fixées sur un plateau dans des positions telles que la direction de la touche fût le plus normale possible à tous les points de leur surface; en un mot, il en a fait un véritable bas-relief, dans lequel il a eu soin que les saillies et les dépressions ne dépassassent pas les limites convenables. La réduction fut faite sur une matière facile à couper par le burin; puis, chaque portion, ainsi réduite, fut moulée séparément, et servit à reconstituer, par sa réunion avec les autres, une statue réduite, identique avec l'original.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Malgré l'extrême précision de son appareil, M. Collas n'était pas entièrement satisfait d'un résultat dont les artistes s'émerveillaient cependant. Il laissait trop à faire à l'intelligence et à la dextérité du monteur, que des esprits prévenus pouvaient révoquer en doute.

Il reprit donc ses essais, et parvint à obtenir directement des rondes-bosses, qu'il exécute entièrement d'une seule pièce lorsque les formes et les dimensions s'y prêtent, les bustes par exemple, ou par tronçons lorsque la statue dépasse les proportions de ses machines, ou bien encore lorsqu'un membre ou une draperie s'interpose entre la touche et une autre portion de la pièce à reproduire.

Dans ces nouveaux appareils, les arbres des deux poupées sont verticaux, et commandés par une vis tangente comme dans le tour de Hulot. La barre en bois se manœuvre à la main, et porte une espèce de pantographe très léger formé de trois bielles articulées entre elles et avec la barre dans les conditions suivantes :

A l'extrémité où celle-ci s'articule à un genou de Cardan qui lui permet de se mouvoir dans tous les sens, s'élève l'une des trois bielles, à laquelle s'articulent les deux autres à des hauteurs différentes. L'autre extrémité de ces dernières s'articule, pour chacune, à un petit coulisseau portant, l'un la touche, l'autre le burin, et pouvant glisser le long de la barre, de manière à former deux triangles inscrits l'un dans l'autre, et ayant deux côtés communs, la barre et la bielle articulée à l'extrémité de celle-ci.

Il en résulte que, lorsqu'on fait glisser le coulisseau de la touche sur la barre, le coulisseau du burin y glisse aussi et dans le même sens; mais dans une étendue proportionnelle au rapport établi entre les points d'articulation des deux bielles sur la bielle verticale.

La position des poupées et celle des deux bielles étant réglée pour une réduction donnée, l'ouvrier, tenant la barre des deux mains, applique la touche sur un point quelconque du modèle placé sur la poupée la plus éloignée du centre de mouvement, et lui fait parcourir un arc de cercle plus ou moins grand selon les formes particulières du modèle en ce point; puis, au moyen d'un bouton commandant une crémaillère à dentures très fines fixée sur le chariot de la touche, il fait faire à celle-ci un petit mouvement, et l'applique de nouveau sur le modèle pour lui faire décrire un arc de cercle parallèle au premier, et ainsi de suite, tant que la portion du modèle sur laquelle s'applique la touche peut recevoir la pointe de celle-ci dans une direction suffisamment normale. On comprend que chaque arc de cercle décrit par la touche s'est reproduit, dans de moindres proportions, par le burin, qui, à chaque fois, a enlevé une certaine quantité de matière sur la copie, la creusant quand la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

touche pénétrait dans une dépression du modèle, se reculant avec cette même touche, quand elle rencontrait une saillie.

Lorsqu'une surface partielle a été ainsi convenablement parcourue par la touche, la vis tangente aux deux arbres qui portent le modèle et la copie leur imprime un mouvement de rotation suffisant pour présenter à la touche une nouvelle surface partielle qui est explorée de la même manière, et ainsi de suite, jusqu'à ce que toute la surface du modèle ait été caressée par la touche, et que le burin ait enlevé toute la matière qui enveloppait la copie logée virtuellement dans la masse placée sur le second arbre.

On comprend que, selon la nature de la matière à travailler, l'outil auquel j'ai jusqu'à présent donné le nom de burin prend des formes diverses ; que tantôt c'est une fraise, tantôt un foret animé d'un mouvement de rotation plus ou moins rapide; que plusieurs passes sont nécessaires pour arriver au fini absolu des détails. Les premières, exécutées avec une touche très obtuse et un outil formant un angle très ouvert, débitent rapidement la matière et dégrossissent la copie; les dernières, avec une touche plus aiguë, un outil plus fin, produisent, sur le tour à portrait décrit en premier lieu, des volutes à circonvolutions plus rapprochées, ou des sillons plus serrés si l'on se sert des machines à rondes-bosses.

On comprend, en outre, que ces mêmes appareils peuvent servir à exécuter des copies plus grandes que les modèles, et qu'il suffit pour cela de substituer l'un à l'autre sur les deux poupées. Je ferai remarquer, toutefois, qu'on se sert rarement de cette condition, parce que les défauts du modèle, agrandis avec lui, sont beaucoup plus apparents, tandis qu'ils sont d'autant plus dissimulés que la réduction est plus petite.

D'autres appareils établis chez M. Collas ont encore la propriété de donner des copies de même grandeur que le modèle, avec la même perfection et le même fini de détails.

Le tour à portrait de Hulot est quelquefois disposé de manière à renverser la copie, c'est-à-dire à y mettre à droite ce qui est à gauche dans le modèle, et réciproquement, dans le but d'obtenir des ornements symétriques au moyen d'un seul modèle. Cette condition s'obtient principalement en changeant la direction du pas de la vis tangente qui mène l'arbre de la copie, de manière à le faire tourner en sens contraire de l'arbre du modèle. Mais, comme la touche et le burin décrivent des arcs de cercle concentriques, il en résulterait une déformation plus ou moins considérable de la copie, puisque la condition de symétrie exigerait que ces arcs se regardassent par leur concavité.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Collas y a obvié pour les pièces qui doivent être de la même grandeur que la copie, en plaçant la barre sur deux colonnes qui la font descendre parallèlement à elle-même, ce qui fait parcourir à la touche et au burin une ligne droite. Avant lui, M. Duperra avait obtenu le même résultat, pour les *timbres identiques* du billet de banque, en laissant au porte-touche et au porte-burin une certaine liberté de mouvement le long de la barre, et en les assujettissant à suivre un guide vertical qui leur fait parcourir une ligne droite devant le modèle et la copie.

En 1839, M. Contammin avait exposé un tour à portrait qui jouissait de cette propriété; elle résultait de la liberté de translation laissée au porte-burin sur la barre, et de son assujettissement à une tringle articulée du côté de la colonne, et dont la longueur était en rapport avec la réduction à obtenir, ce qui faisait parcourir au burin un arc de cercle dont la concavité regardait celle de l'arc décrit par la touche, et rendait toutes les conditions symétriques.

Cette disposition ingénieuse me paraît cependant inférieure à celles de MM. Collas et Duperra, à cause de la difficulté de régler rigoureusement la longueur de la tringle additionnelle.

La pensée de reproduire mécaniquement les ouvrages de sculpture a trouvé de nos jours plusieurs interprètes dont les procédés me sont moins familiers, mais sur le compte desquels je crois avoir des données suffisantes pour en dire ici quelques mots.

M. Sauvage, si connu par l'invention du *physionotype*, est aussi l'auteur d'une machine à sculpter qui ne m'est connue que par un rapport de M. Séguier à l'Académie des sciences, le 6 avril 1840, et dans lequel il annonce que les rondes-bosses sont exécutées au moyen d'un appareil qui n'est qu'une modification du pantographe appliqué à la sculpture, mais qui se distingue de ceux qu'on a employés précédemment dans le même but par une grande simplicité, ce qui permet de se le procurer à peu de frais. La substance sur laquelle on opère est un bloc de savon ou de cire qui se taille très aisément, et sur lequel on fait ensuite un moule qui peut donner un nombre illimité d'épreuves en plâtre ou en métal. L'argile plastique, à l'état où l'emploient les statuaires, peut aussi servir pour une réduction.

En écrivant ce rapport, M. Séguier ignorait probablement que, depuis longtemps, M. Collas employait ces mêmes matières. J'ajouterai que, si mes renseignements ne me trompent pas, le pantographe de M. Sauvage est d'un poids considérable, équilibré par des contre-poids, ce qui doit exiger l'emploi de modèles en matières

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dures. Je n'ai aucune donnée sur les procédés au moyen desquels M. Sauvage attaque le marbre et les matières dures.

Les conditions employées par M. Dutel pour la mise au point des statues en marbre sont aussi une application du pantographe, promenant d'un côté une touche mousse sur la surface du modèle, et attaquant de l'autre le marbre au moyen d'une fraise animée d'un mouvement de rotation rapide. Ces conditions donnent une ébauche très avancée de la statue, que le sculpteur termine ensuite. On voit que c'est encore là une application des procédés de M. Collas.

Avant l'emploi de la fraise, M. Dutel, m'a-t-on assuré, se servait de deux petits ciseaux superposés, dont la réunion formait un cône; chaque ciseau était adapté à un ressort que soulevait alternativement une came. Il résultait de cette disposition que le ciseau était chassé contre le marbre par la réaction de son ressort, et que la piqûre faite par le premier était immédiatement agrandie par le choc du second. M. Dutel aurait renoncé à leur emploi, parce qu'il était impossible de régler convenablement leur pénétration.

Les procédés imaginés par M. E. Grimpé, pour la sculpture d'ornement, et principalement de l'ébénisterie, paraissent particulièrement reposer sur l'emploi d'un outil tournant, avec ou sans moulures, assujetti à parcourir certaines lignes droites ou courbes dont la réunion ou les entrecroisements produisent les effets les plus inattendus et les plus variés, les dentelures les plus originales que les combinaisons de l'ogive puissent fournir. Il en obtient encore, et toujours avec une économie considérable, la plupart des formes employées dans l'ébénisterie : des mortaises, des tenons, des rainures, des languettes, des queues d'aronde, des panneaux, des dossiers de siéges, des pilastres, des moulures de cadres, des poulies, etc., etc., et jusqu'à des sabots.

La sculpture artistique entre également dans la liste des produits qu'on peut obtenir des procédés de M. Grimpé ; mais je n'ai eu occasion d'en examiner aucun échantillon. Il n'en est pas de même de la fabrication des bois de fusil, dont ses machines ont exécuté un grand nombre à l'époque de la révolution de juillet.

Il est vivement à regretter que la crise commerciale qui, il y a quelques années, est résultée d'une foule d'entreprises conçues dans un esprit d'agiotage, ait produit, parmi les actionnaires de la société formée pour l'exploitation de ces utiles et ingénieux procédés, une hésitation qui a amené la dissolution de cette société, et qu'une invention aussi importante soit encore aujourd'hui sans application industrielle.

J'ai dit plus haut que, antérieurement à M. Grimpé, M. Philippe

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de Girard avait produit des bois de fusil exécutés mécaniquement, et dont plusieurs échantillons, à divers degrés d'avancement, figuraient à l'exposition.

Mais revenons à la sculpture mécanique.

Les procédés dont j'ai encore à entretenir vos lecteurs diffèrent essentiellement de ceux dont je viens d'essayer la description, et quelques uns d'entre eux reposent sur des principes entièrement nouveaux.

Par exemple, celui de M. Moreau, exploité aujourd'hui par M. Séguin, paraîtrait, au premier aperçu, théoriquement incroyable, si les résultats n'étaient pas là pour attester leur efficacité, en même temps que leur mérite. J'en emprunterai la description succincte à un rapport très remarquable de M. Amédée Durand, au jury de 1839.

« Sous l'action de son procédé, le marbre reçoit la forme qu'on lui destine, comme s'il se moulait; c'est, en effet, par le moyen d'un moule en fonte de fer, incessamment frappé sur le marbre, pendant que du grès et de l'eau s'écoulent entre les deux corps, que la sculpture se trouve opérée.

» Si l'on cherche à se rendre compte de l'effet mécanique produit, on peut considérer chaque grain de sable, à l'instant où il reçoit le choc du moule en fer, comme une pointe très fine qui pénètre d'une quantité infiniment petite dans la matière; puis, pour ainsi dire, en même temps se divisant par petits fragments, dont chacun, en s'éloignant, exerce sur le marbre une action semblable à celle du grès sous la scie du scieur de pierre.

» Ces deux effets répétés à chaque choc du moule, et ces chocs répétés six cents fois par minute, ont en très peu de temps, pour résultat, un marbre sculpté avec une précision qui ne pourrait admettre de retouches que dans quelques cas particuliers.

» M. Moreau, dès le début, a montré que, sans le secours d'aucun instrument de précision, que par son moyen, il pouvait exécuter la sculpture de ronde-bosse. Les têtes formant consoles qu'il a exposées étaient produites sur trois de leur faces; les lignes de raccordement étaient imperceptibles. Dès lors des statues peuvent être confiées au procédé, qui toutefois se trouve astreint à l'identité avec le modèle, sans changement de dimensions. »

Les procédés de sculpture en bois de MM. Graenaker et Frantz ne sont pas moins remarquables ni moins originaux. J'en emprunterai encore la description à un rapport de M. Amédée Durand à la Société d'encouragement.

« La forme est obtenue avec netteté et précision au moyen d'un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

procédé tellement simple, que le premier exemple s'en perd dans la nuit des temps, et qu'il n'a jamais été employé que par des hommes à l'état sauvage. Pour enlever la matière sous laquelle se trouve la forme à produire, la combustion est employée comme elle le fut pour creuser les premiers canots.

» ..... Cet effet est dû à l'application, à l'aide d'une forte pression, d'un moule en fonte de fer chauffé jusqu'au rouge. On aperçoit de suite que le moule ne transmet pas immédiatement sa forme au bois, mais la produit avec l'interposition d'une couche de charbon. Remarquons que cette couche ne doit jamais avoir plus de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, ainsi qu'il va être expliqué, et que plus elle est mince, plus la sculpture a de netteté.

» Pour que cette netteté soit obtenue, il faut que la couche carbonisée soit limitée de la manière la plus exacte possible, et qu'il n'y ait, entre la forme et le moule, que du charbon parfait, c'est-à-dire friable, et pouvant se détacher facilement sous l'action d'une brosse. La forme perdrait beaucoup de sa netteté et le procédé de sa certitude, s'il se trouvait, entre le charbon parfait et le bois inférieur, une couche de bois à l'état de charbon roux, c'est-à-dire carbonisé à différents degrés, et cédant irrégulièrement à l'effet du brossage. Pour obtenir ce résultat indispensable de limiter l'action comburante du moule chauffé au rouge, on a la précaution d'immerger le bois à travailler, jusqu'à ce qu'il soit entièrement saturé d'eau. Cette eau, sous l'action du moule, se convertit en vapeur, et ne permet, dès lors, d'employer qu'une pression intermittente qui en facilite l'écoulement. Si cette pression était continue, la vapeur pourrait se trouver assez comprimée dans certaines places pour que son expansion détachât quelques parcelles de bois et compromit la perfection du résultat.

» L'action du moule sur le bois ne dure que 20 secondes environ. Elle est simplement le résultat de l'emploi d'un levier qui quintuple le poids de l'ouvrier qui s'assied dessus et donne à sa personne un mouvement vertical très répété. Après ces 20 secondes, le bois est retiré de la presse et jeté dans l'eau pour, d'une part, arrêter la combustion, et, de l'autre, faciliter sa dispersion sous l'action d'une brosse. Par ces opérations répétées autant de fois que l'exige la profondeur du moule, on obtient un relief qui produit avec fidélité les détails du modèle primitif.

» Une chose à faire remarquer, c'est que l'imbibition du bois par l'eau étant une des conditions du procédé, plus les bois sont spongieux, plus facile est l'opération, et que par conséquent les bois les plus communs sont les plus propres à être convertis en ob-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jets sculptés. Cette transformation n'affecte pas seulement leurs formes : elle a une influence profitable à leur dureté, qui s'en trouve très sensiblement augmentée. L'aspect des sculptures ainsi obtenues sur le bois de peuplier ou de marronnier acquiert beaucoup de ressemblance avec celui du vieux noyer, et est d'un effet très agréable.

» Dans les nombreux produits de cette invention on trouve toutes les qualités qui constituent la bonne sculpture ; les formes sont accusées avec fermeté, souplesse, légèreté et délicatesse, suivant le sentiment de l'artiste qui en a créé le premier modèle. »

On trouve dans le *Manuel du tourneur* de Bergeron un procédé au moyen duquel s'exécutaient ces tabatières en buis assez grossièrement sculptées, qui avaient une certaine vogue il y a une quarantaine d'années.

Ce procédé consistait tout simplement à mouler le bois à la manière de l'écaille, c'est-à-dire à l'aide d'une presse et de la chaleur. Mais on m'en a décrit un autre beaucoup plus remarquable, et qui consisterait dans les conditions suivantes.

Un moule en relief de la figure à sculpter sur la tabatière était enfoncé, à l'aide d'une presse, dans le buis bien sec qui devait former le couvercle. Lorsque l'enfoncement était jugé suffisant, on enlevait sur le tour, ou avec un petit rabot, tout le bois excédant au-dessus de la plus grande dépression obtenue par l'enfoncement du moule, de manière à rendre la surface aussi unie qu'auparavant ; puis on plongeait le bois dans l'eau, qui, le faisant gonfler, ramenait au-dessus de cette surface toutes les portions du bois qui avaient été plus ou moins déprimées par le moule, et cela proportionnellement à leur dépression primitive ; d'où il résultait une forme en relief de ce qui préalablement avait été une forme en creux. Je me rappelle avoir vu de ces tabatières, dont l'exécution était réellement remarquable pour leur bas prix, et qui ne pouvaient avoir atteint ce bon marché qu'au moyen de procédés mécaniques.

C'était principalement sur les bois ronceux, comme la loupe de buis, que s'appliquait l'un ou l'autre des procédés que je viens de décrire, parce que les fibres contrariées de la ronce permettaient beaucoup plus de solidité au résultat que le bois de fil, qui se serait tranché sous la pression du moule, ou que le bois debout, qui aurait présenté trop peu d'épaisseur, et qui n'aurait pas permis l'application du gonflement par l'eau, ainsi qu'il résulte des expériences faites sur les produits de M. Ardisson, qui a renouvelé récemment le moulage du bois appliqué aux décorations d'appartement.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est uniquement sur bois debout que travaille M. Ardisson. Ses pièces, grossièrement préparées à la gouge ou au ciseau, sont ensuite fortement comprimées sous la presse, jusqu'à ce qu'elles aient épousé exactement les formes d'un moule en fonte qui refoule énergiquement les fibres du bois debout. Mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que ces moulures peuvent impunément séjourner plusieurs jours dans l'eau sans qu'elles présentent la moindre altération. Ce fait a été constaté par les expériences d'une commission de la Société d'encouragement.

De nombreux produits en matières plastiques diverses, cartons-pierres, pâtes, etc., de toute espèce figuraient à l'exposition. Je n'ai pu me procurer de renseignements techniques que sur quelques uns d'entre eux.

Le chanvre comprimé imperméable, de M. Marsuzi, peut recevoir toutes les formes sculpturales possibles, au moyen d'un moulage à chaud qui agglutine toutes les fibres du chanvre préalablement imprégnées d'un vernis solide à l'huile de lin cuite.

Les expériences faites par une commission dont M. Payen était rapporteur ont constaté que ces produits résistent à une température soutenue de 50°, à l'air saturé d'humidité, aux eaux pluviales, sous une chute perpendiculaire à la surface, à l'immersion complète dans l'eau, à la vapeur globulaire précipitée dans l'air à 35° ou condensée en eau ruisselant à la superficie ; qu'employée à la fabrication de vases, auges, cuvettes, etc., cette matière résiste à des dissolutions acides qui attaqueraient le fer, la fonte, le zinc, etc. Les ornements exposés par M. Marsuzi avaient des reliefs considérables, et prouvaient la possibilité de nombreuses et utiles applications de cette nouvelle matière plastique.

Les cuirs ou cartons gauffrés de M. Labouriaux rappellent les anciennes tentures en cuir de Hongrie, de Cordoue ou de Venise, dont étaient décorés les appartements de grands seigneurs d'autrefois. Mais les reliefs obtenus sur les nouveaux produits sont décuples, et peut-être plus, des reliefs formés sur les cuirs anciens, et atteignent souvent jusqu'à la demi-bosse de grandeur naturelle. Cet emboutissage paraît obtenu dans des matrices métalliques, au moyen d'une très forte pression par l'intermédiaire de poudres desséchantes, telles que la sciure de bois, qui, à mesure que le cuir, légèrement humecté, épouse les formes du moule, lui enlève son humidité pour le maintenir dans les conditions où la pression l'a amené. La couleur fauve du cuir, qui imite très bien celle du bois, s'harmonise parfaitement avec des portions de dorure et d'argenture mates ou brunies.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais parmi les nombreuses matières plastiques qui peuvent servir à l'exécution d'ornements à la fois délicats et solides, aucune ne me paraît l'emporter sur celle à laquelle on donne indifféremment le nom de ciment anglais, de ciment-marbre, de ciment-plâtre, etc., etc., exploité par M. Savoie.

Cette matière est une espèce de plâtre extrait de l'albâtre, préparé par une cuisson convenable avec une certaine proportion d'alun. Gâchée comme le plâtre, mais plus serrée, elle épouse aussi parfaitement que lui les formes les plus délicates d'un moule, d'où elle sort avec une dureté comparable à celle du marbre, et qui s'accroît notablement avec le temps. L'habile mouleur Hippolyte Vincent en fait un fréquent usage pour ses délicieuses reproductions de lézards, d'oiseaux, etc., moulés sur nature au moyen de la gélatine. J'ai moi-même fréquemment obtenu d'importants secours de son emploi dans mes travaux électrotypiques. Sa lenteur à prendre permet de le travailler à l'ébauchoir, et de terminer avec la plus grande précision tous les détails d'une pièce de sculpture qui, moulée sans fouille, peut être creusée en tous sens par l'artiste avec une facilité que son durcissement ultérieur ne permettrait plus. Elle peut prendre, dans le moule même, le poli le plus parfait ou le recevoir après le moulage. Enfin sa blancheur, qui est celle du plus beau marbre, peut se modifier par un mélange de toutes les couleurs soit en poudres, soit liquides, et permettre les mosaïques les plus riches et les plus variées, de même que l'imitation des plus beaux marbres ; et, sous ce rapport, elle peut remplacer avantageusement le stuc. Enfin, on en prépare de plus grossier qui, possédant les mêmes qualités de solidité, peut se substituer avantageusement dans la construction, non seulement à l'emploi du plâtre, mais encore à celui des mortiers de chaux.

L'exposition ne m'a révélé rien de nouveau dans les procédés de reproduction des œuvres d'art par la fonte. Les progrès en ce genre, et ils sont réels, tiennent principalement à l'habileté avec laquelle sont appliqués des procédés déjà anciens ; et à cet égard, je signalerai surtout MM. Eck et Durand, et M. Quesnel, dont les produits exposés étaient d'admirables résultats d'une pratique intelligente et habile. Je crois pouvoir affirmer que les procédés du moulage au sable ne peuvent donner de produits plus parfaits, et que la ciselure ne pourrait que gâter l'épiderme si pure des pièces, dont quelques unes, encore sous le jet, étaient offertes par eux à l'admiration des connaisseurs.

Vos lecteurs me permettront à cette occasion une digression qui, pour n'avoir pas directement sa source dans les produits exposés,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peut cependant trouver utilement sa place dans mes *études thechniques.*

Dans les arts de la forme, comme dans celui de la musique, beaucoup trop d'artistes visent à une réputation d'habileté, qui consiste moins dans le mérite d'exécution d'une œuvre d'art que dans celui de la difficulté vaincue. Le tour de force est leur manie ; et de tous les tours de force, celui que les fondeurs ambitionnent le plus est la fonte, d'un seul jet, d'une statue bien tourmentée. Malheureusement, ils sont parvenus à persuader les artistes que leurs œuvres seront reproduites avec bien plus d'exactitude, dans ces conditions, que si le modèle est découpé pour favoriser les opérations du moulage et de la fonte, et les pièces rajustées ensuite pour former l'ensemble du monument.

Examinons impartialement, non pas les possibilités, mais les conséquences forcées des deux systèmes, en avouant toutefois que le premier a quelque chose de séduisant *à priori*, et que, si, aujourd'hui, je suis partisan du second, ce n'est qu'après avoir courageusement engagé plusieurs luttes, dans lesquelles j'avoue franchement avoir succombé sous le poids des arguments techniques.

Et d'abord, disons que le temps est passé où la fonte d'une statue équestre suffisait à la gloire et à la fortune d'un fondeur ; que, la concurrence et les adjudications au rabais aidant, la grande fonderie n'est plus aujourd'hui qu'un métier qui va sans cesse s'avilissant de plus en plus ; que personne ne se soucie de consacrer, comme Falconnet, quinze ans à exécuter la statue de Pierre-le-Grand, à Saint-Pétersbourg ; neuf ans, comme les frères Keller, pour faire le Louis XIV de Girardon ; huit ans, comme Bouchardon et Pigale, pour le Louis XV de la place Vendôme, et même quatre années, comme Lemot et Piggiani, pour la nouvelle statue d'Henri IV.

Et cependant on se crée avec plaisir des difficultés, des obstacles dont on ne triomphe le plus souvent qu'à des conditions ruineuses pour le fondeur et inacceptables pour l'art, si l'artiste lui-même n'était pas sous le joug d'une prévention irréfléchie. Ajoutons que les marchés consentis par certains fondeurs pour couler d'un seul jet des pièces monumentales, ne reçoivent leur exécution complète qu'à la condition d'une surveillance très active de la part de l'artiste, et que très fréquemment cette surveillance est mise en défaut.

La fonte en cire perdue est à peu près abandonnée de nos jours. Elle consiste en principe dans l'exécution en cire, autour d'un noyau, de la pièce à reproduire. Lorsque l'artiste a donné le dernier coup à toutes les parties de ce modèle, le fondeur le recouvre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'une potée très fine, sur laquelle il ajoute une couche d'argile de quelques centimètres d'épaisseur ; puis il enveloppe le tout d'une chape suffisamment solide.

On chauffe ensuite l'ensemble avec une certaine lenteur pour faire fondre la cire, et la laisser s'écouler par les conduits ménagés à cet effet. Lorsque la cire est entièrement écoulée, on bouche les conduits et on cuit le moule ; puis on y fait arriver le métal en fusion.

Tel est la série des principales opérations de la fonte en cire perdue. Les chefs-d'œuvre que nous a laissés ce procédé semblent attester son efficacité ; et cependant il n'est rien moins que certain qu'on n'eût pas obtenu mieux encore par des fontes partielles.

Beaucoup de gens s'imaginent que ces finesses, ce poli tant admiré dans les bronzes des Keller, sont directement obtenus du moule.

Une connaissance moins imparfaite du procédé leur eût fait comprendre que cet épiderme si savamment étudié n'est dû qu'à l'habile concours des outils du ciseleur, maniés par la main savante de l'artiste lui-même.

Dans ces grandes opérations, on couvrait la surface du modèle d'une fourmilière de jets et d'évents : il fallait, comme aujourd'hui, de nombreux fers pour soutenir le noyau dans la chape ; on supprimait toutes les portions trop isolées du noyau, ce qui produisait de nombreuses inégalités d'épaisseur ; enfin on cuisait le noyau jusqu'au rouge pour chasser toute l'humidité. Qu'en résultait-il ? Après la fonte, il fallait faire disparaître tous les jets et tous les évents, boucher les trous des fers, restaurer les parties froides à l'entour de ces mêmes fers ; les inégalités d'épaisseur amenaient des gerçures et du grippage ; la dureté du noyau produisait des cassures, parce qu'il ne cédait pas au moment où le métal opérait son retrait en se solidifiant. Ajoutons que plus la pièce présentait de surface, de parties isolées et contournées, moins les chances de réussite étaient probables sans un long travail de restauration et de ciselure. Le prix élevé de quelques uns de ces chefs-d'œuvre est parvenu jusqu'à nous : celui des portes du baptistère de Florence, par exemple, atteste qu'ils nécessitaient une main-d'œuvre longue et dispendieuse à la sortie du moule.

Si ces considérations ne suffisaient pas pour convaincre quelques amateurs passionnés que les bronzes anciens se restauraient et se ciselaient entièrement, ils en trouveraient une nouvelle preuve dans la patine ou couleur qu'ont affectée ces bronzes, et qui ne peut être le résultat de leur oxidation à l'air libre qu'autant qu'ils ont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

été décroûtés et décapés sur tous les points, comme le sont les statues et tous les bronzes de Versailles, sur lesquels un observateur attentif retrouvera les traces de la main du ciseleur.

Examinons maintenant les procédés employés pour fondre en sable d'un seul jet.

Pour cette opération, il faut un modèle en plâtre. Sur ce modèle on foule de petits blocs de sable de formes diverses, qui doivent s'arc-bouter réciproquement; ces petits blocs sont successivement ajoutés les uns à côté des autres, et battus jusqu'à ce qu'on suppose que tous les détails du modèle sont parfaitement empreints sur la surface en contact avec lui. On couvre ainsi toute la superficie du modèle, et l'on établit la chape, également par parties, pour la démonter facilement, et replacer dans leur véritable position tous les petits blocs de sable battus sur le modèle. Ce dépouillement du modèle exige de très grands soins et une attention soutenue, et, malgré ces soins et cette attention, il arrive toujours qu'on brise ou qu'on écorne une grande partie des blocs de sable en les retirant du modèle pour les replacer dans la chape, et qu'ils perdent ainsi l'exactitude des empreintes. Quand ces pièces sont mises en place et callées dans la chape, on remonte le moule pour y construire la carcasse du noyau et y fouler le sable de celui-ci. On démonte encore le moule pièce à pièce, qu'on replace dans la chape pour le tirage d'épaisseur, c'est-à-dire pour retirer au noyau, sur toute sa superficie, une couche de matière dont l'enlèvement donne l'emplacement du métal à couler.

On voit combien l'opération se complique, et combien les difficultés doivent augmenter avec la multiplication des noyaux isolés qu'il faut consolider en les rattachant à la chape, ainsi que toutes les pièces de rapport qui sont construites séparément et rattachées à cette même chape. Toute cette construction ne peut se faire qu'avec du plâtre, ainsi que la chape elle-même. Or, le plâtre gonfle en se solidifiant et déplace plus ou moins toutes les pièces du moule, ce qui détruit toute l'économie des précautions prises pour conserver la pureté de l'empreinte et l'exactitude du mouvement donné à l'œuvre par l'artiste.

La remise en place des noyaux exige qu'on leur donne une certaine entrée, ce qui détruit en divers points cette égalité d'épaisseur indispensable pour obtenir une belle fonte sans grippage. Les chances de cette grave défectuosité augmentent pour les grandes pièces, dont on est obligé d'augmenter proportionnellement l'épaisseur générale, condition qui exige l'emploi d'une quantité plus considérable de bronze, dont on ne peut élever, dans les fours, la tem-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pérature au même degré que dans les creusets, ce qui oblige à couler le métal dans un état pâteux qui ne lui permet pas d'épouser les formes du moule avec la même précision que lorsqu'on l'a amené à un état de liquidité suffisant.

Cet inconvénient, ainsi que celui qui me reste à signaler, est commun aux deux procédés ; mais le plus grave de tous est celui qui résulte du retrait du bronze sur lui-même au moment où il se solidifie, retrait qu'on estime généralement de 13 à 14 millimètres par mètre (1 ligne 3/4 à 2 lignes par pied). Les armatures en fer disposées à l'avance dans le moule pour consolider l'union des diverses parties de la pièce, ou la fixer sur son piédestal, ont, dans leur assemblage, toute la rigidité possible, et ne peuvent ni ne doivent céder à l'action de ce retrait. Il en résulte que c'est sur le bronze lui-même qu'agit cette force invincible, et que de nombreuses déchirures en sont presque toujours la conséquence, à moins que, par suite de certaines dispositions dans les conditions artistiques de la pièce, on ne trouve le moyen de laisser à certaines portions la faculté de se mouvoir dans le moule, pour suivre le retrait du métal, ainsi que l'a fait M. Soyer pour la statue du génie de la Liberté placé sur la colonne de Juillet, et qui aurait eu au jarret une ouverture de 25 millimètres d'écartement, si les choses n'eussent été disposées de manière à permettre au pied de la statue de retraiter sur le genou. Mais alors que devient, dans ce cas, l'exactitude, la fidélité du mouvement donné par l'artiste à son modèle?

En résumé, en supposant la réussite la plus complète, la réalisation la plus absolue des combinaisons du fondeur, les fontes d'un seul jet sont nécessairement accompagnées des conditions suivantes : changement de position de certaines parties de la pièce ou déchirure en certains points ; reparage et ciselure sur l'emplacement occupé par chaque branche de la forêt de jets et d'évents dont on est forcé de couvrir la pièce, et par conséquent perte absolue des détails et des finesses de la surface donnée par l'artiste à son modèle. Car nos artistes modernes, répudiant l'exemple des anciens, se refusent, avec raison peut-être, à travailler un métal très dur et rebelle à l'activité de leurs inspirations, quand ils ont l'argile et le plâtre pour rendre promptement leurs pensées, et toute la chaleur du sentiment qui les inspire. C'est alors à des ciseleurs plus ou moins habiles, plus ou moins fidèles à rendre les inspirations de l'artiste, qu'il faut s'adresser pour terminer une statue monumentale ; et l'on s'étonne que la grande fonderie soit de nos jours si inférieure en résultats aux travaux de ses devanciers !

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mais ces devanciers étaient-ils eux-mêmes aussi habiles qu'on veut bien le prétendre? Ecoutons, sur ce sujet, M. Héricart de Thury.

« On ignore combien de fois un monument a été manqué avant d'avoir été amené à son état de perfection. Falconnet fut obligé de recommencer sa statue de Pierre-le-Grand, à Saint-Pétersbourg, depuis les genoux du cavalier et le poitrail du cheval jusqu'au haut de la statue; le Louis XV de la ville de Bordeaux, fondu par Vavin, d'après le modèle de Lemoine, en 1739, fut manqué par suite d'un grave accident: le métal en fusion se répandit dans les terres après s'être porté dans les parties inférieures du moule de la statue et l'avoir en grande partie remplie; Bouchardon fut obligé de faire rétablir les formes délicates du cheval de sa belle statue équestre de Louis XV, qui avait été altérée dans sa partie inférieure; la statue du général Desaix, que nous avons vue sur la place Dauphine, adjugée pour 100,000 fr., le bronze non compris, fut manquée deux fois et n'en fut pas meilleure à la troisième; la colonne de la place Vendôme a été manquée dans une grande partie de ses bas-reliefs. Je pourrais citer plus de vingt statues ainsi manquées en tout ou en partie. Les personnes qui ont assisté à la fonte de la statue équestre de Henri IV, le 16 octobre 1817, peuvent se rappeler les anxiétés de Lemot, lorsque le fondeur Piggiani vint, tout consterné, lui témoigner ses inquiétudes sur l'agglomération des métaux par l'effet du refroidissement du fourneau, le feu le plus vif et le plus soutenu, dit M. de la Folie, qui a décrit toutes les opérations de cette fonte, ne pouvant les remettre en fusion. »

J'ajouterai que, tout récemment, M. Soyer a été obligé de recommencer le cheval de la statue du duc de Wellington, parce que, s'étant engagé à le fondre d'un seul jet, M. Marochetti ne voulut pas consentir à ce qu'on y rapportât une jambe mal venue à la fonte.

Telles sont les principales objections faites aux partisans de la fonte d'un seul jet des pièces monumentales, et dont j'ai emprunté la plus grande partie aux notes que m'ont fournies MM. Eck et Durand. On voit surtout qu'elles ont pour but de démontrer aux artistes que loin d'atteindre leur but, celui de conserver à leurs œuvres toutes les conditions du modèle, soit comme mouvement, soit comme surface, ce but est entièrement manqué, puisque non seulement le mouvement peut être considérablement modifié, mais que la surface tout entière a besoin du travail d'un ciseleur pour réparer les grippages, les déchirures, les défectuosités dues au déran-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gement et à la dégradation inévitables de nombreuses pièces du moule, et les traces des jets et des évents.

En acceptant ou en exigeant de pareilles conditions, les sculpteurs détruisent, sans s'en douter, les chances de trouver, dans le monument, les conditions artistiques qui leur feraient le plus d'honneur. Ils fatiguent en outre l'intelligence des fondeurs à tenter des impossibilités ruineuses pour qui s'en charge témérairement, et sans aucun profit pour l'art lui-même.

Le morcellement du modèle et la fonte de la pièce par parties détachées peuvent, il est vrai, amener dans les mains d'un monteur inhabile, la perte du mouvement et le dérangement des lignes ; mais nous avons vu plus haut que cet inconvénient était beaucoup plus certain dans la fonte d'un seul jet. Toute la question se réduit donc, pour l'artiste, à choisir un fondeur qui soit en même temps monteur habile, et à surveiller lui-même le montage de son œuvre.

En effet, le fondeur, laissé libre dans ses opérations, et ne demandant à son art que ce qu'il peut donner, dispose les portions de son modèle de manière à éviter tous les inconvénients signalés dans les deux autres procédés ; la surface extérieure de chaque fragment reste celle de l'artiste, parce que son peu d'étendue dispense de la cribler de jets et d'évents, dont une grande partie peut même être placée à l'intérieur de la pièce, lorsque celle-ci n'offre pas un contour fermé ; la liquéfaction plus complète du métal dans les creusets lui permet d'épouser plus exactement les détails délicats du moule ; les retraits se font régulièrement, parce que le fondeur peut découper ses lignes de séparation dans les points qui amèneraient des déchirures, et qu'il est tout-à-fait le maître de ses épaisseurs. Quant à la solidité du monument, que les adversaires du morcellement prétendent compromise, l'objection est tellement niaise, qu'elle mérite à peine qu'on s'y arrête, et qu'on fasse remarquer que des boulons et des écrous hermétiquement renfermés dans une capacité en bronze dont les joints ont été rendus plus qu'étanches par le refoulement de la matière, présentent au moins autant de solidité que des assemblages qui ont subi les influences de la température excessive produite par la cuisson du moule ou par la présence du bronze en fusion.

Parmi les fondeurs qui ont fait faire des progrès à leur art, se trouve incontestablement M. Soyer, aux travaux duquel M. Héricart de Thury a consacré un rapport très détaillé dans le *Bulletin de la Société d'encouragement*. Malheureusement, une grande partie des procédés qui lui sont attribués dans ce rapport sont revendiqués au nom des anciens fondeurs par les concurrents de M. Soyer. Telle

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

est, par exemple, la condition de placer, dans le bas du moule, les portions de la figure qui doivent avoir le moins d'épaisseur, pour éviter que leur refroidissement subit n'amène des déchirures entre elles et les portions plus épaisses où le métal est encore liquide. Tel serait encore l'emploi de rails en fer pour éloigner ou rapprocher les parties d'un moule, emploi qu'on m'a affirmé avoir été fait longtemps avant M. Soyer.

M. Soyer s'est chargé de la fonte du chapiteau de la colonne de Juillet, et a voulu le fondre d'un seul jet. Il avait à redouter la déchirure de cette pièce, dont le développement est considérable, au moment du retrait de la matière. Son noyau devait être assez solide pour supporter la pression de cette énorme masse, tant qu'elle serait liquide, et devait pouvoir céder au moment de sa solidification pour permettre le retrait de la matière.

M. Soyer a concilié ces deux conditions contradictoires en abreuvant abondamment d'eau le noyau après la coulée, pour lui faire perdre sa résistance, et le faire céder sous l'effort de contraction du bronze. La priorité de cette ingénieuse idée lui est également contestée par plusieurs fondeurs, qui prétendent l'avoir appliquée avant lui. Je n'ai cependant aucune certitude à cet égard.

Dans les premiers temps de son établissement, il avait pensé à remplacer la cire perdue, que la fusion fait pénétrer assez profondément dans l'épaisseur du moule, par du métal fusible à une température très basse. Cette idée, qui diminuait notablement les inconvénients de la fonte d'un seul jet, fut abandonnée à cause de l'opposition de ses associés, qui préférèrent les procédés déjà connus.

Malheureusement encore pour les prétentions de M. Soyer, cette idée se trouve consignée dans un brevet Lecour, du 3 mars 1812, consigné dans le tome VII, p. 39, du *Recueil des brevets expirés*, dans les termes suivants, que je reproduis pour l'utilité de ceux qui tiennent absolument à la fonte d'un seul jet, et qui ne seraient pas effrayés du prix du métal fusible, ni des frais d'une double fonte.

« Ce procédé consiste à substituer au moulage en cire perdue un métal moins fusible que la cire, présentant assez de solidité pour battre dessus le sable ou la terre, mais étant assez fusible pour le couler dans des moules de plâtre et de terre sans les endommager, et former le modèle des bas-reliefs ou statues qui offrent assez de ductilité au sculpteur pour être réparés par lui avant d'être moulés, et qui ne peut s'attacher à la terre ou potée en pénétrant dans leurs pores comme le fait la cire.

» Les avantages résultant de ce procédé sont :

» 1° D'économiser les onze douzièmes de temps employé pour le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moulage en cire, et de mettre les couches de potée avec une grande promptitude, puisque l'on peut porter ce métal à 55 et 60 degrés de chaleur sans qu'il se ramollisse, au lieu que sur la cire il faut que la potée sèche à l'air, ce qui rend cette opération extrêmement longue ;

» 2° Dans le moulage des grandes pièces, de pouvoir y battre un noyau en sable sans craindre de déformer le modèle, ou de le couler en plâtre et briques, et de le faire sécher promptement ;

» 3° D'éviter, dans le moulage en sable, toutes les pièces de rapport, dont le déplacement ou le retrait du sable laisse des coutures ou fentes qui se remplissent de métal et gâtent les formes que l'artiste a données à son modèle ; la solidité qu'offre le moule permet de battre le sable autour et au-dessus sans le déformer ;

» 4° De se dispenser de mettre en potée, et de substituer une préparation de plâtre et de terre, ou de la terre à mouler ordinaire, et de la battre en dedans et en dehors, ce qu'on ne peut faire sur la cire ;

» 5° Enfin, de fondre et couler une pièce aussitôt moulée, sans craindre l'humidité, l'eau étant totalement vaporisée par la chaleur de 70 à 80 degrés qui est nécessaire pour la sortie du modèle que l'on peut aussitôt remplacer par la coulée du cuivre, du bronze ou du fer, ce qui contribuera à éviter les accidents que peut causer la malveillance d'un ouvrier qui, en jetant dans le moule une petite boule de terre humide, ferait manquer l'opération, et d'empêcher le gaz hydrogène d'occuper la place de la cire..... »

Voici quelles sont, d'après le rapport de M. Héricart de Thury, les autres perfectionnements dus à M. Soyer, et sur lesquels je n'ai pas rencontré de réclamation de priorité.

« M. Soyer avait souvent remarqué que la courbe que suivent la flamme, les étincelles et la fumée, en partant du foyer pour se diriger par dessus l'autel vers le nez du fourneau, ne répondait nullement à celle que l'on donne communément à la voûte des fourneaux à réverbère, et que cette courbe, se rapprochant fortement de la sole, semblait courir à la surface en la rasant seulement. Il essaya, en conséquence, d'abaisser la voûte pour la rapprocher de la sole, et il eut tout lieu de s'applaudir de cette innovation, puisque les mêmes fontes qui, dans les fourneaux des anciennes fonderies, exigeaient de vingt-cinq à trente heures, et une dépense de vingt-cinq à trente voies de bois, tandis qu'elles ne consommaient dans ses premiers fourneaux que deux voies et demie de charbon en dix heures de temps, ne consomment plus, depuis les derniers changements, qu'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

voie de charbon seulement, et que les opérations ne durent plus que six heures au lieu de dix. »

Pour ne pas refroidir son bain en introduisant successivement les lingots d'alliage par une porte du four dans laquelle l'air s'engouffre, M. Soyer a imaginé de placer les lingots sur la voûte du four, où ils s'échauffent d'abord, et d'où il les fait tomber dans le bain par un trou pratiqué à cet effet.

Il a supprimé les ringards en fer par lesquels on brassait autrefois la fonte, et qui, y laissant une partie de leur matière, altéraient la pureté de l'alliage, et il a remplacé dans le même emploi les perches de bois blanc, par des perches de bois très lourd qui s'enfoncent plus facilement dans le bain, et dont l'humidité, en faisant bouillonner le métal, opère plus rapidement le mélange de l'alliage.

Il est important de donner à la coulée toute la facilité possible de parcourir les diverses cavités du moule. Dans beaucoup de cas, la présence de l'air est un obstacle insurmontable au remplissage de certaines portions. M. Soyer a cherché à raréfier, autant que possible, l'air intérieur du moule, en disposant, sur l'ouverture de chacun des évents, des tampons de coton imbibés d'alcool, et communiquant l'un à l'autre par des guirlandes de ouate sèche, correspondant avec le bassin, et auquel le bronze met le feu au moment de la coulée. Il en résulte la raréfaction énergique de l'air intérieur du moule, et une beaucoup plus grande facilité à la matière de pénétrer dans toutes les cavités.

Dans quelques fonderies, notamment chez MM. Eck et Durand, ce résultat est obtenu au moyen de flambeaux, dont la flamme est placée à l'avance au-dessus des évents.

Enfin, mais sur ce point le rapport n'est pas assez explicite pour qu'on en comprenne bien le *pourquoi* et surtout le *comment*, M. Soyer, « pour remédier aux fuites de métal généralement si fréquentes, et causes principales du manque de fontes... réduit à deux pièces seulement le nombre autrefois si considérable des pièces dont se composaient les moules des grandes statues. Ces deux pièces prennent, l'une le devant, l'autre le derrière du sujet. Elles sont disposées de manière qu'en s'appuyant l'une sur l'autre, le point de contact soit dans toute la hauteur du modèle; puis il réunit ces deux pièces l'une à l'autre par des boulons... traversant le moule de chaque côté du modèle... On établit ensuite à 16 centimètres du modèle, dans chaque côté du moule, de haut en bas, une rainure placée de manière qu'elles se correspondent parfaitement toutes les deux dans leur longueur. Une autre rainure semblable, traversant les deux premières, est pratiquée dans le bas du moule. Par ce

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moyen, toutes les coutures se trouvent coupées par un creux de 0m,040 de largeur et 0m,080 de profondeur. Une fois le moule serré et bien boulonné, on remplit de sable de Fontenay, médiocrement frais, qu'on foule à refus. Dans cet état, le moule n'a plus besoin d'enterrage (avantage immense); l'air, qui, dans l'ancien procédé, servait au bronze d'auxiliaire pour lui livrer un passage, l'arrête au contraire en se plaçant dans l'espace de l'intérieur du moule à la rainure. »

J'allais oublier l'établissement des moules sur des grilles qui peuvent s'élever à volonté au-dessus du fond de la fosse, et sous lesquelles un fourneau volant est placé pour accélérer la dessiccation des moules.

Dans la discussion à laquelle je viens de me livrer, j'ai considéré comme les principaux représentants des deux systèmes mis en présence, M. Soyer et MM. Eck et Durand. Le premier est partisan exclusif des fontes d'un seul jet, et je me hâte de reconnaître qu'il s'est souvent tiré à son honneur de difficultés qui auraient fait reculer les plus vieux praticiens; mais, trop fréquemment aussi, il a subi les conséquences désastreuses que j'ai signalées plus haut.

MM. Eck et Durand, plus récemment entrés dans la carrière de la grande fonderie, mais qui ont pris une part très active au succès de leur maison, lorsque, sous le nom si justement estimé de Richard, elle livrait, soit aux amateurs, soit au commerce, ces petits bronzes si purs auxquels le ciselet n'a jamais touché, MM. Eck et Durand, auxquels j'ai fait plus haut de nombreux emprunts, ont donné d'admirables preuves à l'appui de leur système dans la fonte des portes de la Madeleine, dans celle des statues de Molière, de Duquesne, et enfin dans le Louis XIII en argent de M. le duc de Luynes.

J'arrive maintenant sur le terrain qui, de tous ceux qu'il m'a été donné d'explorer dans ces *études techniques*, est celui que je connais le mieux, et cependant aussi celui où se présentent pour moi le plus de difficultés. Ceux de vos lecteurs qui possèdent les tomes XI et XII de la première série de la *Revue scientifique* ont déjà compris qu'il s'agit d'*électrotypie* ou de *galvanoplastie*, peu importe le mot, et que la force des choses m'oblige ici à rentrer dans l'arène où je suis déjà descendu à votre prière. Que ceux-là se rassurent, je ne céderai point à la tentation de reproduire ici tous les arguments, toutes les considérations au moyen desquelles j'ai prouvé alors que les procédés si vantés de MM. Elkington et de Ruolz, pour l'application électrochimique des métaux les uns sur les autres, avaient été découverts par moi bien avant eux, et que,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

soit comme principes, soit comme conditions pratiques, ils n'avaient rien fait qui ne fût depuis longtemps dans mes brevets.

Je me bornerai à rappeler en quelques mots qu'au moment où j'ai décrit, dans mes premiers brevets, les conditions fondamentales de la réduction des métaux à l'état continu, au moyen des forces électriques, il n'y avait de publié sur cette matière qu'une lettre de M. Jacobi à M. Faraday; lettre qui, traduite, dans le *Philosophical Magazine*, de l'allemand en anglais, était alors absolument inintelligible, le traducteur, qui ne connaissait pas la question, ayant confondu deux procédés bien distincts, et les ayant présentés de manière à faire croire qu'ils n'en faisaient qu'un, ce qui rendait absolument impossible la reproduction des phénomènes annoncés; qu'on connaissait encore un mémoire de M. Spencer, dont la plupart des prescriptions reposaient plutôt sur des projets d'expériences que sur des expériences faites, et qu'il s'est empressé de publier pour éviter le soupçon de plagiat, lorsque les vrais procédés de M. Jacobi seraient connus; qu'enfin, après avoir perdu beaucoup de temps à appliquer sans succès les procédés décrits par M. Spencer, j'ai successivement obtenu, par des procédés qui me sont propres, et qui sont consignés dans mes brevets, les divers résultats qui figuraient à l'exposition, non seulement sous mon nom, mais encore sous celui de plusieurs autres.

Le malheur a voulu que cette nouvelle branche d'industrie présentât un grand attrait de curiosité, et qu'aussitôt que les procédés généraux en furent connus, une foule d'amateurs, sous prétexte d'amusement, d'expériences scientifiques, se mirent à la besogne, et inondèrent bientôt Paris de petits chefs-d'œuvre, fruits de leurs loisirs.

Il en est résulté l'opinion presque générale que ces procédés sont du domaine public : ceux qui savent le contraire se gênent peut-être moins que les autres, sous le prétexte qu'ils ne voient pas pourquoi il leur serait interdit de faire ce que tout le monde fait, application plus fréquente qu'on ne le croit de la fable du *Chien qui porte le dîner de son maître*.

Tant que ces empiétements se sont bornés aux amateurs, il n'était guère possible de les arrêter, bien qu'ils missent un obstacle presque absolu à la vente de mes produits, vulgarisés par l'apparente facilité de leur fabrication.

Je dis apparente, parce que la plupart des amateurs se bornant à reproduire des médailles, dont l'exécution n'exige que des soins ordinaires, on n'attacha aucune importance aux reproductions d'après des plâtres, des camées, etc., etc., auxquelles je m'étais particuliè

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rement attaché, et qui exigent des précautions infinies pour les obtenir avec toute la pureté du modèle.

Mais bientôt surgirent des concurrents réellement industriels. Le premier fut M. Soyer, dont j'ai parlé plus haut, et qui était alors associé à MM. Ingé.

Ceux qui connaissent M. Soyer ont dû s'étonner de voir tout-à-coup se révéler en lui les connaissances théoriques que suppose l'application de l'électricité à la réduction des métaux à l'état continu, et se poser en inventeur du nouvel art, qui, cependant, avait déjà fait quelque bruit dans le monde; car les premiers produits sortis de ses mains ont été présentés à la séance générale de la Société d'encouragement du 12 août 1840. Or, dans cette même séance, la Société me décernait une médaille de platine pour l'invention des mêmes procédés, dont elle avait pris connaissance depuis plusieurs mois.

La vérité est que, quelques jours auparavant, était arrivé à Paris un ancien préparateur de M. Jacobi, auquel MM. Soyer et Ingé avaient tout bonnement acheté ce qu'il savait sur l'électrotypie, et qu'ils se hâtèrent de s'en assurer la propriété exclusive par un brevet dont la rédaction prouve l'ignorance la plus absolue des premiers éléments de la matière. Quelques données vaguement pratiques des opérations à faire, voilà tout ce que ces messieurs savaient.

Quoi qu'il en soit, un ami commun intervint, et nous engagea à réunir nos prétentions. J'y consentis, non parce que le brevet de M. Soyer pouvait avoir quelque valeur, mais parce que sa réputation d'habile fondeur pouvait donner l'essor convenable à la nouvelle industrie, mieux placée dans un établissement déjà fondé que dans mes mains, à moi qui n'ai ni le goût ni l'habitude des opérations commerciales.

Mais quelques jours s'étaient à peine écoulés que mes associés, qui, en échange des trois quarts de bénéfices que je leur avais abandonnés, devaient faire les frais de l'exploitation, et me payer une prime de 5,000 fr. pour m'indemniser de mes travaux, me déclarèrent qu'ils ne pouvaient marcher sans bailleur de fonds; ils me présentèrent comme tel l'ami commun qui nous avait fait faire la première transaction, et une autre personne qui s'était réunie à lui pour former une cinquième part dans la société. Je dis une cinquième part, parce qu'il se trouva que mon ignorance en affaires me fit laisser rédiger le nouvel acte d'association, de manière que je m'y trouvai bailleur de fonds au même titre que les autres, lorsque j'avais cru ne faire qu'un prêt des sommes qui m'étaient allouées comme pots-de-vin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enfin on se mit à l'œuvre. M. Soyer, chargé spécialement des opérations matérielles de la fabrication, ne voulut rien me devoir en cas de succès, et se refusa constamment à suivre aucune des indications que me suggérait mon expérience. Il déclara ne pas vouloir lire mes brevets, afin de rester constamment libre dans ses inspirations. La porte de nos ateliers fut impitoyablement fermée à ceux de mes amis qui m'avaient aidés dans mes premières recherches; mais, en cachette, on faisait une exception en faveur de M. Sorel, qui y multipliait des expériences dont il brevetait, pour son compte, les résultats que M. Soyer s'attribuait devant ses associés, et que je démontrais immédiatement exister dans mes brevets antérieurs.

Il arriva pourtant une fois que M. Soyer nous annonça un fait nouveau. C'était la découverte d'une poudre métallisante destinée à rendre conductrice la surface des plâtres. Cette poudre est formée d'un alliage de cuivre et de zinc, ce dernier dans de très grandes proportions, ce qui rend la matière très friable et susceptible d'être amenée à l'état de poudre très fine. Ayant constaté dans les ateliers de M. Soyer que l'emploi de cette poudre, à la surface des plâtres, déterminait un dépôt abondant du cuivre aussitôt que la pièce était plongée dans le bain sous l'influence du courant électrique, je m'empressai d'en reconnaître le mérite et la nouveauté; et, comme j'allais prendre un nouveau certificat d'addition pour les résultats de mes propres expériences, j'y consignai cette découverte, en ayant bien soin de l'attribuer à M. Soyer, qui y donna son assentiment, tandis que M. Sorel la brevetait aussi de son côté.

Malheureusement, je m'étais trop hâté de reconnaître qu'au moins une fois M. Soyer avait trouvé quelque chose de bon. Mais, pour bien comprendre ce qui va suivre, il est nécessaire que j'entre dans quelques détails préliminaires.

La base la plus réelle de la réputation de M. Soyer est son incontestable habileté comme ciseleur, et la patience persévérante avec laquelle il sait caresser les détails les plus délicats d'un morceau de sculpture. Je puis citer à ce sujet une épaulette d'un buste du roi sur laquelle, depuis plus de dix ans, outre son travail personnel, il a occupé presque constamment les plus habiles ciseleurs de son atelier.

Eh bien, en électrotypie, ce goût du fini absolu, de l'extrême précision des détails, a complétement abandonné M. Soyer. Malgré mes représentations, et peut-être à cause d'elles, il s'est presque exclusivement occupé de recouvrir de cuivre électrique des modèles en plâtre, auxquels il donnait ainsi l'apparence du bronze. Or,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en supposant toutes les précautions prises pour obtenir, sur toute la surface, un dépôt d'égale épaisseur, il n'en résultera pas moins une altération notable dans les rapports de grandeur entre les diverses parties du modèle, dans les points où une certaine précision est nécessaire. Prenons l'œil pour exemple. L'addition de la couche de cuivre pourra bien n'amener aucune différence dans la saillie des paupières sur le globe de l'œil, puisqu'une même épaisseur les recouvrira ; mais cette même épaisseur se sera en même temps ajoutée au-dessous de la paupière supérieure et au-dessus de la paupière inférieure, de manière à diminuer, du double de cette épaisseur générale, la distance entre les deux paupières ; ce qui, pour les petites pièces, ne permet d'appliquer qu'une couche très mince, sous peine d'une déformation qui en fait de véritables caricatures.

Quoi qu'il en soit, M. Soyer, s'obstinant à faire principalement des couvertures, et sa qualité de directeur de la société lui donnant ce droit, l'invention de la poudre en question paraissait présenter un avantage incontestable à cause de la rapidité avec laquelle le dépôt recouvrait toutes les parties de la pièce.

Je voulus l'appliquer moi-même dans mon expérimentation, mais en exécutant une pièce entièrement métallique, et non une couverture. Retirée du moule, cette pièce n'offrit qu'une surface piquetée, galeuse, et qui n'offrait avec l'original qu'une ressemblance de beaucoup inférieure à la plus mauvaise fonte.

Étudiant alors plus complétement les propriétés de cette poudre, je reconnus que le zinc, dont elle était formée en grande partie, agissait directement, et sans l'intervention d'une force électrique, comme métal réducteur sur le sulfate de cuivre, et se transformait en sulfate de zinc, tandis qu'une couche mince de cuivre se déposait sur la surface du plâtre en emprisonnant la couche liquide de sulfate de zinc.

Ceux de vos lecteurs qui voudront bien recourir à ma lettre sur l'électrotypie, publiée dans le tome XI de la *Revue*, y verront par quelles causes les points d'un moule les plus éloignés de l'électrode positif reçoivent difficilement le dépôt. Or, dans les statuettes que M. Soyer recouvrait de cuivre, le point de jonction des deux cuisses présente fréquemment cette condition ; de sorte qu'il n'était pas rare de trouver, en ce point, une solution de continuité. La statuette, retirée du bain, et parfaitement séchée à l'extérieur, n'en avait pas moins, pour me servir de l'expression pittoresque de M. Soyer, entre cuir et chair, une couche liquide de sulfate de zinc qui trouvait son écoulement naturel par la solution de continuité

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en question. Il en est parfois résulté de singuliers effets, et la nécessité de retirer ces statuettes des montres où elles étaient exposées pour éviter l'application de l'art. 330 du Code pénal.

Enfin, M. Soyer se décida à aborder franchement les pièces entièrement en cuivre. Il choisit, pour son début, un Christ de deux mètres, et dont le corps fut exécuté de deux coquilles. Malheureusement, il accepta, pour l'une d'elles, et malgré mes observations, comme sulfate de cuivre convenable, un liquide de dérochage dont l'un de nos associés voulait se débarrasser, et qui ne lui donna qu'un dépôt spongieux, criblé comme une écumoire, qu'il crut consolider par un nouveau dépôt obtenu d'un sulfate mieux préparé.

La pièce sortit du moule galeuse sur toute sa surface, et exigea une ciselure beaucoup plus coûteuse que ne l'eût demandée une fonte ordinaire. L'autre coquille et les deux bras réussirent beaucoup mieux, mais réclamèrent toutefois de nombreuses retouches. Cette pièce figurait à l'exposition.

Quelque temps après, M. David lui confia les quatre bas-reliefs de la statue de Guttemberg, à Strasbourg, et consentit à ce qu'il les exécutât en cuivre électrique.

Les moules de ces pièces étaient à peine commencés que, pour des motifs que j'exposerai plus loin, j'ai rompu mon association avec M. Soyer; mais de fréquentes entrevues m'ont permis de juger des conditions employées par lui dans ce travail, et de constater les causes de son insuccès.

Ces bas-reliefs ont une très grande saillie, et sont profondément fouillés. Il était évident pour moi que leur dépôt dans un moule en plâtre seulement métallisé présentait des impossibilités matérielles contre lesquelles on devait inévitablement échouer. Ceux de vos lecteurs qui possèdent le tome XI de la *Revue scientifique* y trouveront complétement déduits les motifs de ces craintes, et les considérations qui me portèrent à engager M. Soyer à faire un dépôt très mince sur les reliefs eux-mêmes, et à faire servir ce dépôt de moule au dépôt définitif.

Mais il suffisait que je proposasse un procédé pour que l'amour-propre de M. Soyer le rejetât immédiatement. Il se décida donc à opérer son dépôt dans les moules en plâtre.

Ce que j'avais prévu arriva : la plupart des nombreuses cavités de ces moules ayant plus de profondeur que d'ouverture, la résistance que le courant rencontrait dans l'épaisseur de la couche liquide, depuis l'électrode positif jusqu'au fond de ces dépressions, étant énormément plus grande que celle qui lui était opposée par la couche liquide interposée entre ce même électrode et les bords des

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cavités, il en résulta que ces bords seuls se couvrirent franchement du dépôt, qui ne s'étendit que très lentement dans les cavités, au fond du plus grand nombre desquelles il manqua tout-à-fait, malgré la précaution indiquée dans mes brevets de diminuer cette résistance au moyen de tiges de cuivre pénétrant dans ces mêmes cavités.

Or, les points les plus profonds d'un moule sont évidemment les points les plus saillants du modèle, et il fallait à tout prix y déterminer l'arrivée du dépôt. Que faisait M. Soyer pour y parvenir? Il vidait son moule du sulfate de cuivre qu'il contenait, remétallisait les portions où le dépôt n'existait pas, puis recommençait l'opération électrique. Mais l'exposition à l'air du dépôt humide déjà obtenu en oxidait la surface, ce qui empêchait toute adhérence entre l'ancien dépôt et le nouveau ; et, comme ces visites dangereuses étaient fréquentes, il en résulta que l'épaisseur totale se composa de couches très minces sans adhérence entre elles, et venant toutes affleurer, dans une étendue plus ou moins grande, la surface des parties les plus saillantes des bas-reliefs, dont la dernière sommité ne présentait qu'une très mince pellicule de cuivre.

L'idée de décaper la première couche pour en obtenir l'adhérence avec la seconde n'était pas admissible, parce que ce décapage eût enlevé la métallisation des points non encore recouverts, et qui n'auraient pu alors recevoir le dépôt.

Quoi qu'il en soit, à l'aide d'une adroite ciselure, de nombreux tampons de mastic qui, à l'intérieur, cachaient le manque d'épaisseur, et surtout d'une forte couche de vert antique, les bas-reliefs parurent irréprochables ; ils furent acceptés et placés sur les faces du piédestal.

Malheureusement M. Soyer avait compté sans l'intolérance religieuse.

L'un des bas-reliefs avait, pour sujet, Luther. Les dévots de Strasbourg ne voulurent pas de la sculpture hérétique, qui fut remplacée par un autre bas-relief fondu par MM. Eck et Durand.

En attendant ce remplacement, le piédestal fut recouvert de toiles qui cachaient les bas-reliefs, et maintenaient sur eux, après chaque pluie, une humidité beaucoup plus oxidante que le lavage direct des eaux du ciel, rapidement vaporisées par l'action du soleil et celle du vent.

Lorsqu'on enleva les toiles, on trouva un étrange mécompte : l'humidité avait rapidement augmenté l'oxidation aux lignes de jonction des couches nombreuses qui, comme je l'ai dit, affleuraient la surface des principales saillies, dont l'aspect était le plus déplo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rable. Mais ce fut bien pis lorsqu'après l'enlèvement du bas-relief hérétique, on reconnut qu'il était criblé comme une écumoire, et que les parties les plus saillantes, celles qui étaient le plus exposées aux chocs, avaient souvent à peine l'épaisseur d'une mince feuille de papier.

Le rejet de tous les bas-reliefs fut la conséquence de cette fâcheuse découverte, et M. Soyer dut en recommencer la fonte en bronze ordinaire.

Si, au lieu de n'écouter que son orgueilleuse susceptibilité, M. Soyer eût bien voulu suivre le conseil que je lui avais donné de faire d'abord un moule mince en cuivre électrique sur le modèle lui-même, il eût obtenu avec une extrême facilité des pièces parfaitement uniformes d'épaisseur, sans la moindre trace d'oxidation, ainsi que de nombreuses expériences me l'avaient appris pour des cas analogues, dont j'ai exposé la théorie, page 177 du volume précité.

Si cet échec n'eût porté préjudice qu'à la bourse de M. Soyer, je n'aurais pas autant insisté sur les causes qui l'ont amené; mais il porte un coup mortel à une industrie que j'ai créée, et qui, de longtemps peut-être, ne se relèvera des préventions dont elle est aujourd'hui l'objet parmi les artistes, qui mettent sur le compte du procédé les fautes de l'opérateur.

Et cependant c'est après cet échec que M. Soyer se présentait aux membres du jury de l'exposition qui ne faisaient pas partie de la commission spéciale chargée de juger les questions d'électrotypie, et parvenait à persuader à quelques uns que seul il avait créé cette industrie en France, que seul il lui avait fait faire des progrès, et que je n'étais que le plagiaire de ses découvertes. Heureusement que la vérité put se faire jour à temps, et que les prétentions plus qu'étranges de M. Soyer tournèrent à sa confusion, le jury ayant entièrement passé son nom sous silence, tandis qu'il me décernait une médaille d'argent, et qu'un amateur, M. Hulot, obtenait une médaille de bronze.

Mais revenons à notre association. On a vu plus haut que, pour moi, la place n'était pas tenable. Cependant je patientais, pensant qu'à la fin mes autres associés préféreraient suivre une route explorée dont les dangers étaient jalonnés, à la course aventureuse de M. Soyer. Je me trompais : on avait en vue un autre genre de spéculation, dont le début fut le départ de M. Soyer avec un autre intéressé, et la vente, en Bavière, des procédés que j'avais apportés dans la société.

Ces faits ne me furent révélés qu'après leur accomplissement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et par l'offre de moins d'un dixième du prix de la vente. Sur mon refus d'acquiescer à cette vente, on me signifia de livrer mes brevets pour remplir les conditions du marché. J'y répondis par une demande en dissolution de société, qui fut accueillie par le tribunal de commerce. Il s'ensuivit une liquidation orageuse qui se termina enfin par une transaction, en vertu de laquelle M. Soyer est autorisé, moyennant prime à mon profit, à exécuter des pièces en cuivre électrique, dont les dimensions ne seraient pas inférieures à un mètre de surface.

C'est pendant cette liquidation que se formulèrent les prétentions de MM. de Ruolz et Elkington ; et, comme la propriété de mes brevets m'était contestée par mes anciens associés, il y eût eu de ma part plus que de l'imprudence à faire valoir hautement mes droits auprès de l'Académie, et à donner à mes brevets une valeur que mes adversaires n'y soupçonnaient pas, n'ayant jamais voulu prendre la peine de les lire. Mais je reviendrai plus loin sur ce sujet.

Pendant tous ces débats, mes expériences personnelles continuaient ; j'obtenais sur plâtre, sur cire, des empreintes en cuivre d'une pureté absolue ; les écoles en grand de M. Soyer confirmaient ou modifiaient les lois que me révélaient les phénomènes obtenus dans le laboratoire. Je parvenais, sans faire courir aucun risque à la planche originale, à produire, avec elle, plusieurs planches en taille-douce, propres à en centupler le tirage ; mais en même temps je constatais un phénomène commercial qui jusqu'alors m'avait paru un paradoxe : c'est que les principaux obstacles aux progrès d'une industrie viennent de ceux qui en vivent.

En voyant à quel prix se vendent les premières épreuves d'une belle gravure, je m'étais persuadé que les éditeurs d'estampes précieuses par le talent et le nom du graveur, accueilleraient avec empressement un procédé qui, en conservant la virginité de la planche originale, permet de tirer un nombre indéfini d'épreuves de premier choix, et de mettre ainsi, à la portée du plus grand nombre, des chefs-d'œuvre auxquels ne peuvent atteindre que quelques amateurs. Je ne tardai pas à être détrompé. Mes premières démarches me révélèrent la plus invincible répugnance pour tout ce qui pouvait tendre à abaisser le prix des épreuves dites *avant la lettre*. J'appris là que le véritable mérite d'une épreuve est uniquement dans sa rareté, et que ces généreux amateurs qui se parent du titre de protecteurs des arts, parce qu'ils couvrent d'or certains chefs-d'œuvre, n'en voudraient pas pour rien, s'ils devaient en partager la jouissance avec la foule.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Appliquée à l'imagerie, cette reproduction serait sans but, parce qu'alors le prix d'une nouvelle gravure n'est pas de beaucoup supérieur à celui de la reproduction électrotypique. Je ne peux guère espérer, dans les circonstances actuelles, la faire appliquer à ces gravures qui tiennent le milieu entre l'imagerie proprement dite et les travaux des maîtres de l'art, et qui sont destinés à orner les publications illustrées, ces publications exigeant une promptitude d'exécution incompatible avec la lenteur forcée des dépôts électriques.

Voilà, comme vous le voyez, deux applications importantes, capitales, résultats de mes incessantes et pénibles recherches, qui changeront complétement, dans l'avenir, les conditions actuelles de la sculpture et de la gravure, et qui, jusqu'à présent, n'ont été pour moi qu'une cause de ruine et de désappointements successifs.

La plupart de vos lecteurs savent déjà que j'ai été moins heureux encore sur un troisième terrain, plus important, celui de l'application des métaux les uns sur les autres, en d'autres termes, sur la question de la dorure ou de l'argenture électrique, qui, aujourd'hui, est non seulement exploitée, au mépris de mes droits, par des personnes dont les brevets sont de beaucoup postérieurs aux miens, mais qui, encore, donne lieu à de nombreux procès entre ces personnes et d'autres contrefacteurs ; procès dans lesquels les adversaires, d'un commun accord, font bon marché de ma propriété, qu'ils prétendent dans le domaine public, et ne luttent entre eux que sur l'emploi des cyanures alcalins, comme dissolvants de l'or et de l'argent.

Que vos lecteurs me permettent un moment d'examiner la question au point de vue de ces dissolvants, dont on réclame la propriété au nom de MM. Elkington et de Ruolz.

Mon brevet principal, pris sous la date du 26 février 1840, porte le titre suivant :

Nouvelles dispositions ayant pour but la production, en un métal quelconque, *et principalement en cuivre, soit par des procédés de fonte ou de clichage, soit par des procédés électrochimiques, de toute espèce de formes ; procédés et dispositions* applicables à diverses industries, *notamment à la gravure en taille-douce ou en relief, à la typographie et à la sculpture.*

Ne résulte-t-il pas formellement de cet énoncé, comme première conséquence, que les procédés que je brevetais alors sont applicables à l'or et à l'argent, qui sont évidemment des *métaux quelconques?*

N'est-il pas encore évident, pour tous ceux qui ont la moindre notion des sciences naturelles, que l'application des procédés élec-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tro-chimiques à la production métallique de certaines formes, ne peut avoir lieu qu'à la condition d'employer des sels solubles des métaux dont on veut exécuter ces formes ?

N'est-il pas non moins évident que tous les sels solubles d'un *métal quelconque*, et toutes les combinaisons de ces sels, connus et publiés à l'époque du 26 février 1840, rentrent dans ma propriété, et que seul j'ai le droit de m'en servir?

Eh bien ! qu'on ouvre Berzélius, édition de 1831, t. IV, p. 471, et on y lira :

« D'après Ittner, le cyanure aurique se dissout en orange dans les dissolutions des cyanures des métaux alcalins. »

Plus loin, même page :

« Le sulfocyanure aurique se dissout, tant dans le sulfocyanure potassique que dans l'ammoniaque. »

Même volume, page 400 :

« D'après Liebig, le chlorure argentique forme un sel double avec le cyanure potassique : le premier est dissous par une dissolution de ce dernier. »

Page 403 :

« Le cyanure argentique, traité par les cyanures potassique, sodique...., forme avec eux des dissolutions incolores. »

Vingt autres traités de chimie m'ont donné les mêmes éléments d'action.

Dès le 26 février 1840, j'avais donc acquis le droit exclusif d'employer les dissolutions ci-dessus à la réduction électro-chimique de l'or et de l'argent, et c'est ce que je n'ai pas tardé de faire, mais sans succès, et voici pourquoi.

Mes premières expériences, comme cela était tout naturel, portèrent sur le cuivre, d'abord parce que c'était sur ce métal qu'avait travaillé M. Jacobi, et que j'avais, par là même, la certitude absolue que le but pouvait être atteint avec lui ; en second lieu, parce que voulant, avant tout, expérimenter des conditions générales, en poussant à leurs limites extrêmes tous les phénomènes qui se présenteraient à moi, il était beaucoup plus économique d'employer à ces recherches le métal le moins coûteux, pour appliquer ensuite les lois générales qu'elles m'auraient révélées à la réduction des métaux précieux.

Lorsque je me fus rendu maître des principales conditions au moyen desquelles on peut obtenir la réduction du cuivre à l'état continu, j'essayai de les appliquer à l'or et à l'argent, en me servant des dissolutions indiquées plus haut, mais sans pouvoir obtenir aucun résultat utile, une poudre noire d'or ou d'argent, ou de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gros cristaux sans cohésion, se montrant constamment au lieu d'un dépôt continu.

Cet insuccès tenait particulièrement à mon ignorance d'une loi qui ne s'est révélée à moi qu'à la suite de longues et coûteuses expériences.

Cette loi peut se formuler ainsi :

La quantité d'électricité doit être proportionnelle à la stabilité du sel employé et à sa solubilité.

Or, la réduction du cuivre à l'état continu, notamment quand on emploie le sulfate de ce métal, admet une certaine brutalité d'action qui rend à peu près indifférent, pour le résultat, que la quantité d'électricité développée soit grande ou petite.

Il n'en est pas de même pour les sels d'or et d'argent, qui ne permettent leur réduction régulière que dans des limites très restreintes de variation dans les quantités d'électricité employée.

Aussi ne s'étonnera-t-on pas d'apprendre que, tant que je n'ai pas connu cette loi importante, tous les essais que j'ai pu faire pour la réduction de l'or et de l'argent aient absolument manqué, parce que la quantité d'électricité que j'employais dans ces essais était toujours trop forte.

Comme, dans l'ignorance de la loi précitée, j'attribuais mon insuccès à la nature des sels que j'avais employés, on comprendra que non seulement je n'aie pas parlé des cyanures dans mes premiers brevets, mais encore que je n'y aie pas fait mention de mes tentatives pour réduire l'or et l'argent.

Enfin, de nombreuses expériences m'ayant mis sur la voie, j'obtins des résultats suffisamment décisifs, et j'écrivis les deux paragraphes suivants dans un certificat d'addition du 15 janvier 1841.

« Quelques essais pour obtenir des dépôts métalliques d'argent et d'or m'ont assez bien réussi pour que j'en consigne ici le principe, qui consiste à se servir, soit d'un appareil du genre de celui de Clarke, soit d'une pile très faible pour déterminer un courant électrique, dont le circuit est fermé par le *sel métallique dissous* dans lequel plongent à la fois le moule et une *pièce du métal dont le sel est formé*.

» La faiblesse du courant est une condition essentielle à la formation d'un dépôt continu, et tout fait présumer qu'il doit être d'autant plus faible que le sel dissous est moins concentré. »

Ceux de vos lecteurs qui possèdent le tome XI de la *Revue scientifique* y verront, pages 196 et suivantes que, le 29 septembre 1840, M. Elkington a pris pour la dorure et l'argenture deux brevets dans lesquels se trouvent décrits des formes d'appareils et des pro-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cédés d'opération identiques avec ceux que j'avais brevetés bien antérieurement. Les sels qu'il y désigne sont les oxides d'or et d'argent dissous dans le cyanure de potassium. Mais ses appareils, que depuis longtemps j'avais répudiés, même pour la réduction du cuivre, sont industriellement inapplicables à la réduction des sels d'or et d'argent, surtout parce qu'il est presque impossible de proportionner la quantité d'électricité qu'ils fournissent soit à la quantité toujours décroissante du métal dans le liquide, soit à la surface des pièces qui doivent recevoir le dépôt. Rien dans les deux brevets de M. Elkington n'indique les conditions à remplir pour obtenir un résultat satisfaisant, et je me fais fort de faire manquer quatre-vingt-dix-neuf essais de dorure sur cent, tout en exécutant à la lettre les prescriptions des deux brevets du 29 septembre 1840, soit en me bornant à ne pas laisser s'établir les rapports de grandeur indispensables entre l'élément positif et les pièces à recouvrir, soit en donnant au liquide excitateur une énergie trop grande.

Les deux brevets de M. Elkington ne font pas la moindre allusion aux précautions à prendre, aux conditions à remplir. Était-ce ignorance de ces conditions, était-ce calcul ? C'est ce que je ne déciderai pas.

Mais, calcul ou ignorance, ce brevet tombe d'abord sous le coup des paragraphes 1 et 2 de l'article 16 de la loi du 7 janvier 1791, sous l'empire duquel il a été pris, ou du paragraphe 6 de l'art. 30 de la nouvelle loi du 8 juillet 1844, parce qu'il n'énonce pas tous les moyens de fabrication qu'il devrait comporter, et qu'en le suivant à la lettre, l'opérateur est exposé à manquer presque toujours les résultats obtenus dans l'atelier du breveté.

Les appareils qui s'y trouvent décrits sont en outre la contrefaçon positive de ceux que j'avais décrits antérieurement dans mes brevets, comme applicables à la réduction d'un *métal quelconque*. Il ne reste donc à M. Elkington que l'emploi des oxides d'or et d'argent dissous dans le cyanure de potassium ; emploi de beaucoup moins avantageux que celui du cyanure d'or et du chlorure d'argent que m'avaient fourni auparavant Ittner et Liebig.

On verra, en recourant aux pages suivantes de la même publication, qu'au 1er octobre 1841, c'est-à-dire huit mois et demi après moi, M. Elkington a breveté l'emploi de l'électrode soluble d'or, si formellement indiqué dans mon brevet du 15 janvier 1841, et, le 26 janvier 1842, celui de l'électrode soluble d'argent, non moins formellement indiqué par moi dans le même brevet, et cela après en avoir reçu de moi la communication directe.

On y trouvera, également réduites à leur juste valeur, les préten-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tions de M. de Ruolz, qui, grâce à une habile confusion de dates, et de changements de titre dans ses certificats d'addition, est parvenu à tromper l'Académie presque entière, et s'est ainsi acquis une célébrité que ses plus chauds partisans, mieux informés aujourd'hui, sont les premiers à trouver infiniment trop prolongée.

On l'y verra prenant, le 19 décembre 1840, un brevet pour un *procédé de dorure, sans mercure, de l'argent, de l'orfévrerie et de la bijouterie d'argent, et spécialement des objets les plus délicats, tels que le filigrane d'argent*, dans lequel il critique très vivement les procédés de dorure au trempé de M. Elkington, et ceux de dorure électrique de M. Delarive, pour ne faire d'autre changement aux conditions de ce dernier que de remplacer son sac en vessie par un vase séparé en deux par une cloison de cette membrane; car il se bornait alors à indiquer, comme lui, le chlorure d'or très neutre dissous dans l'eau, ou bien une dissolution d'hydrate d'or dans la potasse dont il ne paraît pas avoir tiré grand résultat; car, le 17 juin suivant, il brevetait l'emploi de l'appareil composé avec un électrode positif en platine, et par conséquent insoluble, mais en se servant comme dissolvant des cyanures alcalins.

La résistance qu'oppose au courant l'emploi de cet électrode insoluble l'oblige à se servir, pour la vaincre, de quarante couples voltaïques, qu'il ne trouve pas encore suffisants: car il annonce qu'il prépare une batterie beaucoup plus énergique.

Suit une multitude de certificats d'addition, contenant chacun une *kyrielle* de recettes à la façon de la cuisinière bourgeoise, pour la réduction électrique de tous les métaux, sans tenir compte du titre de son brevet principal, qui ne porte que sur la dorure de l'argent. D'où il résulte que si ces brevets étaient, par impossible, reconnus comme valables par les tribunaux, ils seraient le piége le plus perfide tendu à la bonne foi des industriels, auxquels il ne pourrait venir dans la pensée que *dorure de l'argent* veut dire *argenture*, *platinage*, *plombage*, *cobaltisage*, etc., etc.

Ce n'est que dans son dixième certificat d'addition pris le 13 juin 1842, c'est-à-dire à peu près dix-huit mois après mon certificat d'addition du 15 janvier 1841, que M. de Ruolz s'avise enfin de l'emploi de l'électrode soluble d'or, c'est-à-dire d'une lame d'or constituée à l'état positif et restituant au bain le métal que lui enlèvent les pièces à dorer.

Dans ce même certificat d'addition, il brevète également l'emploi des courants d'induction, formellement brevetés par moi à la date précitée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Je me résume, pour ne pas abuser de la patience de ceux de vos lecteurs qui sont déjà au courant de la question.

Avant MM. Elkington et de Ruolz, j'avais breveté toutes les conditions d'appareils et tous les procédés qui permettent la réduction électro-chimique des métaux, en énonçant formellement que ces conditions et ces procédés s'appliquaient à un *métal quelconque*.

Les appareils et les procédés décrits dans les brevets de MM. Elkington et de Ruolz, ou employés dans leurs ateliers, sont identiquement les mêmes, et n'ont été brevetés par eux que bien longtemps après moi.

A la vérité, et c'est là le seul argument de mes adversaires, je n'ai pas signalé dans mes brevets l'emploi, comme dissolvant de l'or et de l'argent, des cyanures de potassium, dont M. Elkington se déclare intrépidement l'inventeur dans la lettre qu'il vous a écrite à l'occasion de la mienne, et que vous avez publiée avec ma réponse dans le t. XII, p. 183 de la *Revue*. Mais j'ai démontré plus haut que cette prétendue découverte de M. Elkington était depuis longtemps dans la science ; et l'on m'accordera, sans doute, que le bibliothécaire du Conservatoire des arts et métiers, ayant pris un brevet pour la réduction électro-chimique de tous les métaux, a dû, dès les premiers moments, recourir aux sources qu'il avait à sa disposition, pour rechercher quels sels pouvaient former chaque métal, et qu'il n'a pas dû tarder à découvrir dans Berzélius (*loco citato*), et dans vingt autres, que les cyanures pouvaient former avec l'or et l'argent des sels solubles ; qu'enfin, il n'a pas dû négliger de les essayer. Or, j'ai également démontré que la trop grande quantité d'électricité employée dans mes premières recherches ne m'ayant donné que des dépôts imparfaits, je n'avais pu consigner dans mes brevets l'emploi de sels qui me paraissaient inapplicables jusqu'au moment où j'ai découvert la loi des quantités proportionnelles, et qu'alors il devenait inutile d'indiquer un sel plutôt qu'un autre, cette loi s'appliquant à tous ; le choix ne pouvant être déterminé que par le but à atteindre, c'est-à-dire par la nature de la matière sur laquelle le dépôt doit se faire, et qui peut être directement attaquée par certains sels, tandis qu'elle sera respectée par d'autres.

Il résulte donc jusqu'à la dernière évidence, des faits que je viens d'énoncer, qu'avant moi, MM. Elkington et de Ruolz n'avaient rien découvert de réellement industriel, et qu'ils m'ont *emprunté* les seules et véritables conditions de réussite.

Depuis ma première publication sur cette matière, M. Perrot, dont j'aurai occasion de parler plus loin, a, de son côté, revendi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qué, contre MM. Elkington et de Ruolz, la priorité de l'application des cyanures à la dorure et à l'argenture électrique. Il fonde ses prétentions sur un grand nombre de pièces en acier qu'il a dorées antérieurement à leurs brevets, et sur des factures authentiques constatant des fournitures, en quantités notables, de cyanure de potassium. Enfin, son argumentation est la même que la mienne, c'est-à-dire qu'il annonce avoir eu simplement recours aux sels d'or et d'argent décrits dans les ouvrages de chimie. J'ajouterai qu'à ces éléments matériels d'appréciation, se joint, en faveur de M. Perrot, un caractère d'une loyauté incontestée, et de nombreux précédents attestant une habitude constante de recherches scientifiques ou industrielles. Pour mon compte, je n'ai aucun doute sur la véracité de M. Perrot, et je suis parfaitement convaincu qu'à l'époque qu'il assigne à ses essais, il était parvenu à dorer électriquement au moyen des cyanures.

Quelque étendue que j'aie donnée à ce précis de mes tribulations industrielles, il est cependant bien loin d'être complet ; mais je m'arrête sur ce sujet pour aborder celui des tribulations que je pourrais appeler scientifiques, et qui sont venues s'enter sur les autres.

Je ne sais à quelle cause rapporter un phénomène personnel dont je ne connais pas d'exemple chez d'autres que chez moi, et qui consiste en ce que tout ce qui m'appartient, ou qui émane de moi, a presque toujours été considéré comme de bonne prise par quiconque l'a trouvé à sa convenance, et cela aussi bien dans les questions privées que dans celles qui ont un caractère public.

Mes inventions industrielles se sont toutes trouvées dans ce cas ; tous les jours, par exemple, M. Christofle et ses nombreux adversaires font plaider, moi présent, que toutes les conditions d'appareils électriques destinés à la réduction des métaux sont dans le domaine public, bien que, cependant, ses cessionnaires, MM. Elkington et de Ruolz, aient cru utile d'en breveter un grand nombre, que M. Christofle donne généreusement à tout le monde, probablement par ce seul motif qu'elles étaient antérieurement consignées dans mes brevets.

Mon petit bagage scientifique, tout léger qu'il est, ne devait pas échapper à la loi générale.

Le tome xv de la *Revue scientifique* contient, page 419, quelques mots sur l'étrange conflit que j'ai été obligé de porter devant l'Académie des sciences à l'occasion de la publication du *Traité d'électro-chimie* de M. Becquerel, et sur lequel l'espèce de transaction que j'ai faite avec cet académicien m'aurait engagé à ne pas revenir, si des faits tout récents, et tout aussi graves, ne me faisaient

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une loi de ne plus garder un silence qui serait un acquiescement formel à toutes les spoliations dont j'ai été la victime.

Le récit suivant ne sera pas sans utilité pour ceux de vos lecteurs dont les travaux pourraient, à l'avenir, arriver dans les mains de M. Becquerel.

Le 29 août 1842, j'ai présenté à l'Académie des sciences une *Note sur l'électrotypie ou galvanoplastique, et sur quelques phénomènes qui s'y rattachent*. Cette note fut renvoyée à une commission nombreuse dont M. Becquerel fait partie, et dont j'attends encore la décision, parce que les travaux personnels de la plupart des membres qui la composent ne leur ont pas encore permis de vérifier expérimentalement les lois que j'ai découvertes.

Quoi qu'il en soit, M. Becquerel fut le premier auquel ma *note* fut renvoyée, et je dois lui rendre cette justice qu'il s'en occupa immédiatement ; car, dans la semaine suivante, il me la montra couverte d'observations marginales indiquant fréquemment le désir de connaître les expériences qui m'avaient conduit aux résultats annoncés.

La meilleure manière de répondre aux vœux de M. Becquerel était de lui remettre mes brevets, véritables procès-verbaux d'expériences, où se trouvent consignés, dans leur ordre chronologique, presque tous les faits de détail dont il voulait avoir connaissance.

Une circonstance remarquable, et qui résulte formellement des notes marginales de M. Becquerel, c'est sa prédilection pour l'appareil que, dans le tome XI de la *Revue*, j'ai si souvent désigné sous le nom d'*immédiat*, et dont j'y ai signalé les inconvénients de tout genre. Cette prédilection s'expliquera pour ceux de vos lecteurs qui voudront recourir au *Comptes-rendus de l'Académie des sciences* du 24 juillet 1842, où ils trouveront un long extrait d'un mémoire de M. Becquerel intitulé : *Des propriétés électro-chimiques des corps simples, et de leur application aux arts*. S'ils ont la patience de lire les 27 pages de cette diffuse élucubration, ils y verront qu'à cette époque, M. Becquerel ne connaissait rien de mieux que ce genre d'appareil dont il a fréquemment réclamé la paternité, en tant qu'appliqué à d'autres buts, et qu'il n'aurait pas été fâché de faire considérer comme la meilleure condition des réductions métalliques à l'état continu.

Lorsque ma note passa en d'autres mains, M. Becquerel n'était pas encore convaincu de la supériorité de l'appareil composé, le seul dont je me servisse depuis longtemps, le seul qui alors fût pratiquement employé par mes concurrents, dont ce même *extrait* prouve qu'il ne connaissait pas les procédés qu'il a cependant la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prétention non seulement de juger, mais encore de perfectionner.

Quoi qu'il en soit, les choses restèrent dans cet état jusqu'au mois de novembre 1843, époque à laquelle M. Becquerel voulut bien me faire cadeau de ses *Éléments d'électro-chimie*, qui venaient de paraître.

On comprendra avec quelle avidité je parcourus cet ouvrage, émané de mon juge futur, pour y trouver ce qui pouvait me concerner.

Je ne puis vous peindre ma stupéfaction d'y reconnaître non seulement la plupart de mes idées, mais jusqu'aux expressions de mes brevets rapportées textuellement par lui, presque toujours sans me citer, et surtout sans mentionner que les conditions qu'il décrivait ainsi sont l'objet de brevets qui m'en garantissent la propriété.

Le lundi suivant, j'abordai M. Becquerel à la séance de l'Académie des sciences; je lui témoignai mon mécontentement d'un pareil abus du dépôt que j'avais été obligé de lui confier, et je lui exprimai ma ferme volonté d'en obtenir justice. Sa réponse fut que, si j'étais assez osé pour l'attaquer, il affirmerait à son tour que mes brevets ne contenaient rien qui ne fût connu avant eux.

Le défi était trop formel pour ne pas être accepté, et, le 20 novembre 1843, l'Académie recevait une dénonciation des faits qui précèdent, accompagnée des pièces à l'appui, c'est-à-dire de mes brevets, du livre de M. Becquerel, et d'une copie des textes sur lesquels j'appuyais ma réclamation.

Pour simplifier l'examen de l'Académie, j'en avais élagué tous les griefs qui n'auraient porté que sur la ressemblance des idées, et je m'étais borné à ne mettre en regard que les textes dont les expressions étaient identiques.

Ces paragraphes, au nombre de vingt-neuf, portent principalement sur les conditions de détail qui assurent la réussite des opérations électrotypiques.

Leur lecture, dans mes brevets au ministère, n'en permet pas l'application sans de grands efforts de mémoire; l'ouvrage de M. Becquerel la rend d'une extrême facilité, et livre d'autant plus mes procédés à l'exploitation publique, que rien n'y indique mes prétentions à la propriété exclusive de ces conditions.

Prévenu au commencement de la séance de ma réclamation, M. Becquerel demanda que ma lettre fût lue tout entière, et aussitôt cette lecture il prit la parole.

Il s'étendit d'abord longuement sur le peu d'importance de la *note* que j'avais présentée l'année précédente, *note* qui, suivant lui, ne contient aucun fait scientifique, et sur laquelle par conséquent

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il avait jugé inutile de faire un rapport, déclinant, par là, la compétence des nombreux commissaires qui lui avaient été adjoints, et dont la plupart n'avaient pas encore pris connaissance de cette pièce.

Interrompu par M. Arago, qui lui a fait remarquer qu'il ne s'agissait pas, pour le moment, du plus ou moins de mérite de ma *note*, mais d'une réclamation formulée en termes exprès, accompagnée de pièces officielles, et d'un assez volumineux cahier contenant en regard les textes de ses *Eléments d'électro-chimie*, et ceux de mes brevets, M. Becquerel, sans avoir égard à cette observation, a continué de raconter non moins compendieusement, comme quoi ayant été précédé par M. Jacobi dans l'électrode soluble de cuivre, ainsi qu'il résulte d'une lettre de M. Jacobi à M. Faraday, publiée en 1839, je n'avais aucun droit scientifique à la découverte de l'électrode soluble d'or, dont il reconnaissait cependant que la propriété industrielle m'était garantie par mes brevets (1).

(1) Ceux de vos lecteurs qui voudront recourir au tome XI, pages 161 et suivantes de la *Revue*, y verront que depuis longtemps j'avais reconnu cette antériorité de M. Jacobi, dont la lettre est tellement obscure qu'elle ne put être comprise, lors de sa publication, de M. Becquerel lui-même, ainsi qu'on pourra s'en convaincre par le passage suivant, emprunté au tome VI, p. 113, du *Traité d'électricité* de M. Becquerel.

« L'appareil destiné à opérer ces effets se compose de deux parties : 1° d'un vase divisé à la manière des couples voltaïques, en deux compartiments que l'on remplit d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre ; dans l'un d'eux, plonge la planche de cuivre gravée, dans l'autre une lame de même métal ; 2° d'un couple voltaïque ordinaire mis en rapport avec la première partie de l'appareil, de telle sorte que la planche gravée est en relation avec le pôle négatif et la lame avec le pôle positif. »

Que vos lecteurs comparent maintenant cette description avec la traduction de la lettre de M. Jacobi, publiée par M. Belfield-Lefèvre dans le t. XII, page 31 de la même *Revue*, et ils verront que M. Becquerel a fait un véritable non-sens, qu'il a confondu deux appareils distincts en un seul, qu'il n'a rien compris au procédé de M. Jacobi, et que l'appareil qu'il prétend décrire ne pourrait donner aucun résultat.

Cette confusion, tout le monde l'a faite lors de la publication de cette lettre ; et si, dans la première ligne du dernier paragraphe de la page 32, on supprime la conjonction *aussi*, que M. Belfield y a introduite, et qui n'est pas dans l'original anglais, si enfin on traduit littéralement : *It is to be understood that we may reduce the sulfate*, etc., par : *Il doit être compris que nous pouvons réduire le sulfate*, etc., j'affirme que tout lecteur qui ne sera pas familiarisé avec les procédés d'électrotypie aujourd'hui si connus, croira que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ici, M. Becquerel fut encore interrompu par M. Charles Dupin, alors président, qui lui demanda si, en décrivant l'électrode soluble d'or, il m'en avait attribué l'invention dans son ouvrage.

La question était directe : elle exigeait une réponse positive, catégorique. Mais, comme elle eût dû être négative, M. Becquerel préféra ne pas la faire, et se mit à raconter, cependant avec une émotion bien visible, comme quoi j'avais publié dans la *Revue scientifique* une lettre *sur l'électrotypie*, et qu'il avait cru pouvoir puiser, dans cette lettre, quelques uns des procédés que moi-même j'avais rendus publics. Il termina en niant formellement avoir rien emprunté aux brevets qui lui avaient été confiés.

Après cette singulière défense, ma réclamation fut renvoyée à la commission chargée de l'examen de ma *note*.

Le lundi suivant j'écrivais à l'Académie :

« Ce que la réponse de M. Becquerel à ma réclamation a laissé de plus clair dans ma mémoire, c'est qu'en niant hautement, positivement, n'avoir rien emprunté à mes brevets, il est convenu qu'il avait pu faire quelques emprunts à une lettre que j'ai publiée dans la *Revue scientifique*.

» J'avoue que je ne comprends pas bien une justification qui considère comme un droit naturel de puiser, sans me nommer, des faits industriels dans une publication que je n'avais faite que pour me garantir la propriété de ces mêmes faits.

» J'ai voulu, toutefois, m'assurer jusqu'à quel point pouvait être fondée l'assertion de M. Becquerel ; et, après vérification de ceux des emprunts que j'ai signalés qui pouvaient avoir été faits à la *Revue scientifique*, j'ai constaté que, sur vingt-neuf paragraphes cités dans ma réclamation, sept au plus ont pu être fournis par la *Revue* (1), et que les vingt-deux autres n'ont pu y être puisés, puisque ce recueil ne fait pas mention des faits consignés dans ces paragraphes, dont mes brevets restent la source unique.

le second appareil n'est qu'une partie du premier, et que M. Jacobi n'a voulu décrire qu'un seul procédé ; la lettre en question sera tout-à-fait inintelligible pour lui, comme elle l'a été pour tous, jusqu'au moment où, quelque temps après que j'eus breveté l'électrode soluble de cuivre, le journal *l'Artiste* publia les deux appareils de M. Jacobi, que j'avais retrouvés avant cette publication.

(1) « Ces sept paragraphes sont dans l'ordre de leurs numéros, le premier, le deuxième, etc., dont on trouvera l'idée plus ou moins développée pages , mais presque toujours exprimée dans des termes moins en rapport avec le texte de M. Becquerel que celui de mes brevets eux-mêmes. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» . . . . . .

» J'ose donc supplier l'Académie de faire procéder sans retard au collationnement des textes que j'ai soumis à son examen, pour arriver le plus promptement possible au terme de cette triste discussion. »

Mais, dans le cours de la semaine, M. Becquerel avait réfléchi ; il avait même jugé utile de faire lui-même ce collationnement ; et, convaincu qu'il ne tournerait pas en sa faveur, il était arrivé armé d'une verbeuse apologie, dont il m'annonça, à l'ouverture de la séance, que je serais complétement satisfait, et qu'il me remit, après sa lecture, pour que j'en prisse une connaissance plus complète.

Le seul argument un peu net que j'y pus découvrir, et qui ne manquait pas d'une certaine habileté, était celui-ci :

Il avouait franchement que les paragraphes en question se trouvaient dans mes brevets, mais qu'ils ne s'y trouvaient que postérieurement à la publication des *Elements of electro-metallurgy* de M. Smee, où j'avais dû les puiser, et que par conséquent il avait eu le droit d'en faire autant.

Réunis dans la bibliothèque de l'Institut, je déclarai à M. Becquerel que j'étais bien loin d'accepter cette explication comme satisfaisante, parce qu'il n'était pas vrai que j'eusse rien emprunté à M. Smee, et que je ne pouvais laisser supposer cela sans mettre immédiatement mes procédés dans le domaine public. M. Becquerel me soutint alors que cette condescendance ne nuirait en rien à mes droits ; que le fait d'avoir puisé des procédés dans un ouvrage étranger ne constituait pas un cas de déchéance (1), et qu'au surplus il pouvait donner la preuve du fait qu'il avançait. Il me cita, à ce sujet, mon quatrième certificat d'addition pris le 27 août 1842, tandis que l'ouvrage de M. Smee avait paru en 1841.

Pour toute réponse, je lui fis lire le préambule de ce certificat d'addition ainsi conçu :

« Mon brevet principal, du 29 septembre 1840 (2), ainsi que les trois certificats d'addition qui l'ont suivi, ne sont guère, ainsi que je l'ai plusieurs fois fait observer, que des procès-verbaux d'expériences dans lesquels j'ai successivement consigné les divers

(1) C'est sur le rapport d'un jurisconsulte de cette force, d'un homme aussi étranger à la législation sur les brevets, que la Cour royale a validé le brevet Elkington sur la dorure par immersion !

(2) Cette date est celle de la délivrance ; celle de la demande remonte au 26 février.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résultats que j'ai obtenus à mesure qu'ils se révélaient à moi. Il en est nécessairement résulté une absence de méthode incompatible avec la loyauté et la bonne foi qui doivent caractériser un brevet d'invention, et plusieurs contradictions produites par des faits nouveaux qui venaient donner un démenti aux conséquences déduites de faits plus anciens qui n'avaient pas été suffisamment étudiés.

» Aujourd'hui qu'une étude plus approfondie des phénomènes, aussi nombreux que compliqués, qui se produisent dans l'opération électro-chimique d'un dépôt métallique, me permet une appréciation plus éclairée des conditions à remplir, j'ai cru devoir formuler ces conditions d'une manière plus méthodique, et les consigner, sous cette nouvelle forme, dans un quatrième certificat d'addition qui contiendra, en outre, les nouveaux résultats que j'ai obtenus depuis la demande de mon troisième certificat. »

Après cette lecture, je fis remarquer à M. Becquerel que ce quatrième certificat devait nécessairement contenir plusieurs des conditions publiées par M. Smee, mais que ces conditions se trouvaient dans les certificats précédents, antérieurs à cette publication, et je lui en offris immédiatement la preuve s'il voulait me signaler ceux des paragraphes prétendus copiés de cet auteur; je le défiai, en outre, de me montrer, dans ce certificat même, rien qui ressemblât à une traduction; et je lui annonçai que, quelque habile que fût son système de défense, il ne parviendrait jamais à se justifier d'avoir, sous prétexte de traduction d'un auteur étranger, copié textuellement les expressions employées par moi dans mes brevets.

Battu sur tous les points, M. Becquerel me demanda de ne pas insister ce jour-là sur la lecture de ma réponse, me promettant qu'avant le lundi suivant il me donnerait une complète satisfaction, surtout si je l'autorisais à emporter mes brevets pour les relire sous le point de vue que je venais de lui indiquer.

J'acquiesçai à sa demande, et le vendredi suivant nous nous réunîmes de nouveau à l'Institut, où je le trouvai armé d'un volumineux manuscrit qu'il m'annonça être l'analyse exacte et complète de mes brevets; que cette analyse lui avait démontré la vérité de mes assertions, et qu'il allait la publier à la suite de ses *Éléments d'électro-chimie*.

Je lui répondis que je n'avais nullement envie qu'il augmentât, par cette publication, le nombre des voleurs de mes procédés; que c'était bien assez de ce qu'il avait déjà fait connaître sans qu'il y ajoutât les détails qui faciliteraient les opérations et feraient éviter les écoles, et que je me refusais absolument à cet étrange moyen de faire respecter ma propriété.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

A cette déclaration, M. Becquerel perdit entièrement contenance, et m'annonça qu'il ne savait plus quelle offre me faire, puisque je refusais ce qui lui avait paru le plus propre à réparer le mal dont dont je me plaignais.

Je lui répondis que ce mal était irréparable ; que les coquins s'inquiéteraient peu de savoir si des procédés aussi faciles à exécuter dans le silence étaient ou non brevetés, et qu'ils en feraient toujours leur profit ; que tout ce qu'il pouvait faire était d'atténuer ce mal en avertissant les honnêtes gens, qui, trompés par son ouvrage, se croiraient en droit d'exécuter mes procédés, que ces procédés étaient ma propriété, et qu'ils eussent à s'abstenir ; mais que je m'opposais formellement à ce qu'il donnât contre moi de nouvelles armes aux fripons. Je lui offris de rédiger, séance tenante, les quelques lignes dans ce sens que je désirais qu'il plaçât à la fin de son volume.

Je renonce à décrire la stupéfaction de M. Becquerel lorsqu'il entendit cette proposition, à laquelle il était loin de s'attendre, et qui m'était dictée un peu par la pitié que m'inspirait sa position, la plus fâcheuse dans laquelle un homme puisse tomber, un peu par le sentiment de dégoût que quelques personnes m'avaient inspiré, en m'excitant à poursuivre, jusque dans ses conséquences extrêmes, la lutte engagée, trouvant ainsi le moyen de satisfaire, dans l'ombre, leurs rancunes personnelles ; beaucoup par un sentiment de déférence pour l'opinion d'hommes honorables qui, tout en approuvant mes premières démarches, me firent entendre qu'on me saurait gré de ne pas laisser l'Académie dans la nécessité de se prononcer sur une question dans laquelle un de ses membre se trouvait aussi gravement compromis.

M. Becquerel entra donc avec un vif empressement dans la route que je lui indiquais, et le lundi suivant, 4 décembre, il me remit la note ci-après, dont j'acceptai la rédaction, bien qu'elle ne fût pas aussi explicite que l'avais demandée, et qu'il fit imprimer à la fin de son ouvrage.

« En traitant de la dorure et de la galvanoplastie, j'ai envisagé la » question sous le point de vue scientifique plutôt qu'industriel, de » sorte qu'il n'a été fait mention que rarement des brevets pris par » diverses personnes dont les travaux ont contribué puissamment à » l'établissement de ces deux arts en France, et particulièrement » par M. Boquillon, qui a consacré plusieurs années de travail à » des recherches dispendieuses. Je préviens, en conséquence, que » les personnes qui voudraient s'en occuper industriellement doivent consulter les brevets pris sur la matière. »

Aussitôt mon acquiescement, M. Becquerel déposa sur le bureau

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

une note dans laquelle il annonçait à l'Académie que, par suite d'une explication qui avait eu lieu entre lui et moi, il n'était plus nécessaire que la commission nommée restât saisie de ma réclamation.

Mon acquiescement à la transaction dont je viens de raconter les détails m'aurait imposé le silence le plus complet, si des faits récents ne m'eussent démontré qu'avec certaines gens, la générosité est toujours une duperie, et qu'ils ne pardonnent pas plus le mal qu'ils ont fait que celui qu'on a dédaigné de leur faire. Ces faits me forcent à recommencer la lutte, et, avec l'aide des honnêtes gens, j'espère ne pas faillir à ma tâche.

La Société d'encouragement vient d'entrer dans une nouvelle voie. Depuis quelque temps, elle consacre le mercredi inoccupé qui se trouve entre ses séances ordinaires, à des leçons sur des produits ou des procédés nouveaux qu'elle juge à propos de faire connaître expérimentalement, et par conséquent d'une manière plus complète que par la voie de son Bulletin.

Envisagée sous un point de vue général, appliquée à des procédés non encore introduits en France, ou que leur propriétaire croira de son intérêt de faire connaître, soit pour constater la bonne qualité des produits, soit pour décider les fabricants à en traiter avec lui, cette mesure, dans certaines limites, peut présenter des résultats avantageux pour l'industrie. Mais on comprend que, dans beaucoup de cas, la divulgation expérimentale de procédés brevetés, de ceux surtout qu'on peut exécuter en silence, est hérissée d'inconvénients, et peut porter surtout une grave atteinte aux intérêts privés.

La moralité industrielle n'est pas tellement en progrès chez les fabricants parisiens qu'on puisse leur faire connaître un procédé utile, et susceptible d'enrichir son possesseur, sans inspirer à la plupart d'entre eux le désir le plus vif de s'en servir; et ils résisteront d'autant moins à ce désir que le procédé sera plus facile à exécuter en secret; ce qui dispense naturellement d'en traiter avec l'inventeur auquel on juge inutile de s'adresser, attendu que peut-être il serait assez malavisé pour refuser de le vendre à des concurrents.

Tant que l'inventeur n'est pas sur la route des bénéfices, tant que ses travaux le constituent en perte, chacun respecte sa propriété; mais aussitôt que le gain le plus minime vient récompenser ses peines, c'est un vol qu'il fait à ses confrères, c'est un monopoleur contre lequel il est de l'intérêt de tous de se liguer, s'il est assez peu raisonnable pour vouloir garder pour lui seul ce que lui seul a trouvé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

D'un autre côté, les frais énormes qu'entraîne un procès en contrefaçon et que doit toujours avancer le demandeur, les lenteurs de la procédure qui prolongent ses angoisses pendant plusieurs années, le peu de sévérité que déploient les tribunaux contre les voleurs d'idées qui continuent de s'enrichir tandis que l'inventeur se ruine, tout ne fait-il pas une loi à ce dernier de ne faire connaître que le moins possible des procédés faciles à exécuter dans le silence, et dont l'exploitation frauduleuse pourra défier les investigations les plus actives et le plus habilement conduites?

N'est-ce donc pas assez, pour le rendre la proie des contrefacteurs, des communications que chacun est autorisé à demander au bureau des brevets, sans que la vue même des procédés vienne en aide à la fraude pour spolier l'inventeur d'une découverte utile?

Ces considérations n'avaient probablement pas frappé le conseil de la Société d'encouragement; car son début dans la nouvelle route où elle vient d'entrer a été une leçon sur la *galvanoplastique;* et ce qu'il y a de plus remarquable, c'est que la tâche de faire cette leçon a été acceptée par M. E. Becquerel fils.

Prévenu, depuis quelques jours, que cette leçon devait avoir lieu, je m'adressai à M. Becquerel père pour le prévenir que je la considérerais comme le renouvellement de mes anciens griefs, et que j'agirais en conséquence. Il me répondit que son fils ne traiterait que des généralités théoriques, et que rien, dans cette séance, ne serait de nature à permettre l'exécution pratique de mes procédés.

Peu rassuré par cette promesse, je me rendis à la leçon, qui fut, au contraire, aussi pratique que possible, M. Becquerel fils s'étant absolument dispensé d'émettre aucune considération théorique, qu'il jugeait probablement hors de la portée du très nombreux auditoire qui l'écoutait.

A l'exception de ce qui se rattachait au dépôt des alliages, M. Becquerel fils n'a pas dit un mot, pas indiqué une condition, pas fait une expérience qui ne fût consigné dans mes brevets.

A la vérité, il a daigné dire que j'étais l'un des premiers qui se fussent occupés en France de cette question, et que *même j'avais pris des brevets.*

Mais le ton avec lequel il a donné cette indication, l'absence de mon nom dans tout le reste de la leçon, les éloges donnés à des concurrents, sa déclaration qu'il ne traiterait pas des procédés découverts par son père pour la réduction des minerais d'argent, parce qu'ils ne sont pas encore dans le domaine public, tout tendait à persuader l'auditoire ou que les conditions qu'il indiquait, que les expériences qu'il mettait sous les yeux du public, ne faisaient pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie de mes brevets, ou bien que ceux-ci n'étaient qu'une lettre morte, et que les procédés sur l'extrême facilité desquels il insistait fréquemment pouvaient être impunément exploités par tous.

Mais ce n'était point assez pour M. Becquerel fils : après avoir ainsi facilité la fraude, il a cherché à paralyser entre mes mains des résultats qui pouvaient encore m'indemniser des énormes sacrifices que j'ai faits pour créer cette nouvelle industrie.

Récitant un passage de l'ouvrage de son père auquel j'en avais cependant démontré l'erreur, il a prétendu que les planches en taille-douce reproduites par l'électrotypie s'altèrent rapidement, en raison du peu de cohésion de leurs parties constituantes, et cependant il avait pu voir dans mes brevets, et vos lecteurs pourront voir, tome XI, page 191 de la *Revue*, que je suis le maître d'obtenir à volonté un dépôt métallique dur et cassant comme l'acier, mou et flexible comme le plomb, ou bien un dépôt intermédiaire entre ces deux qualités, et qu'il suffit pour cela d'appliquer avec intelligence la loi des quantités proportionnelles.

J'adressai quelques jours après à la Société d'encouragement une réclamation sur l'étrange abus qu'avait fait M. Becquerel fils de la confiance qu'elle avait mise en lui. Sa décision ne m'est pas encore connue.

Le lundi suivant, M. Becquerel père, qui avait eu connaissance de cette réclamation, tenta de me persuader que je n'avais nullement à me plaindre de la leçon de son fils, qui n'aurait dit, ou montré, que ce que tout le monde sait par les publications faites sur l'*électrotypie;* de sorte que, suivant lui, après avoir laissé sans répression la publicité écrite que le père avait donnée à mes procédés, je devais laisser passer impunie la publicité expérimentale de la leçon du fils, au moyen de laquelle ce dernier a fait disparaître les difficultés de manipulation qui pouvaient encore arrêter quelques personnes.

La Fontaine nous a montré le chien portant le dîner de son maître, et qui, ne pouvant le défendre contre une meute affamée, se décide à en prendre sa part ; mais il a oublié de le représenter donnant le premier coup de dent pour avoir le meilleur morceau.

Mais M. Becquerel fils n'avait pas terminé la tâche qu'il s'était donnée. Quinze jours après, il reparut pour traiter de l'application électrique des métaux les uns sur les autres, notamment de la dorure et de l'argenture, et des colorations par les oxides métalliques.

Il a d'abord fait remarquer que les conditions énoncées par lui à la dernière séance s'appliquaient à des *dépôts métalliques quel-*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

conques au moyen de sels dissous de ces métaux ; puis, sans faire autrement allusion à la réclamation que j'avais adressée à la Société d'encouragement, il a annoncé qu'il ne traiterait d'aucune question de priorité, voulant s'en tenir à la question scientifique. C'est, a-t-il ajouté, aux industriels qui voudraient en faire des applications, à recourir aux brevets pris sur la matière.

Il résultait évidemment de cet énoncé qu'il allait se borner à l'exposition et à la discussion des théories présentées sur les phénomènes de l'électro-métallurgie, et qu'aucun nom ne devait être signalé dans le cours de cette séance, du moins quant aux faits qui ont soulevé des questions de priorité.

Eh bien ! après quelques indications sur les réductions métalliques obtenues par échange, c'est-à-dire par l'emploi d'un métal ayant plus d'affinité pour l'acide d'un sel que le métal de ce sel lui-même, il est arrivé à la dorure au trempé dont il a donné tout l'honneur à M. Elkington, sans faire aucune mention des travaux antérieurs de Proust et de Pelletier, auxquels on doit, pour le moins, la théorie de cette application.

De là, il a passé à l'argenture, au platinage, au nikellage par immersion, dont il s'est hâté de désigner son père comme l'inventeur.

Abordant enfin les conditions réellement électriques, il a annoncé qu'il allait décrire les procédés inventés par M. Delarive. Mais, au lieu du sac de vessie réellement employé par ce savant, il a fait voir un appareil qui, si ma mauvaise vue ne m'a pas trompé, n'est autre chose que l'*électrotype* que j'ai donné dans le temps à son père, et avec lequel il a annoncé qu'on pouvait également faire des médailles.

Faisant ensuite la nomenclature de divers sels essayés pour remplacer le chlorure d'or qui attaque le cuivre qu'on veut dorer, il a annoncé qu'on a proposé jusqu'aux sulfures, qui, comme on devait s'y attendre, ne devaient pas donner de bons résultats. Je laisse le débat entre lui et M. Dumas, qui, dans un rapport devenu fameux, a dit :

« Les chimistes seront même étonnés, à entendre tous ces procédés, que le dernier de tous, celui qui repose sur l'emploi des sulfures, soit le plus convenable. »

Suivant M. Becquerel fils, M. Elkington a fait faire un grand pas à la nouvelle industrie en recourant à l'emploi des aurates alcalins ; mais c'est à M. de Ruolz qu'elle doit l'état de perfection auquel elle est arrivée par l'emploi des cyanures !

Ajoutons que M. de Ruolz était présent, qu'il prêtait son con-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cours manuel aux expériences, et qu'il n'a fait aucune observation sur cette étrange assertion de M. Becquerel fils.

Que, dans la position particulière où je me suis trouvé par rapport à son père, et où je me trouve actuellement par rapport à lui, M. Becquerel fils élague de sa leçon tout ce qui peut m'être favorable, je ne vois rien là qui puisse m'étonner de sa part ; mais que, devant une assemblée nombreuse, composée en grande partie de personnes vivement intéressées à cette question, qui, en raison de leurs conflits avec M. Christofle, ont dû étudier attentivement les brevets Elkington et de Ruolz, on fasse à celui-ci l'honneur d'avoir le premier songé à l'emploi des cyanures ; qu'il reçoive à brûle pourpoint ce coup maladroit d'encensoir, et qu'il ne réclame pas immédiatement, c'est ce qu'il m'est impossible de laisser passer en silence.

Assurément on ne m'accusera pas d'être le séide de M. Elkington, et vos lecteurs ont dû s'apercevoir que, dans l'occasion, je sais lui faire bonne et rude guerre ; mais je croirais manquer à tout sentiment de loyauté, si je ne rétablissais pas ici les faits par des dates officielles.

C'est, comme je l'ai déjà dit, le 29 septembre 1840, que M. Elkington a pris ses premiers brevets pour la dorure et l'argenture électriques au moyen de l'appareil simple. Il y indique formellement la dissolution de l'oxide d'or ou de l'oxide d'argent dans le cyanure de potassium (prussiate de potasse).

C'est le 17 juin 1841, plus de huit mois et demi après, que M. de Ruolz a breveté l'emploi des cyanures.

Que vos lecteurs jugent par ce seul fait de la véracité du professeur, et de la modestie de M. de Ruolz !

Mais continuons l'historique de cette curieuse séance.

Les appareils pour la dorure et l'argenture électrique étaient identiques à celui que j'ai décrit dans le tome XI, page 208, de la *Revue*. La source électrique était fournie par plusieurs couples voltaïques formés chacun d'un cylindre de cuivre au centre duquel était un cylindre de zinc amalgamé. Une lame d'or ou d'argent, en communication avec le cuivre des couples, plongeait dans une dissolution d'or ou d'argent dans le cyanure de potassium ; condition identique avec celle décrite dans mon certificat d'addition du 15 janvier 1841, et dont j'ai cité les expressions textuelles, page 139.

Ici, M. Becquerel fils s'est complétement tenu dans les limites de la loi qu'il s'était imposée sur les questions de priorité. Mon nom n'a pas même été prononcé ; et cependant, en pleine académie, son père, tout en déclarant qu'il ne voyait pas de découverte scienti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fique dans l'emploi de l'électrode soluble d'or ou d'argent, m'en avait positivement reconnu l'inventeur.

Mais poursuivons :

Après avoir exécuté quelques dorures et quelques argentures avec le concours de M. de Ruolz, et fait remarquer que l'insuccès d'une opération tenait à une trop grande quantité d'électricité employée, phénomène signalé par moi dans mon certificat d'addition du 15 janvier 1841, où j'insiste sur la nécessité d'une action beaucoup plus faible que pour la réduction du cuivre, M. Becquerel fils est arrivé à la coloration électrique des métaux par les oxides métalliques, découverte qu'il a attribuée exclusivement à son père, sans citer une seule fois le nom de Nobili, dont j'ai en ce moment sous les yeux six *mémoires* sur cette question, publiés dans les tomes XXXIII, XXXIV, XXXV, XXXVI, LXIV et LXV de la *Bibliothèque universelle de Genève* de 1826 à 1830, et reproduits en partie dans les *Annales de chimie*, tomes XXXIV et XXXV.

Je sais bien que, lorsque M. Becquerel père présenta son premier mémoire à l'Académie dans la séance du 3 juillet 1843, M. Arago lui fit observer que les colorations qu'il présentait avaient une grande analogie avec les beaux dessins exécutés par Nobili, lors de son séjour en France, et que M. Becquerel déclara alors que c'était toute autre chose ; je sais bien encore que dans un deuxième mémoire, lu le 5 février 1844, M. Becquerel a prétendu que Nobili n'avait obtenu que des résultats analogues à ceux que Priestley avait produits par des décharges successives de batteries électriques ; mais, quelque attention que j'ai mise à lire ce mémoire, il m'a été impossible de trouver, dans les conditions d'opération et dans les résultats, d'autre différence que celle-ci : c'est que M. Becquerel peut, comme Nobili, recouvrir la surface de certains métaux de couches d'oxides assez minces pour qu'elles affectent les couleurs du prisme ; mais que Nobili a sur lui cette supériorité incontestable, d'avoir su limiter l'étendue de chaque couleur, de manière à en obtenir de magnifiques dessins, dont il serait bien à regretter que le secret fût mort avec lui.

Quoi qu'il en soit, bien longtemps avant M. Becquerel, Nobili obtenait, dans les mêmes conditions que lui, les couleurs les plus vives des deux pôles d'une pile, en plongeant une plaque de métal poli dans des liquides dont la nomenclature est considérable, et en tenant la plaque en communication avec l'un deux, tandis qu'il tenait la pointe métallique qui terminait l'autre, également plongée dans le liquide, et à une petite distance de la plaque.

La seule différence qui puisse exister entre eux sous ce rapport,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

c'est que M. Becquerel n'emploie que l'oxide de plomb dissous dans la potasse, et que Nobili avait appliqué ses recherches à un grand nombre de liquides. Il est possible que les couleurs de M. Becquerel soient plus solides que celles de Nobili ; mais elles ne sont pas plus brillantes, et rien ne justifie l'étrange silence de M. Becquerel fils sur des travaux beaucoup plus remarquables que ceux de son père, et qui, comme dates, le priment de près de vingt ans.

Au moment où je reçois l'épreuve de cette feuille, surgit un fait nouveau qui se rattache trop intimement à mon sujet pour que je le laisse passer en silence.

Il s'agit d'un *rapport de M. Becquerel sur un mémoire de MM. Gaultier de Claubry et Dechaud, concernant le traitement électro-chimique des minerais de cuivre.*

Ce rapport est doublement curieux, tant en ce qui concerne les auteurs du mémoire, que par le rôle qu'y prend le rapporteur lui-même, qui s'y pose, avec cette intrépidité d'amour-propre qu'aucun échec ne peut ébranler, comme le fondateur incontesté des principes sur lesquels reposent aujourd'hui la dorure électrique et la galvanoplastie.

« Il y a déjà neuf ans, dit le rapport, que l'un de vos commissaires annonça à l'Académie qu'il était parvenu, à l'aide d'un procédé électro-chimique très simple, à extraire l'argent, le cuivre et le plomb de leurs minerais respectifs sans avoir recours à des appareils voltaïques composés, mais bien en employant des appareils simples fonctionnant avec du fer ou du zinc. Les faits généraux auxquels il fut conduit mirent sur la voie de la dorure électro-chimique, de la galvanoplastie, et engagèrent les auteurs du mémoire dont nous allons entretenir l'Académie, à en faire une application à l'industrie. »

Voilà qui est bien clair, n'est-ce pas? C'est dans cette publication d'il y a neuf ans que MM. Jacobi, Spencer, Elkington, de Ruolz et moi, qui tous avons la prétention d'avoir fait quelque chose en ce genre, nous avons puisé les faits généraux qui nous ont mis sur la voie.

Quant à moi, j'avoue que ma mémoire ne me fournissait rien de semblable; je me rappelais très confusément avoir souvent entendu parler de procédés électriques tenus très secrets, au moyen desquels M. Becquerel prétendait extraire l'argent de ses minerais; j'avais également entendu dire que des sommes considérables avaient été inutilement prodiguées pour réaliser industriellment ces procédés ; mais, jusqu'au 30 juillet 1845, j'ignorais complétement qu'ils eus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sent reçu une publicité suffisante pour servir de point de départ à l'électrotypie. Je me hâtai donc de recourir à la collection du *Compte-rendu* des séances de l'Académie, et, tome II, page 230, séance du 29 février 1836, j'ai trouvé une *note* de 30 lignes *sur l'extraction de l'argent de ses minerais, par M. Becquerel*, et que je copie textuellement.

« Je suis parvenu, sans l'intermédiaire du mercure, en construisant un appareil électro-chimique avec le fer, une solution concentrée de sel marin, et un minerai d'argent convenablement préparé, à retirer de ce dernier l'argent qu'il renferme sous forme de cristaux. Les minerais soumis à l'expérience sont ceux qu'on exploite dans la Colombie (ils m'ont été remis avec une obligeance extrême par M. Boussingault), et le minerai d'Allemont qui se prête avec une grande facilité à ce mode d'expérimentation, puisqu'il n'a pas besoin même d'être grillé préalablement pour donner le métal.

» On parvient par le même procédé à retirer des pyrites cuivreuses de Chessy, près de Lyon, l'argent qu'elles renferment sans toucher au cuivre. Jusqu'ici il n'y a que les galènes argentifères qui se soient prêtées difficilement à l'extraction de l'argent.

» Quand un minerai, comme celui d'Allemont, renferme plusieurs métaux, tels que le plomb, le cuivre, etc., chacun de ces métaux est réduit séparément à des époques différentes, de sorte que le départ s'effectue naturellement.

» Il résulte de là que les minerais de cuivre et de plomb peuvent être traités de la même manière que celui d'argent, mais avec beaucoup moins de facilité, en raison des différents degrés d'oxidation qu'ils prennent, et des composés qu'ils forment pendant le grillage.

» Je prends la liberté de présenter aujourd'hui à l'Académie plusieurs appareils dans lesquels on voit la réduction immédiate de l'argent, du plomb et du cuivre.

» Les recherches dont je m'occupe en ce moment sur l'extraction des métaux devant être très longues, j'ai cru convenable, dans l'intérêt de la science, de faire connaître à l'Académie le *principe* à l'aide duquel on parvient à retirer quelques métaux de leurs minerais respectifs, et particulièrement l'argent. »

Que vos lecteurs fassent un moment abstraction de ce qu'ils peuvent savoir en électro-chimie, et se reportent au mois de février 1836 ; qu'ils cherchent dans la note que je viens de transcrire les faits généraux qui ont pu mettre sur la voie de la dorure électro-chimique et de la galvanoplastie. Qu'y trouveront-ils? Ils y verront l'annonce que, *sans l'intermédiaire du mercure, en construisant un appareil électro-chimique avec le fer, une solution concentrée de*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sel marin, et un minerai d'argent convenablement préparé, M. Becquerel est *parvenu à retirer de ce dernier l'argent qu'il renferme sous forme de cristaux*. Mais des formes d'appareils, mais des conditions de manipulation, pas un mot. Bien plus, si, pour parvenir à se faire une idée générale du procédé, on s'attache à quelques unes des expressions techniques empruntées dans cette note au traitement ordinaire des minerais, on arrivera facilement à se persuader que le procédé a beaucoup plus de rapport avec la voie sèche qu'avec la voie humide, et l'on se trouvera rejeté bien loin de la voie actuelle de la dorure électro-chimique et de la galvanoplastie.

A la vérité, cette note annonce aussi que M. Becquerel a présenté en même temps à l'Académie des appareils dans lesquels on voyait la réduction immédiate de l'argent, du plomb et du cuivre; et que, par conséquent, il éclaircissait par là ce que sa note pouvait avoir d'obscur.

L'objection serait plus spécieuse que vraie.

Et d'abord, MM. Jacobi, Spencer, Elkington, et probablement de Ruolz, n'assistaient pas à la séance du 29 février 1836. Quant à moi, il est très probable que j'étais présent.

Mais M. Becquerel a pour habitude d'employer des appareils d'une telle exiguité, que les formes et les dispositions de ceux qu'il a présentés n'ont guère pu être saisissables pour ma mauvaise vue, à la distance où le bureau se trouve du public; et l'obscurité traditionnelle de son langage n'a pas dû me faire porter une bien vive attention à la communication en question, dont il n'était resté aucune trace dans ma mémoire.

On ne peut méconnaître cependant aujourd'hui, malgré les réticences de cette note, qu'elle se rattache évidemment à des phénomènes analogues à ceux qui se produisent dans les opérations électrotypiques; mais cela tient uniquement à ce qu'aujourd'hui on sait ce qu'on ne savait pas en 1836, époque à laquelle j'aurais défié le plus habile de rien comprendre à la note de M. Becquerel. Ajoutons que parmi ceux qui élèvent quelque prétention sur la découverte de l'électrotypie, aucun ne mentionne M. Becquerel comme point de départ. C'est en nettoyant un couple voltaïque de Daniell que M. Jacobi fut mis sur la voie, par la remarque qu'il fit que le cuivre déposé sur l'élément négatif de ce couple avait épousé fidèlement les traces que la lime y avait laissées; c'est le même nettoyage qui m'a fait entrer dans la même route, en entendant de la bouche de M. Arago l'annonce des résultats auxquels était parvenu M. Jacobi. C'est l'absence du dépôt de cuivre sur une portion

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de l'élément négatif d'un couple semblable, où quelques gouttes de vernis s'étaient attachées, qui a guidé M. Spencer dans ses premiers essais. Tous trois, nous avons hautement avoué notre point de départ, et aucun de nous n'a songé à le faire remonter à M. Becquerel, dont nous ignorions complétement le mode d'opération; mode qui devait être bien inefficace et bien incomplet, puisqu'aujourd'hui encore il ne le fait pas connaître, et qu'il se borne à revendiquer un principe qu'il a constamment tenu sous le boisseau, si tant est qu'il l'ait réellement connu, ce qui devient passablement douteux quand, dans le début de son rapport, il semble signaler, comme connus dès 1836, les appareils voltaïques composés appliqués à la réduction des métaux, et comme un perfectionnement, la substitution qu'il y aurait faite alors d'un appareil simple fonctionnant avec du fer ou du zinc.

Justice faite des nouvelles prétentions de M. Becquerel, examinons maintenant celles de MM. Gaultier de Claubry et Dechaud.

La première condition qu'ils remplissent consiste à transformer en sulfate le minerai de cuivre, opération indiquée par les applications électrotypiques qui ont appris à tous que, de tous les sels de cuivre, le sulfate est celui dont on peut tirer le meilleur parti.

La première pensée des nouveaux inventeurs paraît avoir été de se tenir autant que possible en dehors des prescriptions contenues dans mes brevets. Dans ce but, ils imaginèrent d'abord de superposer, dans un même vase, deux dissolutions, l'une saturée de sulfate de cuivre plus dense, l'autre de sulfate de fer moins dense, dans les mêmes conditions qu'une couche de vin peut se superposer à une couche d'eau; de placer dans la première une lame de cuivre, dans l'autre une lame de fonte, communiquant avec le cuivre au moyen d'un conducteur métallique.

On a ainsi un couple à deux liquides dont l'action, dit le rapport, est *suffisante* pour décomposer le sulfate de cuivre. L'oxigène et l'acide du sulfate se portent sur la fonte, d'où résulte du sulfate de fer, tandis que le cuivre se dépose sur la lame de cuivre formant le pôle négatif. Le cuivre déposé dans les premiers instants est à l'état de pureté chimique; mais, continue le rapport, le fer devenant plus abondant, le cuivre, en se précipitant, entraine avec lui du fer. Il devient peu à peu cassant, puis pulvérulent à mesure que la dissolution s'appauvrit davantage.

Mais, tandis que cette dissolution devient moins dense, celle de sulfate de fer augmente en densité. Il en résulte : 1° une dissolution de cuivre normale, occupant la partie inférieure du vase; 2° une dissolution du même sel un peu moins dense, surnageant la pre-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mière; 3° une dissolution de sulfate de fer très dense; 4° une autre normale. Pour rester toujours dans les conditions primitives, et obtenir le cuivre en feuilles, il fallait enlever la solution de sulfate de cuivre moins dense et celle de sulfate de fer plus dense. C'est en cela, continue toujours le rapport, que consiste le principal perfectionnement apporté au traitement électro-chimique des minerais de cuivre par MM. Gaultier de Claubry et Dechaux.

Vous croyez peut-être que le rapport va nous dire en quoi consistent les conditions imaginées par ces messieurs pour l'enlèvement de ces deux liquides superposés. Pas le moins du monde. Il passe immédiatement à la description d'un appareil que M. Becquerel pouvait parfaitement décrire; car il est presque identique avec l'un de ceux qu'il a copiés dans mes brevets, pour ses *Éléments d'électro-chimie*.

Je vais rétablir cette lacune, en y ajoutant quelques observations sur les résultats forcés de cet appareil primitif.

Des robinets sont placés aux points occupés par les deux liquides à extraire, et leur ouverture règle l'écoulement de ces liquides en raison de la rapidité de l'opération. Des bassins à niveau constant, placés à des hauteurs convenables, conduisent, au moyen de tubes, le sulfate de cuivre saturé au fond du vase, et le sulfate de fer normal à la partie supérieure, de sorte que l'équilibre se trouve constamment rétabli.

Assurément je n'aurais que des éloges à donner aux dispositions qui déterminent, dans cet appareil, l'échange régulier et permanent des liquides, si l'appareil lui-même ne reposait sur les conditions les plus absurdes en pratique.

Et d'abord la superposition des deux liquides, sans cloison perméable qui les sépare, ne peut persister d'une manière absolue qu'autant qu'aucun ébranlement, dans l'atelier, ne tendra à les mêler; circonstance qui se produira inévitablement toutes les fois que, pour retirer le cuivre réduit, on enlèvera de l'appareil et la plaque de fonte et celle de cuivre.

Mais ce que n'a pas vu le rapporteur, et ce qui a fait abandonner cet appareil pour s'emparer tout simplement des conditions qui m'appartiennent, c'est qu'à mesure de la dissolution de la plaque de fonte, tous les corps étrangers qui s'y trouvent, le charbon, la silice, etc., tombant sur le dépôt, s'y incorporent, et en altèrent notablement les propriétés.

Obligés de renoncer à cette malencontreuse disposition, les nouveaux inventeurs ont donc recouru à un appareil ainsi décrit dans le rapport.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

« Leur appareil se compose.... d'une caisse en bois doublée de plomb, recouvert ensuite de cire ou de toute autre substance analogue, et destinée à recevoir la dissolution de sulfate de fer. Cette caisse est pourvue de deux ouvertures, l'une supérieure pour l'introduction de la liqueur normale, l'autre inférieure, servant à expulser la liqueur dense au moyen de siphons.

» Dans son intérieur, et à distance convenable, plongent des cases en cuivre ou tôle plombée, dont les extrémités et la partie inférieure sont en métal, tandis que les parois latérales sont à jour et garnies de feuilles de carton fixées solidement. Une ouverture inférieure amène également, au moyen de siphons, la dissolution concentrée de cuivre, et une autre placée presque à la partie supérieure permet l'écoulement de la dissolution faible.

» Dans ces cases, on place le métal négatif destiné à recevoir le dépôt de cuivre, et entre chacune d'elles, ainsi qu'à l'extérieur des deux cases extrêmes, se trouvent à demeure des plaques en fonte destinées à produire l'action voltaïque.

» Des conducteurs métalliques servent à établir la communication entre toutes les parties du couple, et on règle l'appareil de manière qu'il arrive à chaque instant autant de dissolution forte de sulfate de cuivre et de dissolution faible de sulfate de fer qu'il sort de liqueur faible de cuivre et de liqueur forte de fer : l'action se continue sans aucune main-d'œuvre.

» D'un autre côté, pour faciliter le passage du courant entre les deux dissolutions en contact, et séparées par des diaphragmes en carton, ceux-ci sont percés de petites ouvertures au-dessus du niveau supérieur de la plaque négative ; au moyen de cette disposition, la dissolution de sulfate de fer normale, occupant la partie supérieure de la case, vient s'étendre sur celle de cuivre, de sorte que l'appareil est ramené à ses conditions premières.

. . . . . .

» Les feuilles de cuivre peuvent être livrées de suite au commerce ; passées au laminoir, elles acquièrent la densité de celles du cuivre obtenues au laminage.

» Tout le cuivre précipité n'est pas obtenu en feuilles. Il n'y en a guère que les trois cinquièmes, et même la moitié ; le reste est à l'état de poudre ou de fragments que l'on soumet à la fonte. »

Viennent ensuite quelques observations sur la nécessité de transformer économiquement le minerai en sulfate ; sur le mélange de plus en plus considérable du sulfate de fer avec le sulfate de cuivre, ce qui oblige fréquemment à traiter directement, par le fer, les dissolutions épuisées au lieu de les repasser indéfiniment sur le mi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nerai pour les saturer de sulfate de cuivre, etc., et le rapport conclut à témoigner aux inventeurs l'intérêt de l'Académie pour un procédé qui présente des chances de succès.

J'ai dit plus haut que cet appareil est presque identique avec l'un de ceux que j'ai décrits dans mes brevets : de nombreuses citations pourraient justifier ici cette assertion ; mais je ne mettrai pas vos lecteurs à cette épreuve.

Je me bornerai à dire qu'il est l'un des premiers que j'ai imaginés après avoir vainement tenté de réaliser les conditions publiées dans le mémoire de M. Spencer, conditions qui exigeaient, comme dans le premier appareil de MM. Gaultier de Claubry et Dechaux, la position horizontale des deux éléments du couple et la superposition des deux liquides, séparés à la vérité par une cloison de plâtre qui empêchait leur mélange.

On trouvera, dans vingt endroits de ces mêmes brevets, l'indication de vases à parois verticales perméables, le papier ou le carton compris, permettant la position verticale des éléments du couple. On y trouvera également la présence simultanée de plusieurs de ces vases perméables dans la même caisse, et baignés par le même liquide, de manière à ne former qu'un seul couple de plusieurs couples réunis ; on y verra encore l'emploi de siphons et de réservoirs à niveau constant pour maintenir les liquides au même degré de densité, par l'enlèvement des liquides affaiblis et l'entrée de liquides plus saturés, etc., etc.

Mais ce qu'on n'y trouvera pas, et ce sur quoi je ne réclame aucun droit d'inventeur, c'est la superposition immédiate du liquide excitateur sur le sel à réduire. J'ai eu trop souvent à me plaindre de leur voisinage réciproque, même lorsqu'ils sont séparés par une cloison perméable, pour avoir songé à les mettre en contact immédiat, et à provoquer leur mélange dont toutes mes expériences ont constamment tendu à me garantir. J'ajouterai que c'est à cette inconcevable disposition que MM. Gaultier de Claubry et Dechaux doivent la réduction à l'état pulvérulent de la moitié de leur dépôt, et très probablement la faible cohésion de leur cuivre en feuilles que des conditions plus logiques rendraient d'une homogénéité parfaite, qui dispenserait de le laminer pour le faire servir à un très grand nombre d'usages industriels.

Vos lecteurs me pardonneront sans doute l'étendue que j'ai donnée à cette partie de mes *Études techniques*, s'ils veulent bien considérer qu'en plaidant ma propre cause, je défends celle d'un nombre considérable d'inventeurs, devenus, comme moi, la proie des vampires de l'industrie ; que, sous mille formes diverses, de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pareilles spoliations s'accomplissent tous les jours, et qu'en l'absence d'une répression efficace par les tribunaux, il est utile de signaler à l'opinion publique des faits qui ne tendent à rien moins qu'à décourager les inventeurs honorables dont les découvertes sont impunément livrées au pillage.

Mais revenons à nos *Études techniques*, et passons des arts plastiques proprement dits, qui ont pour but la production des formes en relief, à ceux qui se contentent de l'apparence de ces mêmes formes, dont ils obtiennent la représentation au moyen de teintes plus ou moins foncées, appliquées sur un plan, et dont l'artifice peut produire la plus complète illusion.

J'ai déjà indiqué plus haut comment, au moyen de mes procédés électrotypiques, je puis obtenir d'une planche en taille-douce un nombre quelconque d'autres planches entièrement identiques, susceptibles de donner, chacune, un grand nombre d'épreuves ; le cuivre dont elles sont formées pouvant, à volonté, avoir une dureté beaucoup plus grande que le cuivre écroui au marteau, et par conséquent s'altérer beaucoup moins au tirage qu'on ne l'a généralement supposé d'après des spécimens d'amateurs qui, n'ayant pas étudié les lois de la réduction électrique des métaux, n'avaient obtenu qu'un cuivre poreux et sans résistance.

J'ajouterai que les mêmes moyens peuvent servir, en en renversant les conditions, à la production beaucoup plus facile des planches dites à l'eau-forte, qui exigent des soins infinis et des précautions d'une extrême délicatesse de la part des artistes qui s'adonnent à ce genre de gravure.

En effet, après avoir enlevé à la pointe le vernis étendu sur la planche, pour mettre le cuivre à découvert dans tous les points qui doivent former le dessin, on verse sur cette planche un acide qui attaque le cuivre et le ronge à une certaine profondeur. Lorsque l'artiste juge que sa morsure est assez profonde pour les détails les plus délicats de sa planche, il retire l'acide, lave à grande eau, fait sécher et recouvre, avec un vernis au pinceau, toutes les parties qu'il suppose suffisamment mordues. Il verse dessus une nouvelle quantité d'acide pour continuer la morsure des parties qui doivent avoir plus de vigueur que les premières ; puis recouvre encore de vernis celles qui donneront les demi-teintes, pour faire mordre encore plus profondément certains points qui doivent venir plus foncés à l'impression. La même opération se répète pour chaque valeur des tons que doit comporter sa planche, et l'on comprend combien une pareille succession des mêmes soins est longue et délicate ; à quels dangers l'artiste expose son œuvre, s'il le perd un instant de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vue pendant chaque morsure. Un changement de température, d'état électrique de l'atmosphère, retarde ou précipite l'action de l'acide, de manière à produire en quelques minutes les mêmes effets que, dans d'autres circonstantes, on n'obtient pas en plusieurs heures. Ajoutons que l'application successive du vernis sur les tons suffisamment mordus les sépare les uns des autres d'une manière tellement tranchée qu'il reste énormément à faire à l'artiste pour raccorder, avec les outils convenables, les différentes nuances obtenues par l'eau-forte, et harmoniser tous ses effets.

Toutes ces difficultés disparaissent devant l'emploi des procédés dont j'ai donné une idée sommaire dans ma lettre tant de fois citée, et que je demande à vos lecteurs la permission de reproduire ici en quelques mots.

La planche étant prête à recevoir la morsure, on la place dans un vase contenant du sulfate de cuivre dissous, et on la constitue à l'état positif en la mettant en communication avec l'élément négatif d'un couple voltaïque, ou l'extrémité négative d'une pile si l'on a besoin d'une certaine énergie. Une lame de métal constituée à l'état négatif par sa communication avec l'élément positif du couple est plongée dans le liquide en regard de la planche. Sous l'influence du courant qui se forme alors, le cuivre de la planche est attaqué dans les portions découvertes par la pointe, se transforme en sulfate de cuivre, tandis qu'une portion équivalente de ce même sel se réduit sur l'électrode négatif, dont il suffit de faire varier la forme, l'étendue et la distance à la planche pour attaquer plus ou moins énergiquement celle-ci dans les points convenables pour produire les effets cherchés. En un mot, on peut se servir de cet électrode négatif comme d'un pinceau qu'on promène au-dessus des parties de la planche qu'on veut rendre plus vigoureuses, et produire ainsi une foule d'effets locaux que l'ancienne méthode ne peut obtenir qu'avec d'énormes difficultés, et qui ne seraient qu'un jeu entre les mains d'artistes habiles.

Ajoutons que la morsure de la planche n'ayant lieu que sous l'influence du courant, on peut interrompre à volonté l'opération en retirant du liquide l'électrode négatif, sans avoir besoin d'en retirer la planche elle-même; qu'enfin l'emploi du vernis au pinceau pour recouvrir les portions suffisamment mordues est à peu près inutile, et qu'on est dispensé de ces raccords difficiles entre les différents tons, puisqu'ils peuvent être directement fondus et harmonisés sous le pinceau métallique dont je viens de parler.

Malheureusement les artistes sont peu curieux d'études nouvelles; et le petit nombre de ceux auxquels j'ai proposé d'essayer

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de cette méthode, après avoir accueilli avec enthousiasme ma proposition, n'ont jamais trouvé le temps de l'essayer.

Quelques uns de vos lecteurs ont peut-être rencontré quelquefois un exemplaire d'une vieille gravure représentant une tête de Christ formée d'une ligne unique contournée en volute régulière, mais variant de largeur en certains points, de manière à produire les ombres et les clairs qui constituent cette figure.

On trouve dans le *Manuel du tourneur* de Bergeron, déjà cité à l'occasion de la sculpture mécanique, un spécimen grossier de gravure représentant une médaille, et dont l'effet est produit par des lignes d'égales largeur, mais dont l'écartement varie. M. Collas, dont j'ai signalé plus haut les admirables machines à sculpter, s'est emparé du principe vaguement indiqué dans l'ouvrage cité, et est parvenu à établir des machines à graver au moyen desquelles on reproduit, sur un plan, l'apparence du relief d'une médaille ou d'une sculpture placée sur la machine. Ces procédés ont servi à la publication du *Trésor de numismatique*, immense collection de médailles, de camées et de bas-reliefs qui a rendu d'éminents services à l'étude de l'archéologie, en mettant entre les mains de tous les pièces disséminées dans les divers musées de l'Europe.

Les formes particulières données par M. Collas à sa machine ne pourraient être décrites convenablement qu'au moyen de nombreuses figures. Je vais toutefois essayer d'en formuler le principe général.

Qu'on suppose une plate-forme horizontale, susceptible de marcher de quantités quelconques, mais égales, au moyen d'une vis à tête graduée, et, à l'extrémité de celle-ci, une autre plate-forme douée des mêmes propriétés, mais perpendiculaire au plan de la première, les mouvements des deux plates-formes étant d'ailleurs liés de manière que le mouvement imprimé à l'une entraîne celui de l'autre. Plaçons, maintenant, entre les deux plates-formes un chariot pouvant se mouvoir parallèlement aux plans de ces deux plates-formes, et armé de deux branches, dont l'une, horizontale, sera perpendiculaire à la plate-forme verticale, et dont l'autre, verticale, sera perpendiculaire à la plate-forme horizontale, la première portant une touche analogue à celle que j'ai décrite, page 103, pour les machines à sculpter, et la seconde un burin ou une pointe de diamant. Supposons enfin qu'outre son mouvement de translation parallèle aux deux plates-formes, le chariot puisse occasionnellement se mouvoir dans une direction perpendiculaire à la plate-forme verticale, et nous aurons, toutefois sous une forme qui est bien différente de celle qu'a adoptée M. Collas, la matérialisation du principe constitutif de son ingénieuse machine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Fixons maintenant sur la plate-forme verticale le bas-relief à représenter; fixons aussi sur la plate-forme horizontale la planche de cuivre ou d'acier qui doit recevoir l'action du burin ou de la pointe de diamant, et amenons les plates-formes dans une position relative telle qu'en faisant marcher le chariot, la touche parcoure le bord extrême de l'un des côtés du bas-relief. Si ce côté est un plan, la touche et le burin se mouvront en ligne droite, et une ligne droite sera tracée sur la planche. Le déplacement des deux plates-formes, au moyen de la vis de rappel qui les commande, permettra de tracer, sur la planche, une seconde ligne droite parallèle, et à une petite distance de la première; puis se succéderont autant de lignes droites que le comporteront l'écartement régulier donné aux lignes à tracer et la grandeur de la surface plane parcourue d'abord par la touche, qui, enfin, parviendra aux parties sculptées du bas-relief. Alors la touche sera repoussée par les saillies, et pénétrera dans les cavités de la sculpture; circonstance qui fera tracer au burin une ligne ondulée pour les portions correspondantes aux saillies et aux dépressions du bas-relief, et droite pour les portions entièrement planes. Les lignes suivantes, parcourues par la touche sur les portions voisines du bas-relief, détermineront d'autres ondulations dans les lignes correspondantes tracées par le burin; et, comme ces ondulations ne seront autre chose qu'une projection géométrique, d'un certain ordre, sur un plan, des saillies et des dépressions du bas-relief, il en résultera une image du bas relief qui, dans les positions décrites, le représentera vu sous un angle de 45 degrés. D'autres conditions mécaniques, d'une description trop délicate pour être tentée sans figures, en donneront une image vue de face ou sous tel angle qu'on voudra.

J'avais espéré pouvoir donner à vos lecteurs plusieurs spécimens de cette ingénieuse invention, et qui seraient résultés d'un médaillon, modelé de demi-grandeur par M. Caunois, réduit au quart par les machines à sculpter de M. Collas, électrotypé par moi, gravé sur cuivre par la machine que je viens de décrire, et qui appartient aujourd'hui aux propriétaires du *Trésor de numismatique*, et enfin électrotypé de nouveau pour mettre en regard une épreuve de la planche originale et une épreuve de la planche copie. Malheureusement on est plus habitué, chez M. Lachevardière, à graver l'acier que le cuivre. La morsure de la planche qu'il a bien voulu me faire exécuter est tellement peu profonde que l'imprimeur m'a déclaré qu'il ne répondait pas d'en tirer convenablement le nombre d'exemplaires nécessaire à la *Revue*, et j'ai dû renoncer à mon projet, du moins sous cette forme; car, au moment où j'écris ces lignes, M. L. Tissier, dont j'aurai plus loin à m'occuper, vient d'obtenir en re-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lief sur pierre la même production de la machine de M. Collas. L'extrême délicatesse des lignes données par cette machine n'a pas trop souffert des procédés de l'impression typographique, et ce spécimen accompagnera les renseignements que je donnerai à vos lecteurs sur les ingénieux procédés de M. L. Tissier.

La gravure sur cylindre pour l'impression des tissus avait pour principaux représentants à l'exposition MM. Feltrappe frères (1) et Bonafoux (2). Les premiers s'occupent plus particulièrement de la gravure mécanique ; les seconds, de la gravure à l'eau forte.

Les procédés mécaniques sont de deux espèces : le guilloché qui résulte de l'enlèvement d'une certaine quantité de métal par un burin mû mécaniquement sur le cylindre, soit dans le sens de son axe, soit en suivant la circonférence.

Ces lignes produisent certains effets de moirage par leurs ondulations ou par leur croisement réciproque déterminés par le goût du graveur.

MM. Feltrappe ont imaginé un procédé aussi simple qu'ingénieux pour obtenir ces moirés d'un cylindre gravé en ligne droite ; mais je ne suis pas autorisé à le décrire. Je me bornerai à dire que les effets produits peuvent être variés à l'infini, et que le hasard qui préside à leur formation leur donne fréquemment une originalité qu'ils ne pourraient tenir de la main du plus habile graveur.

La gravure à la molette est beaucoup plus employée, parce qu'elle permet la représentation régulière d'une infinité de formes qu'on peut disposer symétriquement sur le cylindre. Elle a beaucoup d'analogie avec l'*opus mallei* des graveurs du XVIe siècle.

La figure unique, ou un fragment de dessin général qui doit se répéter, se grave d'abord en creux sur un petit cylindre d'acier qu'on trempe ensuite très dur. On le place sur une machine où on lui oppose un cylindre d'acier plus gros auquel un recuit convenable a donné toute la mollesse possible. Une pression régulière les applique l'un contre l'autre. On détermine entre eux un mouvement de rotation alternatif ou continu qui force la matière du cylindre mou à pénétrer dans les creux du cylindre gravé et à en prendre une empreinte parfaite en relief. On trempe ce nouveau cylindre, qu'on place ensuite sur la machine à graver, où se trouve le rouleau de cuivre qui doit en recevoir les empreintes plus ou moins nombreuses. La pression du cylindre relief contre le rouleau de cuivre est déterminée par un levier armé d'un poids, et est,

(1) Médaille d'argent.
(2) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

par conséquent, la même sur tous les points du rouleau où on porte le cylindre d'acier, dont le relief s'enfonce dans ce rouleau sous l'influence d'un mouvement de rotation alternatif ou continu, dont on a soin que la durée soit la même pour chaque opération partielle. Comme cet enfoncement du relief détermine le relèvement latéral du cuivre dont la saillie empêche le relief de descendre à toute la profondeur voulue, on enlève ces rebarbes par un rodage, et on recommence l'opération jusqu'à ce que l'enfoncement du cylindre ne donne plus lieu à aucun relèvement de la matière.

Enfin, un diviseur placé sur le tourillon du rouleau permet de déterminer exactement la position du cylindre d'acier à chaque opération partielle.

Ces travaux exigent, dans leur accomplissement successif, le concours d'hommes habiles et intelligents, qui parviennent à des résultats remarquables quand, comme dans les ateliers de MM. Feltrappe, ils ont à leur disposition des machines d'une grande perfection.

Les difficultés de la gravure à l'eau-forte sont d'un autre genre, et ont été surmontées avec beaucoup de talent et de bonheur dans les cylindres exposés par MM. Bonafoux.

L'appréciation de la composition du métal est une des premières conditions de réussite; chaque cuivre exige l'emploi d'un acide particulier : le rouge, le bronze et le laiton se traitent différemment. Le temps nécessaire pour obtenir une morsure à la profondeur convenable varie selon la malléabilité de ces métaux, la température et l'état électrique de l'atmosphère. Malgré ces difficultés, MM. Bonafoux sont parvenus à se faire une réputation justement méritée dans ce genre de gravure, qu'ils exploitent au reste presque exclusivement.

Lithographie.

Avant de passer aux perfectionnements récents de la lithographie, il ne sera pas inutile, pour en faire comprendre le mérite ou la portée, d'exposer ici quelques notions théoriques sur cet art, dont les procédés sont appliqués par bon nombre d'imprimeurs sans se rendre compte du pourquoi ni du comment des opérations préliminaires qu'ils pratiquent.

La pierre lithographique, dont la meilleure qualité est encore tirée des environs de Munich, patrie de Senefelder, inventeur de ce nouvel art, est un carbonate de chaux contenant une proportion considérable de silice. On la dresse et on la doucit en la rodant sur une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

autre pierre au moyen de l'interposition d'une couche de sable dont la finesse détermine la grosseur du grain dont sa surface doit rester hérissée, quand il s'agit de dessins au crayon. On rend au contraire cette surface polie, s'il s'agit de dessins à la plume. On dessine sur cette pierre, au moyen d'un crayon plus ou moins soluble dans l'eau, ordinairement composé de savon, de cire et de suif de mouton épuré que l'on durcit avec de la gomme-laque, du mastic en larmes, ou du copal dans des proportions qui conviennent au genre du dessin à faire, ou aux habitudes de l'artiste.

Le crayon, promené sur la pierre, laisse, au sommet des grains dont la pierre est recouverte, une portion plus ou moins grande de sa substance selon que l'artiste a plus ou moins appuyé sur chaque grain. Lorsque le dessin est terminé, la condition essentielle à remplir est de conserver, à tous les points de la pierre que le crayon a touchés, la propriété d'absorber les corps gras, et d'empêcher cette absorption par tous les points qui ont été respectés par lui.

Dans les premiers temps, on parvenait à ce résultat, en émergeant la pierre dans un bain d'acide nitrique ou hydrochlorique étendu d'eau qui, d'un côté, rendait insoluble le savon du crayon, et ne permettrait plus à l'eau de l'enlever ou de pénétrer la pierre dans les points qui en étaient recouverts, et de l'autre la creusaient légèrement autour de ces mêmes points, en attaquant la matière calcaire dont l'enlèvement donnait à la pierre une certaine porosité. On la recouvrait ensuite d'une couche de gomme arabique qu'on laissait sécher cinq à six heures, et souvent vingt-quatre.

M. Lemercier est le premier qui ait songé à aciduler et à gommer les pierres par une seule opération, en se servant d'un mélange d'acide nitrique et de gomme qu'il applique sur la pierre avec un très large pinceau. Cette heureuse modification permet d'obtenir, sur-le-champ, des épreuves d'une pierre qu'autrefois on ne pouvait tirer que le lendemain.

L'impression s'obtient en passant, sur la pierre mouillée d'eau, un rouleau chargé d'une encre formée d'huile cuite à un certain degré et de noir de fumée. Les portions mouillées de la pierre refusent cette encre, qui, au contraire, se dépose sur chacun des points qui ont été garnis par le crayon. Une feuille de papier, sèche ou humide, suivant la nature du dessin, est alors déposée sur la pierre, puis recouverte du tympan formé d'un cuir épais, et soumise à une pression considérable, au moyen d'une espèce de racloire sous laquelle on fait passer le tout. Cette pression détermine, sur la feuille de papier, le transport de l'encre déposée par le rouleau sur la pierre, et y reproduit, en sens inverse, le dessin exécuté par l'artiste. On

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouille la pierre de nouveau, on l'encre avec le rouleau, et on tire une nouvelle épreuve. Cette opération pourrait se continuer pour ainsi dire indéfiniment, si plusieurs causes n'altéraient le dessin, surtout en empâtant, en élargissant les points déposés sur le sommet des grains ou les lignes tracées, soit à la plume, soit au tire-ligne.

L'emploi de la gomme a pour but de retarder plus ou moins longtemps, sinon d'empêcher entièrement, cet empâtement. En pénétrant dans les pores de la pierre que l'acide a multipliés en lui enlevant une portion de son calcaire, elle empêche le corps gras de s'étaler, et limite l'étendue qu'il doit conserver au sommet de chaque grain. L'absence de la gomme, au contraire, malgré la présence de l'eau, permet à l'encre d'impression de pénétrer graduellement la pyramide qui forme le grain, et par conséquent d'augmenter la surface du point noir qui, d'abord, y avait été déposé.

On voit, d'après ce qui précède, que le principe fondamental de la lithographie au crayon consiste dans le graissement du sommet d'un certain nombre de pyramides presque microscopiques qui recouvrent la pierre, graissement qui descend plus ou moins le long des talus de chaque pyramide, selon que l'artiste a voulu donner plus ou moins de vigueur à certaines parties de son dessin. Il en résulte que chaque point ainsi formé est entouré d'une zone blanche produite par les vallées qui enveloppent chaque petite montagne sur le sommet de laquelle le corps gras est déposé.

On comprendra maintenant tout ce qu'a de pénible, pour l'artiste, le soin minutieux qu'il doit apporter à son travail, pour ne pas empâter les vallées qu'il doit laisser vierges de son crayon, dont la pointe rapidement émoussée doit être taillée dix fois par minute pour éviter cet empâtement, et l'on ne s'étonnera pas d'apprendre qu'à toutes les époques on a tenté de rendre à l'artiste sa liberté, en lui permettant de recourir à des procédés analogues à l'estompe ou au lavis, si utiles au dessinateur qui crée, et dont la chaleur s'éteint pendant l'emploi si pénible et si fastidieux du crayon lithographique qui exige, en outre, un long apprentissage auquel les artistes de mérite refusaient de se soumettre.

En 1819, Engelmann, l'un des premiers importateurs du nouvel art en France, imagina de recouvrir les parties qu'on veut réserver sur la pierre avec de la gomme, et de tamponner les autres parties avec diverses teintes superposées. Ce procédé, qui paraissait devoir conduire au lavis lithographique, avait l'inconvénient grave de ne pas permettre à l'artiste de voir son dessin.

Les planches terminées ressemblaient assez bien aux dessins lavés, mais on y distinguait trop facilement les traces du tampon ; les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tirages étaient inégaux, et, en définitive, c'était pour les artistes un nouveau métier à apprendre : ils s'y refusèrent.

Plus tard, M. Lemercier imagina une encre qu'on étendait sur la pierre; puis on en modifiait la teinte noire à l'aide de la flanelle, de la mousseline et du grattoir ; on terminait ensuite au pinceau. C'est par ce procédé que Devéria et Gengembre exécutèrent des planches remarquables parmi lesquelles on peut citer la *Conversation anglaise* et des *études de chevaux*.

En 1830, M. Tudot parvint à imiter la gravure en manière noire en écrasant du crayon sur la pierre, en l'étendant avec un ébauchoir de sculpteur, et en ramenant les demi-teintes et les clairs à l'aide d'une espèce de gratte-bosse ou de pinceau en fil d'acier très fin qu'il nomme *égrainoir*, et pour lequel la Société d'encouragement lui décerna un prix de 2,000 francs.

Plus tard, M. d'Orschwiller imagina d'étendre sur la pierre une teinte d'encre ou de crayon, et de modifier le noir par mille procédés ingénieux : l'eau, l'essence de térébenthine, l'humidité de l'haleine, les pointes en buis, en ivoire, les grattoirs, etc., etc. On lui doit quelques cahiers d'intérieur pleins de mérite, exécutés par ces procédés.

On comprend que tous ces moyens sont difficiles et chanceux. Aucun d'eux ne ressemble au lavis ou à l'estompe ordinaire : aussi aucun d'eux n'a-t-il complétement réussi. Le tirage est venu ajouter ses propres difficultés à celles-là ; et le lavis, ainsi que l'estompe lithographique, que chaque tentative nouvelle semblait enfin devoir donner aux artistes, restait toujours à trouver; l'un des plus habiles lithographes, Engelmann, avait même fini par les déclarer impossibles.

Que fallait-il cependant pour y parvenir ?

Une encre qui se délayât comme l'encre de Chine et la sépia, qui pût ensuite s'étendre facilement avec le pinceau sur la pierre, et s'y modifier comme l'encre de Chine et la sépia se modifient sur le papier;

Un crayon lithographique qui se prêtât aux caprices de l'artiste, qui pût s'écraser, s'étendre et se modifier avec l'estompe, comme le crayon ordinaire s'écrase et s'étend sur le papier.

Grâce aux efforts de M. Lemercier, ce qui était déclaré impossible s'est cependant réalisé.

Voici comment il y est parvenu :

L'encre pour le lavis, le crayon pour l'estompe, sont intimement mélangés, mais non combinés avec une substance d'une extrême divisibilité, et facilement attaquable par l'acide employé à la pré-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

paration de la pierre, ou pouvant s'éliminer par le lavage. Les doses de cette substance varient avec la nature du dessin à faire, et plus elle est abondante, moins l'épreuve a de vigueur.

Le crayon écrasé sur la pierre y est rendu aussi adhérent que possible par un frottement énergique qui empâte complétement toutes les vallées qui contournent les grains ; puis, au moyen de brosses plus ou moins rudes, d'estompes en drap ou en flanelle, on enlève ce même crayon, de manière à découvrir le sommet du grain en pénétrant à des profondeurs plus ou moins grandes le long des talus. Ce procédé est donc exactement le contraire du procédé ordinaire, puisqu'ici ce sont les sommets des grains qui produisent le blanc, et que les teintes sont formées par le corps gras déposé dans les vallées. On comprend qu'on peut également traiter la pierre avec cette sauce, comme le papier, dans les procédés de l'estompe ordinaire.

Lorsqu'on prépare la pierre pour le tirage, l'acide détruit la substance interposée entre les molécules du corps gras, et met à découvert les portions de la pierre qui devront refuser l'encre d'impression.

Les teintes obtenues ainsi sont d'une régularité parfaite, parce que le frottage opéré par l'artiste enlève en même temps des quantités proportionnelles du corps gras et de la substance en question.

Le problème est aujourd'hui entièrement résolu, et de nombreux chefs-d'œuvre sortis des mains des Ciceri, des Sabatier, des Villeneuve, des Julien, des Gudin, etc., etc., attestaient, à l'exposition, que la lithographie était enfin entrée dans le véritable domaine de l'art, en mettant, entre les mains des artistes, des procédés qui leur laissent une entière liberté, et suppriment pour eux toute la fatigue et tous les ennuis du métier.

Avant cet important perfectionnement, M. Lemercier avait fait faire à la lithographie de nombreux progrès de détail dont les conditions minutieuses exigeraient trop de développement pour être convenablement décrites, et que je remplacerai par un nouvel extrait de mes notes biographiques.

Avant d'être notre plus habile lithographe, M. Lemercier exerçait la profession de vannier. Mais, dès son enfance, il manifesta un goût très prononcé pour le dessin : aussi, au lieu de dépenser les quelques sous que sa mère lui donnait pour ses déjeuners, il mangeait souvent son pain sec pour amasser de quoi acheter des images qu'il s'amusait à copier. Mais, comme cette occupation le distrayait de son travail, il vit maintes fois son père lui déchirer ses dessins

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et le renvoyer, à coups de houssine, à la cave, atelier habituel des vanniers.

A l'âge de dix-neuf ans, M. Lemercier fut fiancé à la fille d'un des premiers vanniers de Paris, avec l'assurance de succéder prochainement à son beau-père. Mais alors le dégoût de cette profession était devenu insurmontable chez lui, et plutôt que de s'y laisser condamner à perpétuité, il préféra s'en affranchir immédiatement par un coup de tête. Il avait à grand'peine amassé une centaine de francs avec laquelle il croyait pouvoir longtemps se suffire à lui-même ; un de ses amis était ouvrier lithographe chez M. Langlumé, où il jouissait d'une certaine considération, et M. Lemercier n'hésita pas à s'y faire recevoir comme apprenti, sans rien gagner pendant six mois.

Mais M. Lemercier avait compté sans son hôte. On trouva beaucoup plus avantageux, pour l'établissement, d'utiliser sa force musculaire à broyer le noir, à grener les pierres, à les lui faire porter chez les artistes, qu'à lui mettre une presse entre les mains.

Il vit bientôt la fin de ses 100 francs; et, malgré les fatigues qu'on lui imposait dans l'atelier, il fut obligé de se remettre à faire des panniers, en se levant avant l'ouverture de l'atelier, et en retournant à sa cave depuis la fin du jour jusqu'à onze heures ou minuit, pour gagner sa nourriture et son entretien.

Aux reproches de sa famille, qui ne pouvait comprendre sa détermination, se joignaient encore les sarcasmes de l'atelier, qui trouvait inconvenant qu'un homme de peine osât s'immiscer dans les mystères de l'art. En effet, à cette époque, les belles épreuves lithographiques qu'on obtenait dans les ateliers des Lasteyrie, des Engelmann, des Constant, des Villain, des Langlumé, étaient plutôt le résultat du hasard que de l'habileté réelle des ouvriers. M. Lemercier, aussitôt qu'un moment de loisir le lui permettait, observait tous les phénomènes si nombreux et si divers qu'offre l'impression lithographique, phénomènes que les plus habiles étaient loin de pouvoir expliquer. Tantôt, un dessin admirablement fait sur la pierre, ne venait pas ou ne donnait que peu de bonnes épreuves; tantôt il se couvrait de taches, ou bien certaines parties ne venaient pas du tout; on ne pouvait ni retoucher, ni désempâter un dessin devenu trop noir, etc., etc. Cette incertitude dans les résultats éloigna alors de la lithographie un grand nombre d'artistes distingués.

Tout cela occupait beaucoup l'attention de notre prétendu apprenti, qui, dans ses heures de repos et le dimanche, prenait la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

presse d'un ouvrier et s'amusait à tirer sur mauvais papier une partie des pierres qu'on lui donnait à effacer, et auxquelles il finissait quelquefois par rendre les qualités qui avaient disparu entre les mains des ouvriers de profession.

Les six mois révolus, il fut mis à la presse avec un salaire de 1 fr. 50 c. par jour, somme plus que suffisante pour ses modestes besoins, et avec laquelle il put non seulement vivre, mais faire de nombreux essais sur les substances propres à la lithographie. Il employa surtout ses moments de loisir à essayer de restaurer les dessins mis au rebut. Ses succès en ce genre ne tardèrent pas à lui susciter de nombreuses querelles, surtout lorsqu'il acceptait de tirer les pierres que les autres ouvriers prétendaient ne pouvoir fournir de bonnes épreuves. Mais si, d'un côté, la jalousie s'éveillait parmi ses camarades, de l'autre les artistes et les éditeurs, dont les dessins, souvent coûteux, étaient sauvés par M. Lemercier, tenaient bonne note de l'habileté du jeune lithographe.

Un an après sa sortie d'apprentissage, sa journée fut portée à 3 fr., et je lui ai souvent entendu répéter que ce fut le plus beau jour de sa vie. Peu de temps après, il entra comme chef d'atelier chez Senefelder, puis au même titre chez mademoiselle Formentin.

Enfin, en 1827, il s'établit pour son propre compte, avec une seule presse qu'il faisait travailler jour et nuit. Bientôt après il en fit faire une seconde pour son frère, qui est devenu son premier et son plus habile imprimeur.

Les artistes et les éditeurs, qui n'avaient pas oublié que c'était souvent à l'habileté personnelle de M. Lemercier qu'ils avaient dû la conservation de dessins d'un prix élevé, ne tardèrent pas à lui porter leurs pierres, surtout lorsqu'ils lui virent contracter l'obligation de les préparer lui-même, et d'en tirer les premières épreuves afin d'en assurer la durée, par un encrage approprié au faire de l'artiste, et donner à l'ouvrier qui les tire un modele auquel il doit se conformer.

Aujourd'hui M. Lemercier est à la tête du plus bel établissement lithographique qui existe en Europe. Il occupe soixante-dix presses et plus de cent cinquante personnes.

La réputation de M. Lemercier est telle qu'un grand nombre de ses presses est constamment occupé à tirer des pierres qu'on lui adresse de toute l'Italie, de l'Allemagne et même de la Russie, les artistes ou les éditeurs de ces contrées préférant une augmentation de frais aux risques qu'ils pourraient courir en faisant tirer ces pierres sous leurs yeux, même par les élèves de M. Lemercier qui

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se sont établis à Naples, à Milan, à Vienne et à Saint-Pétersbourg.

L'impression lithographique à plusieurs couleurs a été récemment l'occasion d'une polémique dont l'exposé succinct me permettra d'en faire connaître les conditions pratiques.

Dans la séance du 23 décembre dernier, M. Dufrénoy présenta à l'Académie des sciences la *feuille d'assemblage* de la *carte géologique de la France*, imprimée dans l'atelier lithographique de l'imprimerie royale, sous la direction de M. Derenemenil. Cette carte, de 57 cent. sur 52, est recouverte, outre le tracé en noir, de vingt-trois teintes plates différentes, bien tranchées, servant à désigner la nature des terrains qui constituent le sol de la France. Ces teintes, réparties sur une infinité de points de la surface, affectent les formes les plus variées, et sont, pour un très grand nombre, d'une telle ténuité, qu'elles couvrent à peine un millimètre carré. Elles sont, de plus, séparées entre elles par de légers contours en lignes ponctuées que les couleurs ne doivent pas franchir. En un mot, ce travail réunit, à un extrême degré, tous les genres de difficultés.

Voici, d'après la note de M. Dufrénoy, les conditions essentielles employées pour obtenir ce résultat.

On a décalqué, sur autant de pierres que la carte comporte de couleurs, des épreuves obtenues d'une première pierre qui, elle-même, portait un décalque d'une planche en taille-douce ; puis, sur chaque pierre, on a enlevé toutes les portions du décalque qui n'appartenaient pas à la couleur particulière que devait donner cette pierre.

Pour éviter l'allongement du papier sous l'effort de la presse, il a été laminé jusqu'à ce qu'il ne s'allongeât plus, et, au lieu de le mouiller, comme dans l'impression ordinaire, ce qui aurait fait varier ses dimensions, on l'employa à l'état sec pour faire les vingt-quatre tirages. Pour éviter l'agrandissement des trous de pointures, et obtenir un repère complet, on pratiqua ces trous dans de petites lames de cuivre collées sur deux bords de chaque feuille. Enfin, on disposa l'appareil des pointures de manière à éviter de leur part toute variation (1).

Les éloges données devant l'Académie, non seulement au résul-

(1) On donne, en typographie, le nom de pointures à deux pointes métalliques qui traversent le papier pendant le premier tirage d'une feuille. Ces trous servent, au second tirage, en les plaçant sur les mêmes pointures, à déterminer le *registre*, c'est-à-dire la superposition exacte d'une page sur l'autre, ou, dans le cas d'une double impression sur le même côté de la feuille, à raccorder le second tirage avec le premier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tat obtenu, mais encore aux conditions employées, émurent les lithographes parisiens, qui réclamèrent et soutinrent que ces mêmes conditions étaient loin d'être nouvelles, et étaient employées dans un grand nombre d'ateliers, à l'exception des petites lames de cuivre dont il contestaient l'utilité avec des ouvriers expérimentés.

A cette réclamation, M. Dufrénoy répondit que, jusqu'à présent, l'impression en couleur des cartes géologiques, dans les ateliers particuliers, avait été peu satisfaisante; que les couleurs se recouvraient en partie, et que la comparaison de ces impressions avec celles de l'imprimerie royale tranchait nettement la question en faveur de M. Derenemenil.

M. Élie de Beaumont a fait ensuite observer que, de concert avec M. Dufrénoy, il s'était adressé pendant plusieurs années aux ateliers le plus justement célèbres de Paris; qu'après avoir scrupuleusement examiné leurs produits, et y avoir fait faire des essais, ils avaient dû revenir au coloriage à la main, lorsque l'imprimerie royale parvint enfin à réaliser les conditions voulues.

Les lithographes, par l'organe de M. Desportes, répliquèrent et maintinrent leurs assertions. Ils soutinrent que, si l'on ne trouve pas, dans le commerce, des cartes d'une aussi grande perfection, ce ne sont ni le talent ni les moyens d'exécution qui leur manquent, mais l'occasion d'en faire l'application. En effet, rencontre-t-on souvent des éditeurs qui veulent faire la dépense de vingt-quatre tirages? Enfin, la lettre suivante de M. Engelmann vient jeter un nouveau jour sur la question.

« Je, soussigné, certifie qu'au mois de mars 1842 une proposition m'a eté faite par M. Élie de Beaumont de colorier, par nos procédés chromo-lithographiques, la carte géologique de la France qui vient d'être exécutée par l'imprimerie royale, et que je me suis récusé, vu les conditions qui m'étaient imposées. Ces conditions étaient de me servir des épreuves tirées sur le cuivre et sur papier humide pour y appliquer les couleurs. Or, ces épreuves, par le retrait du papier, étaient devenues d'une inégalité excessive, et l'exactitude était impossible à obtenir. J'avais demandé qu'on fît faire le tirage sur papier sec, ou qu'on m'accordât la permission de transporter la carte sur pierre, afin de faire tirer sur ce transport au lieu du cuivre. A la première de ces propositions, on me répondit que c'était impossible, et on s'est toujours opposé à la seconde, que l'on a cependant accordée à l'imprimerie royale. Je déclare que si l'on m'eût accordé le transport sur pierre lithographique, et qu'on m'eût mis par conséquent dans la position où s'est trouvée l'imprimerie royale pour l'exécution de cette carte, mes moyens

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'exécution m'auraient parfaitement permis à cette époque d'obtenir la plus grande exactitude, aussi bien que l'imprimerie royale vient de l'obtenir, ce que je suis à même de prouver par d'autres résultats de mêmes dimensions obtenus même antérieurement à cette époque.

»Je proteste formellement contre l'idée d'attribuer à l'insuffisance des moyens connus ma renonciation au travail, cette renonciation ne pouvant être attribuée qu'à l'impossibilité des conditions dans lesquelles on voulait me placer. »

La commission nommée par l'Académie n'a pas encore prononcé.

J'ajouterai aux renseignements techniques que contient ce précis de la polémique soulevée entre l'imprimerie royale et les lithographes parisiens, que les procédés décrits plus haut de M. Lemercier pour le lavis lithographique, permettent de diminuer considérablement le nombre des tirages tout en obtenant des nuances imprimées d'un même coup, et qu'il suffit pour cela de laisser plus ou moins d'épaisseur à l'encre de lavis ou au crayon d'estompe déposé sur la pierre.

Beaucoup de couleurs perdent de leur transparence à l'impression lithographique ; pour éviter cet inconvénient, on imprime avec un mordant sur lequel on applique la couleur en poudre qui conserve sa transparence et son velouté.

C'est par le même procédé qu'on applique le bronze : l'or et l'argent résultent de l'application de ces métaux en feuilles.

On obtient encore des nuances variées en superposant plusieurs couleurs : du jaune et du bleu donneront du vert, du bleu et du rouge donneront du violet.

L'impression en couleur remonte aux premiers temps de l'imprimerie. Les plus anciennes éditions ont des titres ornés de lettres bleues ou rouges, quelquefois dorées. Il faut avouer toutefois que l'alignement de ces lettres avec les lettres noires laisse beaucoup à désirer. Mais l'imperfection des premières machines a successivement fait place à des moyens de plus en plus précis. On peut citer bon nombre d'ouvrages modernes qui ne laissent rien à désirer, et j'ai lieu de m'étonner de l'importance attachée par les lithographes à l'emploi de telle ou telle machine à repérer, problème que cinq cents mécaniciens dans Paris résoudront à leur complète satisfaction. Quoi qu'il en soit, la machine à repérer qui paraît avoir aujourd'hui la préférence est celle de M. Brisset.

La taille-douce a aussi ses impressions multicolores. La méthode la plus ancienne consistait à placer la couleur dans les tailles de la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

planche avec de petits tampons qui permettaient de limiter l'étendue de chaque couleur. En 1722, Leblon publia un ouvrage intitulé : *Nouveau genre de peinture, ou l'art d'imprimer des portraits et des tableaux en huile avec la même exactitude que s'ils étaient faits au pinceau.* Ce procédé consistait à graver autant de planches qu'on voulait employer de couleurs (ordinairement au nombre de trois, rarement quatre), et à ne mettre sur chaque planche que les parties du dessin qui devaient recevoir l'une des couleurs données, avec cette condition essentielle que la superposition des couleurs choisies produisit tous les effets voulus. Ces quatre couleurs étaient le noir pour les contours et les grandes vigueurs, le rouge, le bleu et le jaune. A l'exception des travaux de Leblon lui-même, les planches exécutées par les artistes de son époque sont d'une grande médiocrité.

On est depuis revenu à l'emploi d'une seule planche qu'on encre avec les doigts, pour les portions un peu grandes de chaque couleur, ou avec de petits pinceaux. Mais cette méthode, à moins d'être employée par des ouvriers très soigneux, a le grave inconvénient d'altérer la vivacité des couleurs, de les salir, en un mot, par leur mélange, lorsqu'on les essuie sur la planche avant le tirage.

On applique cependant encore quelquefois la méthode de Leblon avec cette modification qu'on marge la feuille au moyen d'épingles qui traversent des trous de repère, tandis que Leblon faisait ses cuivres d'égale grandeur, et les logeait successivement dans le creux formé par le foulage de la première planche.

En lithographie, l'impression en couleurs fut appliqué par Senefelder lui-même. Le colonel Raucout a publié sur ce sujet des idées plus théoriques que pratiques, et qui consistent dans l'emploi d'encres et de crayons antipathiques qu'on emploierait sur la même pierre.

Depuis cette époque, des tentatives plus ou moins heureuses ont été faites, mais sans application véritablement industrielle, jusqu'au moment où M. Engelmann obtint les résultats remarquables qu'il présenta, en 1837, à la Société industrielle de Mulhouse, et qui sont principalement obtenus par le tirage à sec d'un papier préalablement satiné au point de ne plus pouvoir s'allonger sous l'effort de la presse.

La lithographie est la sœur cadette d'un art qui, abandonné par leur père commun, Senefelder, vient de renaître plein de vie entre les mains de M. Louis Tissier, qui lui a donné le nom de *Tissiérographie*, et qui consiste à obtenir sur pierre, au moyen de la gra-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vure, un relief suffisant pour être reproduit, comme la vignette sur bois par la presse typographique ordinaire.

Il paraît toutefois certain qu'avant Senefelder, on avait appliqué l'action d'un acide à la production en relief, sur pierre, de certains dessins. Il existe au musée de l'école gratuite de dessin, à Munich, un astrolabe exécuté en pierre par ce procédé, et qui porte la date de 1580. Le cabinet des antiquités de la même ville possède une pierre gravée par les mêmes moyens, et représentant les portraits d'anciens ducs de Bavière. Enfin, une pierre sépulcrale portant la date de 1709, et dont les caractères sont mis en relief par des agents chimiques, est placée dans l'une des murailles extérieures de la cathédrale. Ce ne sont là néanmoins que des sculptures et non des planches propres à l'impression.

Aloys Senefelder trouva probablement dans ces indications les éléments du procédé qu'il exploita de 1796 à 1799. Il écrivait sur les pierres calcaires de Munich, soit du texte, soit de la musique, avec une encre composée de cire, de savon et de noir de fumée; puis il faisait mordre sa pierre pendant quelques minutes avec de l'acide nitrique, étendu de dix parties d'eau. Il obtenait ainsi un relief de la hauteur d'une carte à jouer, et dans lequel les traits déliés avaient presque toujours diparu sous l'action de l'acide. Cet inconvénient, joint à la difficulté d'imprimer typographiquement des reliefs aussi peu considérables, les grands blancs devant nécessairement se garnir d'encre et se décharger sur le papier, rebutèrent Senefelder, qui abandonna ce procédé aussitôt ses premiers succès obtenus en lithographie proprement dite.

En 1810, Duplat renouvela cette tentative en renversant les conditions du procédé. Il recouvrait sa pierre d'un vernis, qu'il enlevait ensuite avec les instruments du graveur sur tous les points qui devaient rester blancs à l'impression ; puis il faisait mordre comme Senefelder, avec cette différence qu'il produisait plusieurs morsures nécessaires pour creuser les grands blancs, en recouvrant de petit vernis les tailles suffisamment creusées, et prenait ensuite des clichés de ces pierres à la manière ordinaire.

Plus tard, Carez, de Toul, et M. Dembour, de Metz, appliquèrent à la gravure en relief sur cuivre des procédés analogues, mais qui n'eurent qu'un médiocre succès, attendu l'extrême difficulté d'obtenir un creux suffisant sans laisser dévorer par l'acide les tailles délicates du dessin.

Quelques essais, dont la description est déposée dans mes brevets, me donnent la certitude d'obtenir sur cuivre un résultat par-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fait aussitôt que j'aurai trouvé un artiste qui voudra bien y consacrer un peu de temps et de zèle.

En 1831, M. Girardet reçut de la Société d'encouragement un prix de 2,000 fr. pour des procédés de gravure en relief sur pierre qui ne diffèrent de ceux de Senefelder qu'en ce qu'au lieu d'une seule morsure on en pratique plusieurs, en ayant soin de revernir successivement les tailles pour empêcher l'acide de les crever. Mais ces procédés ne sont jamais entrés dans le domaine de l'industrie, parce que, se bornant à recouvrir le sommet des traits, sans garnir les talus de vernis, l'action latérale de l'acide les altérait.

Les spécimens que j'en ai vus m'ont paru de beaucoup inférieurs aux gravures de Duplat, dont j'ai eu occasion d'examiner les types eux-mêmes.

Plus récemment M. Dunan-Narat a imaginé un procédé de gravure en relief qui consiste à creuser le plus également possible, au moyen de l'eau-forte, les traits d'un dessin enlevés à la pointe sur une planche de cuivre recouverte de vernis; puis à épaissir cette couche de vernis par une substance particulière qui n'entre pas dans les tailles. Il produit ainsi une matrice dans laquelle il obtient un cliché dont il creuse les grands blancs à l'échoppe ou au burin.

M. Tissier n'a pas pris de brevet, et garde par conséquent le secret le plus absolu sur ses procédés, dont je ne puis ici apprécier que les résultats vraiment remarquables. Ses pierres sont mordues à telle profondeur qu'on le désire, sans que jamais aucun accident vienne altérer les traits les plus déliés du dessin, dont la délicatesse ne peut avoir d'autres limites que celles qu'y apporte le tirage typographique, qui, jusqu'à présent, malgré l'habileté si connue de la maison Lacrampe, ne peut atteindre aux finesses de la taille-douce, avec laquelle M. Tissier peut rivaliser.

J'ajouterai que les gravures sur pierre de M. Tissier sont de dépouille, et peuvent être multipliées avec la plus grande perfection, par l'électrotypie, ou par des clichés en bitume ou en plomb sans éprouver la moindre altération. Il est enfin le premier qui soit parvenu à faire tirer directement ses vignettes sur la pierre matrice, en les plaçant au milieu des caractères d'imprimerie.

Le spécimen que j'ai annoncé à vos lecteurs, pages 167 et 168, est exécuté d'après ces procédés. Mais pour bien l'apprécier, il est nécessaire que j'entre ici dans quelques détails sur les circonstances de son exécution. Le relief qui a servi de type présente des saillies trop considérables pour les dispositions matérielles de la machine qui a produit la gravure. Il en est résulté quelques déformations dans les portions les plus saillantes de la figure, que vos lecteurs sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

priés de ne juger que dans sa partie antérieure. D'un autre côté, le graveur, habitué à produire ces résultats sur des planches en taille-douce, n'a pas assez fait la part des nécessités de l'impression typographique, en donnant plus de largeur aux lignes qui composent le dessin, et en les tenant un peu plus écartées. Il en est résulté d'énormes difficultés pour le tirage, que peu d'imprimeries, autres que la maison Lacrampe, auraient osé entreprendre et auraient pu aussi bien réussir.

Quoi qu'il en soit, cette figure résulte d'une première gravure en creux, exécutée au moyen de la machine de M. Collas. Une épreuve de cette gravure a ensuite été décalquée sur une autre pierre, et les procédés de M. Tissier en ont creusé les blancs de manière à en permettre le tirage typographique.

On voit que, malgré ces quatre traductions du relief original, la dernière a conservé une pureté de lignes remarquable, et qui peut donner une idée des beaux résultats qu'on obtient de cette ingénieuse machine, lorsqu'on l'applique à la gravure en taille-douce et à la représentation de reliefs dont la saillie n'est pas trop prononcée.

Puisque j'ai cité l'imprimerie Lacrampe, je dirai, en passant, qu'elle est un exemple remarquable des excellents résultats que peuvent produire, dans toutes les classes de la société, l'esprit de conduite joint à l'habileté personnelle.

Jusqu'en 1837, le tirage des vignettes en relief et des publications dites *illustrées* était loin d'avoir atteint partout le degré de perfection auquel il est arrivé depuis. Les ouvriers habiles en ce genre étaient rares; les imprimeurs se les arrachaient; et il arrivait fréquemment qu'une édition parfaitement exécutée, comme tirage des premières feuilles, se terminait dans des conditions plus que médiocres.

Le haut prix que quelques imprimeurs mettaient au travail de ces mêmes ouvriers suggéra à quelques uns d'entre eux l'idée de s'associer et de fonder une imprimerie pour leur compte. Mais le capital nécessaire était considérable, leur crédit à peu près nul; et cependant ils réalisèrent leur projet à la fin de 1837. Le succès couronna cette noble détermination. A force de travail, d'exactitude et d'habileté dans l'exécution des ouvrages qui leur furent confiés, ils sont parvenus à établir un matériel dont la valeur dépasse aujourd'hui 400,000 fr.

Cette maison compte encore aujourd'hui douze ouvriers associés, dont la parfaite harmonie n'a fait qu'une seule famille. Elle possède trente presses à bras et trois presses mécaniques mues par une machine à vapeur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Parmi les progrès qu'ils ont fait faire à la typographie de luxe, et qui sont indépendants de leur habileté pratique, je citerai l'emploi du papier glacé avant l'impression ; condition qui, en diminuant le *foulage*, sans diminuer la pression, n'enlève aux caractères ou aux vignettes que l'encre qui se trouve déposée sur le sommet des tailles, en ne permettant pas au papier de s'appliquer contre les talus.

Les succès de la maison Lacrampe ont encore eu pour résultat d'exciter l'émulation chez les autres imprimeurs, et de former un grand nombre d'habiles ouvriers qui, répandus aujourd'hui dans nos principales imprimeries, ont fait reconquérir à la typographie française le premier rang un moment occupé par les imprimeurs anglais.

Le nom de M. Louis Tissier amène naturellement la question des papiers de sûreté mise depuis si longtemps au concours, et dont plusieurs concurrents se flattent, ainsi que lui, d'avoir trouvé la solution.

On sait que le gouvernement a mis au concours la découverte de procédés ayant principalement pour but la fabrication d'un papier tel que l'écriture n'y pût être enlevée, soit en entier, soit partiellement sans qu'on reconnût facilement la fraude. C'est principalement, pour éviter le lavage du papier timbré, qui fait un tort considérable au fisc, que ce concours a été établi.

Le nombre des tentatives faites à toutes les époques pour conserver, aux actes publics ou privés, leur caractère d'authenticité et les mettre à l'abri de toute altération frauduleus, est énorme et exigerait, pour être décrit, plus d'espace qu'il ne m'en est accordé à cette période avancée de mon travail. Je me bornerai à signaler quelques unes des plus contemporaines.

En 1791, un brevet fut pris par un sieur Maugard pour un système de lettres de change à talon composé d'une vignette à combinaison et d'un timbre sec, imprimés sur une surface marbrée. Ce procédé ne garantissait que l'identité de la feuille de papier, mais non l'altération des sommes inscrites sur sa surface.

En 1792, Molard aîné proposa d'imprimer sur les assignats une planche d'acier damassée, inégalement attaquée par l'eau-forte, à la manière des graveurs. L'énorme tirage qu'on faisait de ce papier-monnaie ne permit pas d'y appliquer ce procédé, une planche unique n'y pouvant suffire, et plusieurs planches qui n'eussent pas été identiques rendant la garantie tout-à-fait illusoire.

En 1811, MM. Leorier, Delisle et Guyot brevetèrent l'emploi de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poudres impalpables de chiffons et de laine, teintes en couleurs délébiles et tamisées, sur le papier non encore pressé, à travers des dessins découpés à jour. Les réactifs employés pour enlever l'écriture ordinaire devant décolorer les dessins formés par ces poudres auraient averti de la fraude. C'est la première idée de l'emploi des papiers dits *sensitifs*, dont il a surgi depuis tant de variétés. Ces dessins grossiers étaient faciles à rétablir par le faussaire le moins habile, et devaient en outre gêner considérablement l'écrivain.

Un autre papier sensitif fut breveté en 1818 par M. Dorsay. Le procédé consiste à imprégner les feuilles d'une certaine quantité de prussiate de potasse qui produisait des taches sur tous les points où on aurait appliqué un réactif propre à enlever l'encre ordinaire. Les faussaires n'éprouveraient aujourd'hui aucune difficulté à faire disparaître ces taches.

En 1826, une commission fut nommée par l'Académie des sciences, sur la proposition du garde des sceaux, pour présenter les moyens propres à empêcher la falsification des actes publics ou privés, et le blanchiment du vieux papier timbré.

Cette commission fit son rapport le 6 juin 1831 ; et, repoussant quelques propositions trop peu capitales pour trouver leur place ici, elle formula les conditions qui, suivant elle, paraient à tous les inconvénients.

Ces conditions consistent dans l'emploi d'une encre indélébile composée d'encre de Chine délayée dans un mélange d'eau et d'acide chlorhydrique, et dans l'impression sur quatre centimètres de largeur, au milieu de la feuille de papier, d'une vignette gravée au tour à guillocher sur un cylindre. Cette vignette devait être imprimée avec de la boue d'encre ordinaire attaquable par les réactifs.

En 1833 et 1834, plusieurs brevets pris sous différents noms, mais réunis entre les mains de M. Mozard, établirent diverses conditions de papier sensitif, dont la dernière consiste à imprimer une vignette en encre délébile sur une feuille mince de papier encore humide et non terminée, à recouvrir cette première feuille d'une seconde, et à les réunir toutes deux par la compression.

En 1836, M. E. Grimpé réalisa, par des moyens mécaniques, l'idée principale de la commission, en y ajoutant la condition de recouvrir les deux surfaces de la feuille d'une vignette imprimée en encre délébile, mais formée de caractères microscopiques d'une identité parfaite, de sorte que leur reproduction ne puisse être faite manuellement, quelque habile que soit la main du faussaire. Des timbres sont frappés en même temps par la machine.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Un brevet, délivré en 1837 à M. Bressier, mais qui paraît avoir été demandé antérieurement au brevet Grimpé, a pour but une machine remplissant les conditions indiquées par l'Académie.

Le 13 février 1837, nouveau rapport à l'Académie des sciences. Ce rapport fait remarquer que l'administration du timbre résiste à l'emploi du papier à la mécanique ou continu, qui seul permettrait l'impression au cylindre, et qu'elle propose l'emploi des procédés ordinaires de la typographie.

M. Dumas, rapporteur, fait remarquer que l'encre proposée contient un vernis qui laisse une trace jaune après que la couleur noire a disparu sous les réactifs, ce qui peut guider le faussaire dans la reconstitution de la vignette attaquée, et que, de plus, ce vernis donne le moyen de transporter la vignette sur la pierre lithographique. Après avoir signalé quelques autres inconvénients des propositions de l'administration, il insiste sur l'emploi de dessins très simples produits par des lignes qui se rencontrent sous des angles déterminés, et qui produisent ainsi une multitude de petites figures identiques, faciles à comparer entre elles, parce que l'œil en embrasse à la fois un plus grand nombre. Le rapport se termine par une nouvelle recommandation de l'emploi, pour l'écriture des actes, de l'encre de Chine acidulée.

En 1839, une nouvelle commission mixte de membres de l'Académie et de l'administration ouvrit un concours où dix-huit concurrents se présentèrent. Après un long examen, quinze de ces concurrents furent éliminés. Les trois autres, MM. Zuber, Knecht et Deburges, furent admis à un second concours, dans lequel il leur fut imposé l'obligation de fabriquer cinq cents rames du papier de sûreté qu'ils présentaient. Une somme de 60,000 fr. devait être allouée au vainqueur.

Le papier de M. Zuber était fait à la machine, imprimé à la suite du premier cylindre sécheur avec des rouleaux en cuivre gravés à la molette.

Le papier de M. Knecht était fabriqué à la forme, et imprimé par une presse lithographique, marchant mécaniquement, de l'invention de M. Perrot, dont je parlerai plus loin. Les dessins contre-épreuvés sur pierre étaient gravés par une machine de M. Neuber.

Enfin, M. Deburge présentait du papier Mozard.

La commission déclara que le problème n'était pas résolu, et partagea néanmoins le prix entre les trois concurrents.

M. Knecht s'adressa alors à M. Tissier, qui lui mit en relief ses pierres lithographiques au moyen desquelles on peut opérer un ti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rage typographique beaucoup plus rapide que le tirage lithographique, même mécanique.

Mais M. Tissier, qui est seul possesseur de son secret, se blessa de voir M. Knecht se r présenter au concours comme inventeur de la gravure en relief. Il se refusa à lui graver d'autres pierres, et se présenta à son tour dans la lice avec des moyens nouveaux.

Ces moyens consistent, en principe, dans l'emploi de pierres gravées en relief, portant, outre un dessin symétrique semblable à celui proposé par M. Dumas, un dessin microscopique, irrégulier, permettant, à un examen plus attentif, la découverte d'une altération après laquelle un faussaire habile aurait pu rétablir les dessins réguliers et apparents.

A cette condition se joint celle de deux impressions de la même planche en encre délébile susceptible d'être transportée sur pierre : la première impression en encre incolore, et la seconde en encre grise, comme toutes celles antérieurement présentées. Il résulte de ces diverses conditions que le report sur pierre, principale ressource des faussaires, est absolument impossible, puisque l'impression apparente ne pourrait être décalquée sans l'impression latente, et que toutes deux apparaissant au tirage lithographique ne produiraient qu'un mélange confus de figures enchevêtrées les unes dans les autres.

Le faux partiel est rendu impossible par l'irrégularité des dessins microscopiques que le faussaire ne pourrait copier avec l'exactitude nécessaire pour tromper un œil attentif.

Dans un mémoire fort remarquable que j'ai sous les yeux, M. Tissier expose les principes qui l'ont guidé dans ses recherches. Ce mémoire se termine par un résumé dans lequel il formule, au nombre de dix-sept, les lois qui, dans son opinion, doivent présider à la solution du problème, et qu'il a appliquées dans la fabrication de son papier de sûreté.

Une grande partie de ces lois a été exposée dans le précis historique que je viens de faire. Je me bornerai donc à signaler ici celles qui appartiennent plus particulièrement à M. Tissier, et que je n'ai point encore indiquées.

Quatrième loi. La vignette délébile des papiers de sûreté doit être composée de deux dessins créés séparément et reposant sur des principes opposés (dessin régulier et dessin irrégulier).

Cinquième loi. Les deux dessins de la vignette doivent être juxtaposés et non superposés, afin que l'œil ne puisse les confondre, que chacun d'eux conserve le caractère qui lui est propre, et que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les signes distinctifs de ces caractères puissent servir alternativement de guides dans les expertises.

Sixième loi. Le dessin régulier, destiné à empêcher la contrefaçon locale de la vignette dans les faux en écriture, doit être composé d'éléments (motifs ou figures) mathématiquement réguliers, exactement identiques, symétriquement distribués sur toute la surface de la planche-matrice, et gravés avec une pointe de diamant par une machine de précision.

Dans ces conditions, la moindre altération de l'une des figures est perceptible à l'œil le moins exercé. C'est ainsi, par exemple, que, chez le fondeur en caractères, on distingue facilement une lettre étrangère dans une page composée de plusieurs milliers de la même lettre : un o retourné parmi dix mille autres sera aperçu du premier coup d'œil.

Huitième loi. Il faut que les éléments réguliers, identiques, visibles à l'œil nu, soient légèrement espacés, pour éviter l'apparence d'une teinte plate qu'ils présenteraient s'ils étaient trop rapprochés.

Neuvième loi. Le dessin destiné à empêcher la contrefaçon mécanique et photographique de la planche-matrice, et par suite le lavage et l'impression en fraude des papiers timbrés écrits, doit être composé d'éléments irréguliers dissemblables, bien visibles seulement à la loupe, très rapprochés, produits et distribués par le hasard, et entièrement à l'abri du calque et de l'imitation manuelle.

Seizième loi. Il faut que la vignette soit complétement à l'abri des contre-épreuves physiques et chimiques, selon les quatre modes possibles, par *décharge*, par *surcharge*, par *affinité* et par *interposition*

J'ai vu, en effet, dans les mains de M. Tissier, des reports sur pierre obtenus par les procédés particuliers qu'il désigne sous ces quatre dénominations, et qui peuvent à volonté donner des planches-matrices, reliefs ou taille-douce, de toute épreuve contenant une impression faite, soit à la surface, soit dans l'épaisseur d'une feuille de papier, avec une encre quelconque, grasse ou aqueuse, délébile ou indélébile.

Dix-septième loi. Il faut que les papiers de sûreté empêchent les transports de l'écriture tracée à leur surface.

Ces deux dernières conditions sont obtenues au moyen des deux impressions apparentes et latentes dont j'ai parlé plus haut, et qui, se transportant sur la pierre en même temps, rendent la contrefaçon impossible.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Telles sont les données que j'ai pu me procurer sur cette question qui intéresse au plus haut point l'État et les particuliers. J'ai trop peu étudié personnellement la matière pour qu'en l'absence des éléments contradictoires que quelques intéressés pourraient fournir à la discussion, je me prononce sur le mérite relatif des divers concurrents qui tous manifestent la prétention de pouvoir contrefaire les papiers de leurs adversaires, ou du moins d'y pratiquer des faux impossibles à constater. C'est à la commission chargée de l'examen de cette grave question à faire la part de chacun.

Il y a quelques années, M. Collas, dont j'ai signalé plus haut les ingénieuses machines pour produire, par une planche gravée, les apparences du relief d'une médaille, proposa de substituer, aux vignettes actuelles du billet de banque, une vignette obtenue par ses procédés. Les conditions qu'il indiquait étaient celles-ci.

Plusieurs artistes habiles devaient concourir à l'exécution d'un bas-relief dans les conditions convenables. Ce relief devait être surmoulé en une matière plastique très dure, mais susceptible de ramollissement par la chaleur. Une fois entre les mains de l'administration, ce surmoulé devait être légèrement, mais arbitrairement tordu ou gondolé, pour le différencier notablement des autres reliefs qui auraient pu être surmoulés sur le relief original avant la remise de celui-ci à l'administration ; enfin, quelques chocs devaient faire sauter des éclats de la matière en certains points du relief plastique. La machine en aurait ensuite reproduit les apparences sur une planche d'acier rendue réellement inimitable, parce qu'il eût été impossible au faussaire le plus habile de tracer des centaines de lignes d'épaisseur égale, ne variant que dans leur écartement réciproque, et cet écartement produisant toutes les apparences du relief choisi pour type, y compris la torsion et les ruptures arbitrairement produites sur lui. Ajoutons que, si un faussaire eût été assez habile pour reproduire l'apparence générale du billet, la fraude eût été facilement découverte, parce qu'il aurait suffi à chaque personne habituée à manier des billets de banque d'en retenir dans sa mémoire une très petite portion des lignes formant le dessin, et de se borner à vérifier l'identité de cette portion que le faussaire n'aurait pu songer à reproduire, puisque la portion apprise par cœur eût été différente pour chaque individu.

La proposition de M Collas n'a pas été accueillie, parce que l'administration redoutait le transport sur pierre, et préférait l'impression en relief à la taille-douce.

Aujourd'hui ces craintes manqueraient de fondement. Nous avons vu que M. Tissier peut mettre en relief les produits de la machine

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de M. Collas, et qu'il peut opposer un obstacle invincible au transport sur pierre.

En typographie proprement dite, je n'ai qu'un seul progrès tranché à signaler, quant à la production même des types. Ce progrès appartient à la fonderie de MM. Laurent et Deberny, et consiste dans la *justification* mécanique des matrices destinées à la fonte des caractères. Pour bien faire comprendre l'importance de ces nouveaux procédés, il est nécessaire que j'entre dans quelques détails préalables.

Une *lettre* ou un *caractère* d'imprimerie est un petit parallélipipède très allongé formé d'un alliage de plomb et d'antimoine, à l'une des extrémités duquel se trouve, en relief et à rebours, la figure d'une lettre, d'un chiffre, etc. Ce parallélipipède est fondu dans un moule métallique composé d'une cinquantaine de pièces dont les unes sont réunies d'une manière permanente pendant la fonte de toutes les lettres d'une même espèce, et dont quelques autres se réunissent et se séparent à chaque lettre fondue. Le moule proprement dit se sépare en deux parties principales dont la réunion détermine le vide rectangulaire qui forme les quatre grands côtés du parallélipipède.

La matrice est un parallélipipède de cuivre dans lequel est frappée en creux, au moyen d'un poinçon, la figure de la lettre, et qui se place sous les deux portions réunies du moule, de manière que ce creux, appelé *œil*, corresponde exactement à l'ouverture du vide laissé par ces deux portions du moule. L'alliage fondu se verse par l'ouverture de l'autre extrémité.

Justifier une matrice, c'est limer le morceau de cuivre dans lequel la lettre a été frappée, de manière que son œil se présente à cette ouverture dans toutes les conditions convenables. Il faut, par exemple, que le fond de cet œil soit, dans tous les points, rigoureusement perpendiculaire aux longs côtés du parallélipipède creux formé par le moule, et, pour cela, il faut qu'il soit rigoureusement parallèle au plan supérieur de la matrice. Il faut, pour toutes les matrices appartenant à la même *frappe*, composée de plus de trois cents lettres différentes, que la profondeur de l'œil au-dessous de ce plan soit rigoureusement la même. Sans l'accomplissement de ces deux conditions, l'œil des caractères réunis en pages ne présenterait pas le plan parfait nécessaire à une impression convenable. Certaines lettres se trouveraient plus basses ou plus saillantes que les autres, ou bien certaines parties de la même lettre occuperaient des plans différents.

Ce n'est pas tout; il faut encore que trois des autres côtés de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chaque matrice soient limés à la même distance de l'œil ; le bout, par exemple, qui bute contre une pièce du moule appelée *heurtoir*, doit être justifié de *ligne*, c'est-à-dire qu'il doit être limé de manière que le haut et le bas de chaque lettre soient sur les deux mêmes lignes avec les autres lettres. Il faut enfin que l'écartement des deux autres côtés soit tel qu'il détermine le même espacement entre tous les caractères de la même frappe, condition désignée sous le nom d'*approche*.

Ces diverses conditions, exécutées manuellement, exigent une grande habileté dans l'ouvrier chargé de les accomplir, et sont fort onéreuses dans les fonderies de caractères. Les appareils établis dans la fonderie de MM. Laurent et Deberny en assurent la réalisation d'une manière aussi simple qu'économique.

Malheureusement, je ne suis pas autorisé à en décrire ici les dispositions mécaniques, et je dois me borner à dire que sous l'action d'organes d'une extrême précision, le cuivre est enlevé sur chaque matrice à la même distance du fond et des bords de l'œil avec une certitude bien supérieure aux tâtonnements sans fin de la justification manuelle.

Mais je puis me montrer beaucoup moins discret quant à ce qui regarde les autres renseignements que je possède sur cet établissement, d'où sortent depuis longues années la plupart des nouveautés dont l'imprimerie est toujours avide ; car, lorsque les imitateurs commencent à copier leurs types, MM. Laurent et Deberny sont déjà prêts à répandre d'autres formes. Sous le nom d'écriture américaine, ils présentent un des meilleurs produits à moi connus de la fonderie typographique. Ces caractères semblent plutôt avoir été tracés par une plume habile et déliée qu'obtenus par les procédés de la fonderie ; ils peuvent servir de modèle d'écriture dans les écoles, et rivaliser sans crainte avec les meilleurs résultats de la taille-douce. On doit à la même maison ces formes allongées et serrées qui offrent tant de ressources aux éditeurs. Leur collection de caractères dits étroits est surtout sans rivale. L'heureuse proportion des types est encore relevée par la pureté de la gravure et la netteté de la fonte. J'y ai vu des spécimens de lettres initiales imprimés en plusieurs couleurs, et qui produisent des effets remarquables. Le pinceau n'atteindrait qu'à grands frais à cette délicatesse et à cette légèreté. Enfin, une nombreuse collection de vignettes en bois atteste que cet établissement réunit toutes les variétés que demande l'imprimerie.

A cet exposé mérité des produits de cette maison, je puis ajouter, comme l'ayant personnellement constaté à de nombreuses reprises,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que tout essai de perfectionnement dans les procédés de reproduction des types trouve, dans MM. Laurent et Deberny, un appui et un zèle désintéressé que ne découragent ni l'insuccès des premières tentatives, ni les dérangements qu'apportent toujours, dans un pareil établissement, les conditions nouvelles imposées par chaque problème à résoudre : aussi les perfectionnements apportés depuis vingt ans dans un matériel considérable, les soins et la persévérance qui président à leurs travaux, me sont-ils un sûr garant qu'on les trouvera toujours en tête des améliorations apportées aux procédés de la fonderie et du perfectionnement des formes typographiques.

Les dernières années ont vu surgir diverses inventions ayant pour but la composition mécanique des caractères d'imprimerie. On sait que, jusqu'à présent, cette opération consiste à prendre un à un, avec la main, ces mêmes caractères placés dans des boîtes appelés *cassetins*, et à les ranger côte à côte dans une espèce d'équerre en fer nommée *composteur ;* puis, lorsque cette équerre est remplie entre les deux talons qui limitent la longueur de la ligne, à *justifier* celle-ci, c'est-à-dire à lui donner sa longueur précise en augmentant ou en diminuant régulièrement l'écartement des mots au moyen de petits parallélipipèdes moins hauts que les caractères, et qu'on appelle des *espaces*. Les lignes sont successivement placées les unes à côté des autres sur une *galée*, espèce de cadre à rebord où elles finissent par former des pages qu'on réunit ensuite dans un chassis de fer, où elles sont maintenues au moyen de règles de bois, désignées sous le nom de *biseaux*, plus épaisses à un bout qu'à l'autre, et entre lesquelles on chasse des coins de bois dont le serrage ne fait qu'un bloc de toutes les nombreuses pièces qui composent cet ensemble, qui prend alors le nom de *forme*.

Les premières machines destinées à la composition mécanique des caractères sont dues à M. Gaubert. Mais jusqu'à présent je ne les connais que par les rapports dont elles ont été l'objet, rapports très favorables à l'invention, et qui attestent dans M. Gaubert un génie remarquable. Je me permettrai toutefois quelques observations qui me sont suggérées par la lecture du rapport de M. Séguier à l'Académie des sciences, dans sa séance du 5 décembre 1842.

L'opération complète s'exécute par deux machines : la première appelée *distributeuse*, la seconde *composeuse*.

Les fonctions de la distributeuse consistent à séparer tous les caractères d'une forme et à classer tous ceux d'une même espèce dans les conditions qui permettent à la composeuse d'en faire une nouvelle forme. Jetés pêle-mêle sur un plan incliné garni de canaux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

longitudinaux, ces caractères arrivent par des canaux divers à un organe formé de plusieurs aiguilles qui s'appuient sur chacun d'eux, explorent toute la surface qui leur est présentée, en s'enfonçant dans des crans qui y sont pratiqués, et qui servent à distinguer chaque caractère. Si celui-ci se présente convenablement, c'est-à-dire sur le côté où les crans désignent son espèce, il est immédiatement conduit à son récipient spécial, où il est placé dans la position exigée par la composeuse.

Si, au contraire, il se présente dans une position anormale, les aiguilles qui ne rencontrent qu'un *cran*, dit de *retournement*, l'envoient sous d'autres organes qui le retournent dans la bonne position, et le conduisent définitivement à sa destination.

Assurément rien de plus ingénieux qu'un semblable mécanisme; mais, pour etre véritablement industriel, il faudrait, et c'est ce que le rapport ne dit pas, que l'action des aiguilles, que le frottement des caractères dans les canaux qu'ils doivent parcourir ne s'exerçassent jamais contre l'œil de la lettre, qui est d'un alliage assez mou pour s'altérer facilement sous ces tâtements fréquemment répétés. A cette époque, au surplus, la machine n'était qu'à l'état d'essai, et je n'ai pas entendu dire qu'elle ait été terminée depuis.

Les caractères convenablement disposés par la distributeuse sont placés sur la composeuse. Un clavier dont chaque touche correspond à un récipient spécial en fait sortir les lettres une à une lorsque cette touche est attaquée par le doigt, et chaque lettre va prendre le rang qui lui est assigné par l'ordre même dans lequel les touches sont attaquées.

La machine doit également justifier les lignes; mais le rapport annonce que cette disposition n'était pas encore exécutée.

Une machine à composer de M. Delcambre figurait à l'exposition. Les conditions qu'elle remplit sont celles que je viens de décrire; mais elle ne justifie pas les lignes, et la distribution se fait à la manière ordinaire, c'est-à-dire que les caractères sont jetés à la main dans leurs cassetins respectifs, où on les reprend également à la main pour ranger tous ceux d'une même espèce dans une gouttière où la composeuse les reprend. Malgré cette double composition, et la nécessité de justifier à la main, on m'a affirmé que la composition, au moyen de cette machine, offre une économie notable.

M. Chaix a exposé, vers la fin de l'exposition une distributeuse, qui épargne la composition préalable dont je viens de parler. Elle se compose d'autant d'entonnoirs qu'il y a de caractères distincts. Chaque lettre est jetée à la main dans l'entonnoir qui lui est propre, et, suivant un canal de communication, va se ranger à côté de celles

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de son espèce dans une gouttière qui est ensuite placée sur la machine à composer, qui n'était pas terminée à la fin de l'exposition, et sur le compte de laquelle je n'ai rien appris depuis.

Après la production et l'arrangement des types eux-mêmes, l'analogie nous conduit à l'examen des appareils mécaniques destinés à en déterminer l'empreinte sur les matières qui doivent la recevoir ; et puisque nous sommes sur le terrain de la typographie, nous allons nous occuper d'abord des presses à imprimer.

Les presses dites à la main étaient peu nombreuses à l'exposition, et ne m'ont pas paru présenter un caractère de nouveauté bien tranché. Je ferai toutefois une exception pour celle dite à *toucheur mécanique* de M. Dezairs, de Blois. Elle présente l'avantage d'occuper très peu de place, et de permettre un encrage de la forme beaucoup plus régulier que celui fait à la main, en produisant moins de fatigue pour l'ouvrier chargé de la touche. Le toucheur mécanique est mû par une manivelle manœuvrée par un apprenti. L'encre se distribue sur le cylindre toucheur pendant l'impression de la feuille, et celui-ci vient déposer son encre sur les caractères aussitôt que le tympan est relevé. Ce mécanisme très simple rendra d'importants services aux imprimeries où la place manque, ou dont les propriétaires n'ont pas assez de travaux pour faire la dépense d'une presse mécanique.

Je n'ai guère eu, sur les presses dites mécaniques, d'autres renseignements que ceux que m'a procurés leur examen à l'exposition, les notes promises ne m'ayant pas été fournies : aussi les quelques observations que je vais hasarder, n'étant pas le résultat d'une discussion contradictoire, ne doivent-elles être considérées que comme un jugement de première instance.

On a cru pendant longtemps qu'il était impossible de faire de belles impressions à la presse mécanique. Cette opinion s'est beaucoup modifiée, et tout fait croire qu'avec l'outillage perfectionné dont nos mécaniciens peuvent disposer aujourd'hui, on parviendra à donner à ces appareils une précision suffisante pour atteindre le but.

On peut distinguer deux classes de presses mécaniques : les unes destinées aux tirages ordinaires et à grands nombres ; les autres aux belles éditions illustrées de vignettes tirées dans le texte.

La première espèce comporte plusieurs formes et une *retiration* immédiate, c'est-à-dire l'impression immédiate de chaque feuille des deux côtés. L'exposition comptait en ce genre une presse de M. Gavaux et un dessin de M. Normand. Dans toutes deux, le système principal n'est pas nouveau ; mais ce qui les caractérise parti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

culièrement, c'est l'accouplement de deux machines, dont l'une produit le tirage en blanc et l'autre la retiration, sans que la feuille ait besoin d'y être présentée deux fois.

J'ai eu occasion de voir marcher celle de M. Normand, qui n'est en grande partie que la reproduction d'un système abandonné depuis longtemps par les Allemands et les Anglais. Elle débite une énorme quantité de feuilles ; mais je doute qu'on puisse en obtenir un beau tirage ; car elle présente ce défaut capital des anciennes presses mécaniques, que le *registre* (1) s'obtient par des changements dans la position des formes. Or, la mise en train, qui exige la superposition de tant de petits morceaux de papier sur le cylindre presseur, pour donner à chaque partie d'une forme à vignettes la pression qui convient le mieux, que devient-elle, si le registre exige un déplacement de la forme qui amènera une forte hausse sur une portion de vignette qui doit venir faible et laissera sans foulage celle qui doit venir vigoureuse? Ajoutons que les deux cylindres de la presse jumelle sont animés d'un mouvement de rotation alternative très rapide, correspondant au mouvement de va-et-vient du *marbre* ou de la plate-forme qui porte les caractères, au moyen de crémaillères engrenant avec des roues placées sur l'axe des cylindres. L'arrêt brusque de pareilles masses, animées d'une grande vitesse, pour se mouvoir en sens contraire, est une cause de destruction rapide, qui doit exiger le remplacement fréquent des crémaillères ou des roues.

Je ne pense pas non plus que, quelque parfaite que soit l'exécution de ce genre de machines, le registre pût-il se faire sans déplacement des formes, on puisse en obtenir une belle impression. La retiration immédiate sera toujours un obstacle insurmontable, en permettant à l'encre de la première impression de salir trop rapidement la feuille dite de *décharge*, interposée entre la feuille à imprimer et le cylindre. Dans tous les cas, le remplacement fréquent de cette *décharge*, en arrêtant la machine chaque fois, diminuerait notablement les avantages qu'elle présente.

En résumé, ce genre de presse ne me paraît applicable qu'au tirage des journaux, et tout au plus des ouvrages courants. Sous ce point de vue, les presses de MM. Gavaux et Normand me paraissent un véritable progrès, en ce qu'elles permettent un tirage beaucoup plus rapide qu'aucune des presses que j'ai eu occasion d'étudier.

Les presses mécaniques de M. Dutartre m'ont paru devoir atteindre

(1) J'ai déjà dit qu'on nomme *registre*, en typographie, l'exacte superposition des pages l'une sur l'autre de chaque côté de la feuille.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dre complétement le but qu'il se propose, celui de l'impression des ouvrages de luxe.

Chez lui le registre s'opère sans déplacement de la forme, et par conséquent sans altérer la mise en train ; la retiration se fait à part et au moyen des trous de pointures, obtenus pendant le tirage en blanc. La presse qu'il exposait présente, sur celles qu'il fabriquait antérieurement, l'avantage d'un tirage double dans le même temps, parce qu'il utilise les mouvements d'aller et de retour du marbre sous le cylindre pour imprimer une feuille à chacun de ces mouvements ; condition qui exige, à la vérité, deux margeurs, mais qui produit, comme je l'ai dit, un tirage double. La retiration ne se faisant qu'après tout le tirage en blanc, l'encre, si elle est de bonne qualité, se décharge beaucoup moins que dans une retiration immédiate, et ne se déchargerait probablement pas du tout si on laissait s'écouler un temps suffisant entre les deux impressions.

Les machines à imprimer les tissus étaient également en progrès. Je citerai particulièrement celle qu'exposait MM. Huguenin et Ducommun, et qui avait pour but l'impression au moyen de cylindres gravés en creux dont j'ai décrit plus haut l'exécution.

Dans ce genre de machines, le cylindre gravé reçoit, sur toute sa surface, et pendant son mouvement de rotation, une couleur qui a la consistance d'une bouillie épaisse. Une racle formée d'une règle d'acier bien dressée, dont le tranchant coïncide avec une arête du cylindre, enlève cette couleur sur toutes les portions du cylindre qui ne sont pas creusées ; et le cylindre continuant son mouvement de rotation, entraine avec lui le tissu, qu'il presse fortement contre un autre cylindre, ce qui détermine la décharge, sur ce tissu, de la couleur restée dans les tailles. De ce premier cylindre gravé, le tissu passe à un second, puis à un troisième, etc., etc., qui déchargent sur lui, à leur tour, la couleur qu'ils ont reçue dans les mêmes conditions.

Les premières machines de ce genre établies en France remontent à 1802, et sont dues à M. Lefebvre. Elles n'étaient d'abord qu'à une seule couleur, et la pression était déterminée par des leviers chargés d'énormes poids qui mettaient en contact le cylindre gravé et le cylindre presseur. On y substitua plus tard les machines anglaises, fondées sur le même principe, mais occupant beaucoup moins de place, parce qu'au lieu d'un seul levier on employait des systèmes de levier plus courts qui multipliaient la force. Mais cette complication déterminait des vibrations qui ôtaient beaucoup de netteté à l'impression : aussi beaucoup de fabricants revinrent-ils aux machines Lefebvre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est encore cette condition qu'ont adoptée MM. Huguenin et Ducommun; mais ils ont considérablement diminué le volume et l'encombrement de la machine, en plaçant sous elle les leviers correspondant à chaque cylindre, même lorsque l'appareil imprime à cinq couleurs. Les principaux avantages de cette machine sont que le cylindre presseur est invariable dans sa hauteur, tandis que dans les autres machines on est obligé de le monter ou de le descendre chaque fois qu'on a à changer les cylindres gravés.

Il me serait impossible, sans figures, de décrire suffisamment les nombreux perfectionnements qu'ils ont apportés à ce genre de machines. Je me bornerai à dire qu'ils ont principalement pour but de régler les raccords des diverses couleurs entre elles au moyen de dispositions à la fois simples et précises, qui sont toujours les mêmes pour chaque cylindre, de manière qu'il suffit de connaître le mode de réglage d'un cylindre pour savoir régler immédiatement les autres.

L'impression des tissus s'opère également au moyen de planches en relief. C'est même à ce procédé qu'on a eu d'abord recours lorsqu'on songea à vulgariser les tissus ornés, en remplaçant la broderie par l'application de dessins colorés. C'est au XVIIe siècle que cet art prit naissance en France; mais il ne tarda pas à être monopolisé par l'Angleterre, où l'on s'empressa d'accueillir tous les hommes de génie qu'exilait l'impolitique révocation de l'édit de Nantes, qui priva la France d'une foule d'industries inventées par des hommes qui, animés de l'esprit d'examen, ne portaient pas un œil moins investigateur sur les questions techniques que sur les questions religieuses.

Quoi qu'il en soit, depuis l'origine jusqu'à nos jours, ce genre d'impression, soit sur tissus, soit sur papier de tenture, s'est pratiqué au moyen de planches en bois portant en relief les dessins destinés à être reproduits sur les tissus.

La planche, placée à la main sur une surface flexible recouverte de couleur, est ensuite appliquée, aussi à la main, sur le tissu, et reçoit un coup de maillet qui détermine l'impression. Telle est l'opération dans toute sa simplicité. Mais, si l'on considère à quel degré d'habileté manuelle doit atteindre l'ouvrier pour ne prendre ni trop ni trop peu de couleur, pour poser sa planche sur les repères avec l'exactitude nécessaire, pour régler son coup de maillet en raison de la grandeur de la planche, ou plutôt en raison de la grandeur de la surface laissée en relief par le graveur; si l'on se rend compte des difficultés sans cesse renaissantes qu'apporte à l'opération le gauchissement du bois, dont une surface est constamment

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mouillée, on comprendra que de nombreuses tentatives ont dû être faites pour remplacer, par des moyens mécaniques, rapides et certains, des procédés qui exigent une aussi grande dextérité manuelle. C'est dans ce but qu'on a eu recours aux cylindres gravés, soit en relief, soit en creux; mais leur prix élevé, même pour ces derniers; l'incertitude du succès d'une gravure coûteuse, maintenaien à la planche en bois une préférence légitimée par une possession séculaire. Ajoutons que, presque toujours, les conditions mécaniques imaginées pour remplacer des procédés manuels s'éloignent beaucoup trop de ces procédés et inspirent une grande défiance aux chefs d'établissement qui doivent les employer, et on s'expliquera l'insuccès des divers essais tentés pour imprimer mécaniquement les planches en relief.

Enfin, un homme s'est trouvé qui a compris que la solution du double problème mécanique et moral qui nous occupe consisterait dans l'emploi d'organes mécaniques ayant la plus grande analogie possible avec les procédés manuels employés. Cet homme, c'est M. Perrot, qui, par d'ingénieuses dispositions, est parvenu à créer un ouvrier mécanique dont les fonctions, une fois réglées, restent constantes, et produisent un travail beaucoup plus régulier, et surtout beaucoup plus économique que le travail manuel. C'est au surplus à la *Perrotine* qu'est due cette énorme diminution du prix des tissus imprimés, dont ces dernières années nous ont rendus témoins.

La perrotine est un assemblage de plusieurs machines semblables, commandées par un même organe moteur. Elles sont disposées en demi-cercle autour d'un prisme horizontal dont les faces remplacent la table de l'imprimeur à la main. Le nombre de ces machines varie de deux à six, et chacune est destinée à l'application d'une couleur différente.

Le tissu à imprimer, recouvrant une autre pièce de tissu appelé *doublier* qui, lui-même, repose sur une toile sans fin, contourne les faces du prisme sur lesquelles il est exactement appliqué au moyen d'un système d'embarrage dont je parlerai plus loin. L'emploi du *doublier*, qui est plus large que le tissu, est de recevoir l'impression des deux extrémités de la planche qui est plus longue que le tissu n'est large, afin de ne pas laisser de blanc sur les bords, dans le cas où, dans le mouvement rapide de la machine, le tissu se déplacerait latéralement. Si cette impression se répétait trop souvent sur la toile sans fin, elle finirait par en être rapidement encrassée; en s'opérant sur toute la longueur du doublier, elle n'a pas le même inconvénient, parce qu'un simple lavage le rend propre à de nouvelles impressions. Ces trois tissus marchent simultanément sur les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faces du prisme, après chaque application des planches, d'une quantité égale à la largeur de celles-ci.

Ils sont conduits par des cylindres armés de pointes, disposés aux angles du prisme dont les faces sont interrompues pour le placement de ces cylindres.

Avant d'arriver ensemble sur les faces du prisme, la toile sans fin, le doublier et le tissu passent isolément sur divers systèmes d'embarrages ayant pour but d'en effacer les plis et de les tendre convenablement.

Ainsi, la toile sans fin passe sur une barre sur laquelle sont pratiquées deux séries de cannelures obliques, en sens contraire de chaque extrémité jusqu'au milieu, de manière que le glissement de la toile sur cette barre tende à pousser les fils de la chaine vers les deux lisières, et lui donne une tension convenable dans le sens de la largeur pour effacer les plis longitudinaux, les plis transversaux disparaissent naturellement par le passage du tissu sur l'arête de la barre.

Le même effet est obtenu, pour le tissu à imprimer, en le faisant passer sur deux cylindres recouverts de draps, et dont les axes, légèrement obliques, se rencontrent au milieu de la largeur du tissu qui passe enfin entre deux mâchoires formées chacune de deux règles écartées de quelques centimètres, une règle de l'une pénétrant dans l'intervalle qui sépare les deux règles de l'autre. Une des mâchoires est mobile, et son application contre l'autre est déterminée par un poids agissant sur un levier. Il résulte, de cette disposition, que, si la résistance du tissu à son glissement entre les deux mâchoires vient à augmenter par une cause quelconque, son humidité, par exemple, la traction opérée sur lui écarte la mâchoire mobile de l'autre; que le chemin qu'il parcourt alors entre elles étant moins sinueux, il glisse plus facilement, tout en conservant la même tension, puisque celle-ci est mesurée par le poids placé sur le levier, et que, par conséquent, son allongement, dans l'embarrage, reste le même.

Cette disposition est importante, en ce qu'elle permet les raccords des dessins dits de *rentrure*, qui ne pourraient s'opérer si, pendant l'impression par la machine, le tissu avait éprouvé des tensions différentes qui eussent fait varier sa surface.

Quelques unes des couleurs employées dans l'impression des tissus s'obtiennent au moyen de mordants déposés d'abord par la planche, et que colorent ensuite des liquides de nature très diverses dans lesquels on plonge le tissu. D'autres couleurs, si elles étaient appliquées avant cette espèce de teinture, seraient altérées par elle.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Il est donc nécessaire, quand on emploie les premières, de se borner à les appliquer au moyen de la machine, et d'appliquer les autres à la main après la teinture des premières impressions : c'est ce qu'on appelle des *rentrures*. Elles s'opèrent au moyen de planches beaucoup plus petites que celles de la machine ; et l'on conçoit que si, pendant l'impression mécanique, le tissu avait été distendu plus fortement en certains points que dans d'autres, son mouillage dans les bains de teinture lui rendant ses dimensions régulières, les rentrures deviendraient impossibles, puisque les dessins appliqués sur les portions les plus distendues se seraient contractées par le mouillage et ne se raccorderaient plus avec les planches à la main.

L'ingénieux système d'embarrage appliqué à la perrotine prévient toute variation dans l'allongement du tissu, et permet l'exécution parfaite des rentrures.

Dans l'opération manuelle, la couleur est étalée, au moyen d'une brosse, par un enfant appelé *tireur*, sur un tissu reposant sur un liquide visqueux nommé *fausse couleur*, contenu dans un baquet. On comprend que M. Perrot ne pouvait employer ce même baquet au service de ses six machines, la position horizontale étant la seule qui lui convienne.

Il fut donc obligé d'aviser à d'autres moyens; et c'est en cela surtout qu'il eut à lutter contre l'esprit de routine qui ne permettait pas aux fabricants et aux ouvriers de croire qu'on pût suppléer à l'emploi de ce baquet. Mais, enfin, après une longue résistance, ils reconnurent que le châssis, garni de molletons recouverts d'une toile cirée, qui, elle-même, est recouverte d'un casimir, substitué par M. Perrot au baquet, pouvait remplacer celui-ci.

Toutefois ils persistèrent longtemps à penser que l'étalage régulier de la couleur sur le châssis ne pouvait se faire qu'à la main, et refusèrent de laisser appliquer, aux perrotines qu'ils commandaient, les conditions mécaniques que leur proposait M. Perrot. Le temps et l'intérêt des fabricants vinrent encore à son aide, et aujourd'hui toutes les perrotines ont des *tireurs mécaniques*.

Cet appareil se compose d'une auge contenant la couleur broyée dans laquelle tourne un cylindre métallique qui décharge une portion de cette couleur sur un autre cylindre garni de draps. Leur plus ou moins d'écartement modifie à volonté la prise de couleur, qui est plus ou moins abondante en raison des conditions établies.

Le châssis, doué d'un mouvement de translation alternatif, se meut en contact avec le second cylindre dont il prend la couleur, qui est ensuite étalée régulièrement sur le casimir au moyen d'une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

brosse rencontrée par le châssis au moment où il va se placer entre la planche gravée et la table.

Cette planche est en bois ou en clichés, comme les planches à la main. Elle est fixée par des vis à bois sur une surface de fonte plane, légère et rendue inflexible par des nervures convenablement placées.

Le serrage de ces vis la ramène au plan quand elle est gauchie, et l'empêche de gauchir une fois qu'elle est fixée.

Cette pièce, qui s'appelle un *tiroir*, est adaptée à un chariot dont le parallélisme, avec la table d'impression correspondante, est réglé par quatre vis agissant sur la queue du chariot. Le raccord des planches entre elles se règle aussi au moyen de vis qui peuvent faire marcher le tiroir en tous sens dans le plan du chariot, et par conséquent sans déranger le parallélisme de la planche et de la table. Ce raccord peut se faire pendant la marche de la machine pour éviter de laisser sécher la couleur. On le détermine ordinairement sur une tête de pièce sacrifiée.

Voici maintenant quelles conditions remplit la machine.

Dans un moment donné, le châssis garni de couleur se présente devant la planche ; celle-ci s'avance contre lui et s'y applique. Le chariot a ensuite un mouvement de recul pour permettre au châssis de se retirer, puis il s'avance contre la table où la planche, rencontrant le tissu, y dépose la couleur qu'elle a prise au châssis, en exerçant sur ce tissu une pression plus ou moins grande qu'on a réglée en raison de la surface du relief donné à la planche, ou si l'on veut de la surface qu'elle doit couvrir de couleur.

Ces diverses opérations se font simultanément par toutes les machines qui entourent le prisme. Quand la couleur est appliquée, chaque chariot se retire, et le tissu est entraîné d'une quantité correspondante à la largeur des planches, de manière que la portion qui occupait d'abord l'une des tables, occupe successivement toutes les autres pour y recevoir la couleur propre à chaque planche.

La précision avec laquelle le tissu doit se présenter successivement aux diverses planches de la perrotine n'était pas compatible avec le jeu qu'il faut laisser aux engrenages : il fallait, de toute nécessité, qu'aucun des cylindres garnis de pointes, chargés de conduire le tissu, ne pût prendre aucun mouvement rétrograde, ni dépasser, en vertu de la vitesse acquise, le point précis où son mouvement doit s'arrêter ; sans cela les raccords des dessins eussent été impossibles. Pour obtenir ce résultat, M. Perrot a employé un moyen aussi simple qu'ingénieux.

Un fil métallique est fixé par un bout au bâti de la machine ; on

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui fait faire un ou plusieurs tours sur une poulie faisant corps avec une roue centrale qui commande tous les cylindres en question, et on tend l'autre extrémité de ce fil au moyen d'un levier chargé d'un poids convenable. On comprend que si la poulie tourne en sens contraire des révolutions de l'hélice qui l'enveloppe, ce mouvement tendra à ouvrir l'hélice, en soulevant le poids qui la serre contre la poulie, dont le mouvement n'en sera gêné qu'autant qu'il est nécessaire pour ne pas dépasser le point convenable en vertu de la vitesse acquise. Mais si cette même poulie tend à tourner en sens contraire, son effort aura pour résultat de resserrer sur elle les révolutions de l'hélice, qui rompra plutôt que de la laisser tourner, le serrage augmentant à mesure que l'effet devient plus grand. Cette disposition assure donc de la manière la plus complète l'exactitude des mouvements du tissu.

J'arrive maintenant aux dispositions mécaniques qui déterminent le mouvement du chariot, soit pour la prise de couleur, ou, comme on dit, l'*alimentation*, soit pour l'impression.

Ces dispositions, d'une simplicité remarquable, sont toutefois beaucoup plus faciles à comprendre sur la machine qu'à décrire sans l'aide de figures nombreuses.

Je vais essayer toutefois d'en indiquer le principe général.

En arrière du chariot est articulé un balancier à bras égaux, mais faisant entre eux un angle très ouvert. Deux bielles sont articulées à chacun de ces bras, et s'articulent encore en arrière à deux manivelles dont l'une fait un tour, tandis que l'autre en fait deux, toutes deux marchant en sens contraire.

Des positions relatives que prennent ces deux manivelles, dépendent les diverses positions utiles du chariot.

Ces positions sont l'alimentation, ou la prise de couleur, et l'impression. Toutes deux ont lieu quand l'une des manivelles, confondant sa direction propre avec celle de sa bielle, ne peut plus pousser le chariot ; sa bielle devient alors le point d'appui du mouvement du balancier transformé en levier du second genre, sur lequel agit la bielle de l'autre manivelle pour pousser le tout, soit vers le châssis, soit vers le tissu. Les deux bielles changent tour à tour de rôle pour devenir point d'appui ou organe moteur. Enfin, selon la surface à couvrir de couleur, on détermine une pression plus ou moins forte, soit sur le tissu, soit sur le châssis, en rapprochant ou en écartant, pour chacune de ces opérations, le point d'articulation de chacune des bielles du centre de mouvement du balancier.

Cette disposition mécanique, l'une des plus ingénieuses que j'aie rencontrées, a encore cela de remarquable dans son extrême sim-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plicité, que le mouvement relatif des deux manivelles fait reculer le chariot, en temps utile, de toute sa course après l'impression, le ramène à moitié chemin pour l'alimentation, et le fait reculer encore pour donner au châssis le moyen de se retirer avant que le chariot soit poussé vers le tissu à imprimer.

Une des principales conditions que remplissent aujourd'hui les perrotines consiste dans le *réapplicage*, c'est-à-dire dans la propriété de réappliquer plusieurs fois la même planche sur la même portion du tissu, soit isolément, soit concurremment avec les autres planches de la machine. Cette disposition a une grande importance, non seulement en ce qu'elle donne plus de vivacité à certaines couleurs, mais encore en ce qu'elle permet l'impression mécanique des cravates et des foulards à bordures qu'antérieurement on ne pouvait imprimer qu'à la main, en faisant à part les fonds et les bordures. Dans ce cas, deux planches impriment les deux bordures transversales de la cravate, et une troisième planche, portant, à ses deux extrémités, un fragment des bordures longitudinales, imprime celles-ci en même temps que le fonds, en s'appliquant sur le tissu autant de fois que cela devient nécessaire pendant que les deux autres planches cessent de travailler.

On comprend que l'homme qui a fait faire à l'impression des tissus d'aussi importants progrès ne devait pas négliger de s'occuper de l'exécution des planches elles-mêmes. M. Perrot y fut conduit par une coalition des graveurs qui, ligués contre la perrotine, à l'instigation des imprimeurs, lui refusaient leur ministère.

M. Perrot imagina de se passer d'eux, en remplaçant les procédés ordinaires, soit de la gravure sur bois, soit des pointes de cuivre enfoncées dans des blocs de bois, et dont la saillie reçoit la couleur, par le procédé suivant : On enfonce, dans du bois debout, et à la même profondeur, de petits poinçons représentant les portions du dessin qu'on veut exécuter, puis on se sert de cette matrice pour y couler du métal fusible sous la pression de jets assez élevés, et qui servent ensuite à retirer facilement le cliché de cette matrice qui ne présente aucune dépouille. Le cliché, retiré de la matrice, est dressé à la lime ou au rodoir pour mettre le dessin parfaitement de niveau, et appliqué ensuite à la manière ordinaire sur une planche de bois. Ce procédé présente, en outre, cela d'avantageux que la perpendicularité des tailles permet plusieurs dressages successifs des clichés pour leur rendre toute leur pureté primitive, à mesure que leurs angles s'arrondissent par le travail de l'impression. Force fut aux graveurs de se soumettre, et leur ligue céda devant la volonté énergique de celui contre lequel ils ne pouvaient plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lutter. Il est à regretter que les occupations de M. Perrot ne lui aient pas permis, depuis cette époque, de s'occuper d'une découverte à laquelle il avait été conduit par les besoins du moment.

Je ne crois pas sans intérêt de présenter ici quelques données statistiques sur les résultats produits aujourd'hui par la perrotine dans l'impression des tissus.

On lit dans le N° 60 du *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, publié en 1839 :

« L'impression à la perrotine a été introduite en Alsace depuis 1834 ; mais il n'y a guère que quatre ou cinq machines en activité, ce genre d'impression convenant peu à la nature de nos produits. »

On trouve le passage suivant dans le N° 67, publié en 1841.

« On a pu remarquer, dans quelques uns des articles, une netteté d'impression à laquelle on n'avait pas été habitué depuis que la quantité de production a été un élément de prospérité indispensable pour nos manufactures ; car, où aurait-on pu trouver un assez grand nombre de bons imprimeurs pour atteindre une égale perfection dans l'impression de toutes les pièces ?

» Ce perfectionnement est dû sans doute à une machine appelée *perrotine*, dont l'usage s'est beaucoup répandu dans ce pays depuis quelques années. Cette machine, d'une conception admirable, satisfait à toutes les conditions d'une belle impression à la main, et a en outre l'avantage de produire la quantité. »

Enfin, le N° 78-79, publié en 1843, porte le nombre des tables employées en 1842 à 2,376

Celui des presses à rouleaux, à	36
Celui des perrotines, à	40
Le nombre des ouvriers, à	5,996
Et celui des mètres d'étoffes imprimées, à	275,670,000

Et il termine par les observations suivantes :

« Il y avait à Mulhouse, en 1827, seize fabriques d'indiennes, travaillant avec 2,230 tables et 14 rouleaux. Ces fabriques employaient 6,860 ouvriers, et produisaient 9,648,055 mètres d'étoffes imprimées, toutes en coton. Ainsi, pendant que les ouvriers ont diminué de 12,58 pour cent, le produit en étoffes imprimées de toutes sortes a presque triplé.

Travail moyen annuel par ouvrier,	en 1827,	1391m,84
	en 1842,	4697m,76

» Cette grande augmentation du travail moyen annuel est due à

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'emploi du rouleau et de la perrotine. Ces machines, en se multipliant, produisent un autre changement capital dans les fabriques d'indiennes; c'est que, bientôt, pour imprimer à la planche, il n'y aura presque plus que des femmes. »

Si l'on fait attention que de 1827 à 1842 le nombre des presses à rouleaux s'est élevé de 14 à 36, et que celui des perrotines est monté en huit ans de 5 à 40, on devra reconnaître que cet énorme accroissement de production est presque entièrement dû à l'emploi de la perrotine.

Depuis environ treize ans, M. Perrot a établi très près de quatre cents perrotines. Mais, comme les premières machines n'ont pas immédiatement atteint la perfection des machines actuelles, il est assez difficile d'établir une moyenne de rendement général de ces appareils, qu'on peut diviser en quatre classes distinctes.

La première, ancien système, donne à la minute 25 coups de planche de 0m,102,5 de larg.
La deuxième, *id.* *id.* *id.* 0m,136,6 *id.*
La troisième, nouv. syst., de 40 à 45 coups, 0m,102,5 *id.*
La quatrieme, *id.* *id.* *id.* 0m,136,6 *id.*

Si l'on porte, en moyenne, le travail à dix heures par jour, et à trois cents jours le travail moyen de l'année,

	Par jour.	Par an.
La première classe imprimera	1,537 mèt.	461,100 mèt.
La deuxième,	2,049	614,700
La troisième,	2,613	783,900
Et la quatrième,	3,483	1,044,900

Quatre cents perrotines ont été fournies à l'industrie française ou étrangère depuis treize ans. On peut, sans exagération, prendre la moitié de ce nombre pour le nombre moyen de machines qui ont travaillé depuis cette époque: soient donc deux cents perrotines ayant travaillé pendant treize ans.

Mais comme, dans certains cas, elles réappliquent, c'est-à-dire que, pour donner plus de vivacité à l'impression, la même planche se pose plusieurs fois sur les mêmes portions du tissu, il n'est pas possible de prendre pour nombre moyen de mètres imprimés par elles la moyenne des nombres ci-dessus.

Nous prendrons donc, et en cela nous serons beaucoup au-dessous de la vérité, 1,000 mètres pour le travail moyen journalier de chaque perrotine, ou 300,000 mètres par année, et, pour les treize ans, 3,900,000 mètres, qu'il faut multiplier par 200 pour avoir le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nombre moyen de mètres de tissus imprimés par les ingénieuses machines de M. Perrot. Ce nombre est de 780,000,000 mètres. Or, si l'on considère que le méridien terrestre a 40,000,000 mèt. de développement, on verra que les tissus dont l'impression est due à ces machines feraient dix-neuf fois et demie le tour de la terre.

M. Perrot est également l'auteur d'une presse lithographique sur laquelle l'encrage s'opère mécaniquement. Avant lui, on connaissait une presse mécanique due à M. Villeroi ayant le même but, mais fondée sur l'emploi d'un cylindre en pierre lithographique. Ce principe présentait le grave inconvénient de ne permettre que des décalques sur le cylindre, le dessin direct présentant trop de difficultés. Cet inconvénient et d'autres conditions insuffisantes à un bon encrage avaient depuis longtemps fait rejeter ce principe.

Ce fut, toutefois, à ce même principe que s'attaqua d'abord M. Perrot, en y appliquant les conditions d'encrage que je décrirai plus loin.

Avec ces conditions, l'appareil à cylindre permet le tirage rapide de tous les genres d'impression pour lesquels le décalque ne présente pas d'inconvénient.

Mais M. Perrot, qui ne comprend pas qu'on s'arrête quand la solution d'un problème mécanique n'est pas tout-à-fait complète, se remit à travailler sur de nouveaux frais, et réalisa enfin sa pensée dans les conditions suivantes :

Dans la nouvelle presse lithographique, la pierre est plane comme les pierres ordinaires; elle est posée sur un chariot animé d'un mouvement alternatif de *va-et-vient*, lent dans le sens progressif, et rapide pendant le retour.

La pression est exercée sur la pierre par un petit cylindre maintenu latéralement dans une rainure et supporté par un gros cylindre qui l'empêche de fléchir. Un cuir et un garde-main servent d'intermédiaires entre le rouleau et la pierre.

Le mouillage est opéré par deux tampons cylindriques recouverts de tissu. Après avoir passé sous les rouleaux encreurs, la pierre reçoit, en arrivant à l'extrémité, un second mouillage.

L'encre est déposée dans un encrier analogue aux encriers de la typographie. Un petit rouleau transporteur porte à un rouleau-table, animé d'un mouvement rapide de rotation, l'encre qu'il a prise dans son contact avec l'encrier. Un second transporteur, plus gros, transmet à un gros rouleau-table l'encre dont il s'est chargé pendant son contact avec le premier. Il existe, entre ces quatre rouleaux, des rapports de diamètre tels que les mêmes points des rouleaux en contact ne se rencontrent qu'après un grand nombre de tours, afin

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que la répartition de l'encre, dans le sens longitudinal de la machine, se fasse le plus uniformément possible.

Pour opérer la répartition de l'encre dans le sens transversal, M. Perrot emploie un petit rouleau coureur oscillant, qui, se présentant dans une position oblique au gros rouleau-table, est entraîné transversalement à la machine, jusqu'à ce qu'il reçoive l'impulsion d'une petite came. Cette impulsion lui donne une obliquité opposée qui le fait rétrograder jusqu'à ce qu'il reçoive l'impulsion d'une autre came qui change sa direction, et ainsi de suite.

L'encre est déposée sur la pierre par un certain nombre de rouleaux encreurs qui la reçoivent de rouleaux en bois appelés sécheurs, sur lesquels elle a été portée du gros rouleau-table par un troisième rouleau transporteur. Chaque rouleau sécheur, animé d'un mouvement rapide de rotation, n'est en contact avec les rouleaux encreurs que lorsque ceux-ci sont sans action sur la pierre.

Ces rouleaux sécheurs ont la double fonction de garnir les rouleaux encreurs, et de dissiper, par leur mouvement rapide, l'humidité que ces rouleaux encreurs ont contractée dans leur contact avec la pierre humide.

Un mécanisme particulier permet de faire varier la pression que les rouleaux encreurs doivent exercer sur la pierre. En général, cette pression doit être énergique pendant le mouvement progressif de la pierre, afin de la garnir convenablement d'encre ; elle est faible, au contraire, pendant le retour rapide de la pierre, afin d'opérer le nettoyage du dessin.

Les conditions qu'on peut signaler comme constituant les propriétés essentielles de cette ingénieuse machine sont les suivantes :

1° Le petit rouleau coureur, dont les fonctions sont de répartir l'encre dans la direction transversale de la presse.

2° L'emploi de mouilleurs formés d'un cylindre couvert de tissu.

3° Celui des rouleaux sécheurs, sans lesquels l'impression devient rapidement grise et estompée.

Cette presse a, jusqu'à présent, reçu d'utiles applications pour le tirage des écritures et des dessins courants. Mais M. Perrot pense, avec raison, qu'il est nécessaire, pour les dessins soignés, d'augmenter le nombre des passages sur la pierre des cylindres encreurs.

L'exposition présentait une autre presse lithographique de M. Kocher. Elle repose sur le principe de celle de M. Villeroi, c'est-à-dire sur l'emploi d'un cylindre en pierre lithographique.

M. Perrot, dans un mémoire distribué au jury de l'exposition, y réclame principalement son rouleau coureur, à obliquité alternative, bien qu'appliqué dans des conditions dont il signale les incon-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vénients, qui consistent en ce que, dans cette dernière machine, ce rouleau agit directement sur un rouleau-table, au lieu de régulariser l'encre déjà déposée par d'autres rouleaux, et enfin dans le peu de certitude de régler la course de ce rouleau en raison de la largeur des dessins. M. Perrot y blâme également l'insuffisance du nombre de passages des rouleaux encreurs, et l'absence de tout moyen d'enlever à ces rouleaux l'humidité contractée dans leur contact avec la pierre. Je ne puis que donner un assentiment complet à ces observations.

Fabrication de l'or en feuilles.

Un grand nombre des arts qui ont la forme pour but rehaussent souvent l'éclat de leurs produits en les revêtant d'une mince pellicule d'or ou d'argent. Notre époque est même, sous ce rapport, d'une magnificence inconnue avant elle; et, à voir avec quelle prodigalité nos architectes répandent, sur les lambris de nos monuments, ces fleuves d'or, dont les nombreux méandres multiplient la surface à l'infini, on est tenté de croire ou qu'un heureux cataclysme vient de transformer en flots majestueux les rares paillettes d'or que roule aujourd'hui le Pactole, ou que cette manie de faire riche, faute de pouvoir faire bien, ne tardera pas à absorber entièrement le signe représentatif le plus commode, parce qu'il est le plus portatif, employé dans nos transactions commerciales.

Qu'on se rassure cependant; la ténuité des feuilles du métal qui recouvre la plupart des ornements qui allourdissent d'une si déplorable manière nos monuments modernes, est telle que, cette prodigalité décuplât-elle ses extravagantes excentricités, la valeur marchande de l'or ne s'en trouverait pas sensiblement affectée, ainsi que quelques chiffres le démontreront plus loin.

La profession de batteur d'or, dont les produits m'ont suggéré ces réflexions, n'avait à l'exposition que trois représentants. Un seul, M. Favrel (1), m'a fourni des renseignements techniques dont l'étude m'a permis de constater de remarquables progrès. Mais, pour les apprécier convenablement, il est utile que j'entre dans quelques détails sur cette fabrication importante dans laquelle nous avons peu de rivaux sérieux à l'étranger.

On n'a aucune notion sur la manière dont les anciens procédaient dans cet art, dont cependant l'antiquité paraît démontrée. Après la ruine de Carthage, on voit les Romains, sous la censure de Lucius

(1) Troisième médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Mummius, faire dorer les lambris du Capitole. Les riches citoyens introduisirent ensuite ce luxe dans leurs appartements.

Toutefois, à cette époque, et même plus tard, on était loin d'être parvenu à donner à l'or en feuilles la minceur qu'on peut lui donner aujourd'hui. Pline rapporte que, de son temps, on tirait d'une once d'or, formant une plaque de quatre doigts de côté, environ six cents feuilles de la même dimension.

Nous verrons plus loin que cette ténuité, déjà très grande, est de beaucoup dépassée par les procédés modernes.

Pour bien faire comprendre les perfectionnements récents dus à M. Favrel dans l'art du batteur d'or, il est nécessaire que j'entre dans quelques détails sur les conditions générales de cette fabrication.

L'or est amené au degré de ténuité convenable sous l'action d'un nombre considérable de coups de marteau. Mais comme il ne tarderait pas à ne plus pouvoir être manié par l'ouvrier, son extension s'opère entre des feuillets, soit de vélin, soit de baudruche, dont l'interposition donne un volume très maniable à la masse frappée par le marteau.

Je n'entrerai point ici dans les détails concernant la préparation et l'entretien des feuilles de baudruche interposées entre les feuilles d'or. Il me suffira de dire que ces détails très minutieux ont pour but spécial de permettre au métal de glisser en s'allongeant sur la surface des feuilles, et d'empêcher l'adhérence qu'ils pourraient contracter.

Mais procédons par ordre.

Un lingot d'or, à 964 de fin, pesant environ 345 grammes, est forgé et recuit à diverses reprises pour l'amener à une longeur de 50 à 55 cent. sur 20 à 25 millimètres de largeur. On le lamine ensuite pour l'étirer en ruban d'environ 8 mètres de longueur. On ploie ce ruban autour d'une latte de 20 à 25 cent. Cette latte retirée, on forge le ruban en cet état pour augmenter sa largeur du double, en lui donnant des recuits successifs pour faciliter le forgeage. On le découpe ensuite en 136 ou 140 morceaux bien égaux de longueur d'environ 8 cent. de long sur 45 à 55 millim. de large.

On superpose bien exactement ces morceaux les uns sur les autres, et on les forge en cet état pour les amener au carré, en leur donnant un recuit aussi souvent que cela devient nécessaire. Mais ce recuit est une des opérations délicates de la fabrication, parce que l'or peut y prendre une couleur étrangère, sous l'influence de l'air. M. Favrel y a obvié en faisant ses recuits sous une cloche de fonte qui éteint le charbon dans lequel le paquet a été placé, mais pas

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

assez rapidement cependant pour que l'or n'ait pas eu le temps de s'y élever à la température convenable.

Lorsque la minceur de l'or est telle qu'il ne pourrait, sans inconvénient, supporter directement les coups du marteau, on interpose entre chaque *quartier* une feuille de vélin, d'environ 11 cent. de côté. On garnit le dessus et le dessous de ce paquet, appelé *premier caucher*, de cinq feuilles de parchemin nommées *emplures*, et on en place dix au milieu.

Ces emplures servent à préserver les feuilles de vélin du choc direct du marteau ; celles du milieu permettent de couper le caucher en deux et d'en transporter l'intérieur à l'extérieur. Enfin, le tout est enveloppé de deux fourneaux de parchemin se croisant à angle droit pour revêtir complétement les bords des feuilles de vélin, et empêcher la projection de l'or, lorsque le marteau en l'étendant l'amène au-delà des bords de ces feuilles. Ces conditions s'appliquent non seulement à ce premier caucher, mais encore à tous les autres *outils* dans lesquels l'or devra passer successivement par la suite.

On bat ce premier caucher d'un certain nombre de coups de marteau dépendant de la grandeur des quartiers qu'on y a placés. Mais ces coups ne doivent pas être donnés indifféremment sur toute la surface. La qualité de l'or en feuilles dépend surtout de la précision avec laquelle le batteur choisit les points successifs que doit attaquer son marteau, qui, pour cette opération, pèse de 9 à 10 kil., et occupe une surface circulaire légèrement convexe d'environ 14 cent. de diamètre.

Le principe général du battage ou de la *batterie* de l'or consiste à l'étendre du centre à la circonférence ; mais l'application de ce principe diffère dans les opérations successives. C'est ainsi que dans la batterie du premier et du second caucher, les coups, partant du milieu de l'outil, sont distribués de manière à allonger les quartiers dans le sens de leurs côtés, plus qu'on ne le fait pour les outils suivants, où cet allongement se fait plus sur les angles. Mais une règle générale, c'est que le marteau, soit qu'il parte du milieu, soit qu'il frappe sur le côté, s'avance toujours de la ligne médiane vers le bord qui est parallèle à cette ligne, et que, lorsqu'il a atteint ce bord, l'ouvrier fait faire un quart de tour à son outil, et frappe dans les mêmes conditions la même série de coups, de manière que ce n'est qu'après avoir répété quatre fois la même batterie, sur quatre lignes différentes à angle droit les unes des autres, qu'il en recommence une seconde à côté de la première, une troisième à côté de la seconde, etc., etc.

Lorsque le premier caucher est convenablement battu, on en re-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tire les quartiers qu'on fait recuire pour la dernière fois. Une ouvrière les coupe ensuite en quatre autres quartiers bien égaux de grandeur, et place ces quartiers dans le second caucher, composé de deux cent cinquante-quatre feuilles de vélin, ayant 95 millim. de côté, en ayant soin de poser bien exactement chaque quartier au milieu de la feuille de vélin, la plus petite déviation pouvant amener de grandes différences dans les résultats à obtenir.

L'outil, rempli et marqué d'un bulletin indiquant le poids de l'or qui y est contenu, est battu dans les conditions qui lui conviennent, et qui font déborder l'or tout autour des bords des feuilles de vélin.

On abat, avec un couteau, l'or qui déborde, opération qui ne doit laisser dans le coucher que 140 à 145 grammes, selon la qualité de l'or employé.

Après ce second battage, les feuilles sont coupées encore en quatre quartiers qu'on place avec les mêmes précautions entre les feuilles de baudruche d'un nouvel outil appelé *chaudret*, et qui en contient un millier. Il a 10 à 11 centimètres de côté. Le marteau employé pour le chaudret pèse de $6^{k},5$ à $7^{k},5$.

Lorsqu'un troisième battage a fait déborder suffisamment l'or autour des feuilles du chaudret, on le gratte pour équarrir les bords, et on le divise encore en quatre quartiers, dont on remplit quatre nouveaux outils également en baudruche, et auxquels on donne le nom de *moule*.

La moule se bat avec deux marteaux : le premier, dit marteau à arrondir, parce que sa tête est très arrondie, pour étaler plus rapidement l'or, pèse de 4 à 5 kil. ; le second, dit marteau à finir, est du même poids que le marteau à chaudret ; mais sa convexité est intermédiaire entre celle de celui-ci et celle du marteau à arrondir.

Un des principes du battage de la moule consiste à régler la rapidité des coups de marteau de manière à y entretenir une température convenable qui doit s'élever de plus en plus dans certaines limites jusqu'à la fin de l'opération.

L'extrême régularité que doit apporter l'ouvrier dans le battage de ses divers outils a engagé M. Favrel à déterminer le nombre de coups que chaque batterie doit comporter, et dont le total ne s'élève pas à moins de 17,972, non compris le forgeage direct qui en exige un nombre considérable.

Lorsqu'une moule est terminée, une ouvrière étale chaque feuille sur un coussin, égalise l'un des bords avec un morceau de roseau rendu tranchant, et la place entre les feuillets d'un livret de papier,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

frotté d'ocre rouge, en ayant soin de mettre le côté coupé de la feuille au fond du livret, qui doit en contenir vingt-cinq.

Les feuilles défectueuses, celles qui sont fendues ou percées de trous, sont raccommodées par la superposition d'un morceau de grandeur convenable, qui, légèrement pressé, ne peut plus s'en détacher, et ne laisse que de très faibles traces de sa jonction avec la feuille. Dans certains cas, cependant, ces feuilles raccommodées sont mises à part, et ne sont pas confondues avec les autres. Lorsque le livret est plein, on le met entre deux petits ais de même grandeur, et, à l'aide du roseau, on abat l'or qui le déborde de toutes parts; puis en frottant les bords avec un morceau de drap, on enlève les dernières parcelles d'or. C'est dans ce dernier état que l'or est livré à la consommation.

Une des opérations les plus importantes de cette fabrication consiste à presser les outils sous l'influence d'une température assez élevée, mais qui ne doit pas dépasser certaines limites; puis à les ventiler en en agitant les feuillets dans l'air.

La difficulté d'obtenir, par l'emploi direct d'un combustible, la température régulière nécessaire à un bon travail, a engagé M. Favrel à chauffer ses presses au moyen de la vapeur, en introduisant celle-ci tant dans la portion fixe de ces presses que dans la platine mobile. Il a substitué à la ventilation à la main celle due à un courant d'air très actif obtenu d'un ventilateur rotatif mû par une machine à vapeur qui est en même temps chargée de faire fonctionner les laminoirs. Ceux-ci se distinguent des laminoirs ordinaires par une disposition qui prévient la rupture si fréquente des cylindres en acier fondu. Cette disposition, qui est due à M. Saulnier aîné, consiste à employer de petits cylindres en acier fondu placés entre deux cylindres beaucoup plus gros qu'on peut faire en fonte ou en acier non trempé. Ces petits cylindres, disposés l'un sur l'autre et tournant en sens contraire, sont pressés sur toute la longueur de leur arête par les gros cylindres qui, par cela même, empêchent toute chance de rupture des petits, lorsque leur diamètre est convenablement proportionné à leur longueur pour résister à l'effet de la torsion.

Ce mode de laminage produit un allongement plus rapide du métal, parce que le diamètre des cylindres lamineurs n'est guère que le tiers des cylindres ordinaires, et qu'ils ont cependant la même vitesse à la circonférence que les gros cylindres qui les commandent.

Mais, de toutes les innovations apportées par M. Favrel dans ses ateliers, la plus importante, sans contredit, est celle d'un battage

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mécanique spécialement appliqué aux cauchers et aux chaudrets, et qui renferme des combinaisons mécaniques fort remarquables, que je ne pourrais décrire en détail sans un grand nombre de figures, et dont je me bornerai à exposer quelques principes généraux.

L'outil, caucher ou chaudret, est maintenu dans un cadre métallique placé sur le marbre qui doit supporter l'effort du marteau, à chaque coup duquel ce cadre se déplace, dans les conditions que j'ai exposées précédemment, pour que le marteau frappe successivement les points convenables de l'outil. Chaque batterie est réglée par un tour de clef qui limite la marche latérale de l'outil sous le marteau, et par un cliquet qui, lorsque l'outil s'est avancé sur une même ligne, du milieu de la feuille jusqu'au bord, lui fait faire un quart de tour pour parcourir la même ligne sur un autre quart de la feuille.

Quant au marteau lui-même, au moment où il rebondit, après avoir frappé l'outil, il est retenu par un cliquet adapté à son manche sur une roue mobile autour de l'axe du marteau lui-même, et dont le mouvement continu le soulève jusqu'au moment où un arc de cercle denté comme la roue est poussé par une came, de manière à devenir excentrique à la roue, et s'empare du marteau en présentant l'un de ses crans à un second cliquet également placé sur le manche du marteau. Pendant ce temps, un fort ressort à boudin a été bandé par l'action de la machine, et, à un moment donné, se débande en même temps que l'arc de cercle abandonne le marteau, qui reçoit de ce ressort une impulsion plus grande que celle due à sa chute, parce qu'en se retirant sur lui-même, une tringle fixée à ce ressort et recourbée en crochet agit sur une projection de l'axe du marteau dont elle précipite l'action de toute l'énergie du ressort, qu'on peut, au surplus, régler à volonté.

Cette machine, telle qu'elle est construite aujourd'hui, sert principalement à la batterie dite d'arrondissage; si, jusqu'à présent, elle n'a pas servi au battage complet, cela tient à ce que son bâti est trop léger et vibre énergiquement sous les coups du marteau à caucher. On voit qu'il est facile d'y porter remède.

Je me permettrai ici quelques observations sur les dispositions mécaniques qui déterminent l'action du marteau.

Le rebondissement de celui-ci n'a pas la même étendue à chaque coup, puisqu'il frappe sur une pièce dont l'élasticité varie à chaque instant. Il est donc rattrapé, à une hauteur plus ou moins grande, sur la roue chargée de le soulever, et qui continue uniformément son mouvement sans aucune dépendance du mouvement des autres organes de la machine, de sorte que, quand l'arc de cercle chargé de lui enlever le marteau se présente pour opérer cet enlèvement,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le marteau est parvenu à des hauteurs variables à chaque coup, et que son action sur l'outil est également variable, puisqu'il y retombe de hauteurs différentes.

Les conditions remarquables que présente cette ingénieuse machine me sont un sûr garant qu'elle n'est pas le dernier mot de M. Favrel, et qu'il ne tardera pas à la rendre propre au travail complet de l'or. Si je ne m'abuse pas sur les nécessités que ce travail comporte, il me semble qu'on y parviendrait en donnant à l'arc de cercle en question un mouvement alternatif de rotation pendant une partie duquel il enlèverait le marteau à la roue pour le soulever jusqu'à une limite constante dont on pourrait régler l'étendue, et par conséquent déterminer un choc plus ou moins énergique sur l'outil.

Il me reste maintenant à entrer dans quelques détails numériques, que je ne crois pas sans intérêt, sur les produits de l'art du batteur d'or.

Le poids moyen d'un millier de feuilles d'or est de 16 grammes.

Les 345 grammes d'or primitivement employés se trouvent réduits de 119 à 120, et les 225 grammes restants sont passés en déchets qui retournent à la fonte.

Mais M. Favrel a fréquemment obtenu des feuilles assez minces, quoique parfaites dans leur qualité, pour que le millier ne pesât que 11,5 grammes, qui nous serviront de point de départ dans l'appréciation des résultats qu'on peut obtenir de cette fabrication, et dans leur comparaison avec les données que Pline nous a laissées.

1,000 feuilles d'or à 964 millièmes pèsent	11 gram. ,5
Le décimètre d'or (1), au même titre, pèse	17 kil. ,589,4
La feuille ayant 88 millim. de côté, sa surface est	77 cent. c. ,44
Une feuille pèse	0 gram. ,011,5
Le volume d'une feuille, ou son poids divisé par sa densité =	0 mm. cc. ,653,804
L'épaisseur d'une feuille, ou son cube divisé par sa surface =	0 mm. ,000,084,442,72
Les 1,000 feuilles ont pour surface	7 mèt. c. ,744

(1) Si l'on veut, dans ce calcul, considérer le millimètre cube d'or comme l'unité, le décimètre cube = 1,000,000 mm. cc.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Ou, avec les recouvrements nécessaires dans leur application pratique à la dorure, 7 mèt. c.
Leur volume est 653mm. cc.,804
Leur épaisseur est 0 mm. ,084,442,72
Un millimètre de hauteur en contient 11,844
Le nombre de feuilles fourni par 1 kil. d'or est 86,957
Ce nombre couvre une surface de 673,395 mèt. c.,008

Nous avons vu que, suivant Pline, une once d'or produisait 600 feuilles de quatre doigts de côté

L'once romaine = 27 gram.
Le doigt romain = 18 mm. ,406,2
La surface de la feuille était 54cent. c. ,20 ,6
Elle pesait 0 gram. ,045
Son volume, ou son poids divisé par sa densité (1), était 2mm. cc.,558,3
Son épaisseur, ou son cube divisé par sa surface, était 0 mm. ,000,471,97
1,000 pesaient 45 gram.
Leur surface recouvrait 5 mèt. c.,410,6
Leur volume était 2cent. cc.,558,3
Leur épaisseur était 0 mm. ,471,97
Un millimètre d'épaisseur en contenait 2,119
Le nombre de feuilles fourni par 1 kil. d'or était 22,222
Ce nombre couvrait une surface de 120,443 mèt c. ,240

Si l'on divise 673,395 m. c.,008, surface qu'on peut recouvrir aujourd'hui avec 1 kil. d'or,
Par 120,443m. c.,240, surface qu'on pouvait recouvrir avec le même poids, du temps de Pline,
On aura, pour quotient, 5,590,97.

La surface qu'on peut recouvrir aujourd'hui avec un certain

(1) Nous supposons également l'or à 964 de fin.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

poids d'or est donc plus de cinq fois et demie celle qu'on pouvait recouvrir du temps de Pline. En d'autres termes, la feuille d'or est aujourd'hui plus de cinq fois et demie plus mince qu'alors.

L'*Annuaire du journal des mines de Russie*, pour 1842, qui vient de paraître, porte à 23,743^{k},338 la production de l'or en 1841 et 1842, dans la Sibérie orientale et dans la chaîne de l'Oural. En portant cet or au titre de 964, on a 25,958^{k},5, qui, réduits en feuilles, pourraient couvrir une surface de 17,480,240 mètres carrés, ou un carré de 4,180^{m},94 de côté. Enfin, cette masse d'or pourrait fournir une bande de 0^{m},437 de largeur, formant le tour entier de la terre.

Mais revenons à la fabrication moderne.

On estime la fabrication parisienne à 200 milliers de feuilles par jour; celle de M. Favrel s'élève à 70 milliers, non compris l'argent et le platine.

Il livre annuellement à la consommation intérieure

20,000,000 à 22,000,000 de feuilles.

Il en exporte 5,000,000 à 6,000,000 —

dont la valeur peut s'élever de 1,500,000 à 17,000,000 fr.

Il met annuellement en œuvre de 280 à 300 kil. d'or fin, et de 70 à 100 kil. d'argent.

Verres, cristaux, vitraux.

Quand on parcourait les galeries où les verreries avaient exposé leurs brillants cristaux, leurs lustres, dont les milliers de facettes, pour les connaisseurs, ne le cédaient en éclat qu'à celui du diamant, leurs verres de couleur, de nuances si riches, si variées, on se surprenait à admirer les progrès de l'industrie du cristal et du verre.

Mais quand le souvenir de l'amateur se reportait sur le peu de vases que nous a légués l'antiquité, quand on se rappelait ces délicates verreries fabriquées au moyen-âge, et dont quelques cabinets offrent tant de gracieux modèles, les vitraux dont les XIIIe, XIVe et XVe siècles ont orné nos églises, il ne pouvait s'empêcher de reconnaître que, sous bien des rapports, nous nous trouvons dans un état réel d'infériorité.

Pour lui, en effet, il ne s'agit pas seulement de fabriquer de belle matière, l'art de la mise en œuvre a peut-être une plus grande importance.

Il s'inquiète peu si l'antiquité a fabriqué des poteries solides; si, au XVe siècle, on fabriquait le verre avec ou sans oxide de plomb; mais il admire les vases grecs ou étrusques, dont les formes variées

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sont toutes si pures; il conserve avec soin ces vases, ces coupes de verre vénitien qui témoignent d'une si grande habileté dans les ouvriers qui les fabriquaient. Nos ouvriers potiers ou verriers ont acquis, en travaillant à la tâche, une grande rapidité d'exécution; ils produisent avec une précision remarquable des pièces semblables à un modèle donné, mais aucun ne créera de lui-même des formes pures et gracieuses, et à cet égard les chefs d'atelier ne leur sont guère supérieurs pour le choix des modèles.

Toutefois, les hommes de goût ont élevé de telles plaintes à cet égard que les fabricants ont cherché à leur donner satisfaction. En l'absence d'artistes créateurs, il a bien fallu se jeter dans l'imitation. Tous les fabricants de porcelaine, par exemple, ont voulu imiter les *potiches* chinoises (1). Mais, malheureusement, tous sont restés très inférieurs aux modèles. Les fabricants de cristaux sont allés chercher les leurs dans le riche musée céramique de la manufacture royale de Sèvres, et nous devons à ces copies quelques beaux vases et quelques belles coupes de l'exposition de Baccarat (2). Cette fabrique a appliqué, pour ces imitations, un procédé de moulage nouveau, du moins en France, et qu'elle a emprunté aux verreries de la Bohême.

Il consiste essentiellement dans l'emploi d'un moule en bois mouillé, formé de deux parties réunies par une charnière, et dans lequel on introduit le cristal ou le verre, qu'on souffle en même temps qu'on le fait tourner avec la canne. Ces moules paraissent pouvoir supporter le moulage d'une cinquantaine de pièces avant que leur carbonisation en ait notablement altéré les contours; ils permettent en outre d'obtenir certaines formes qu'on ne pourrait pas produire aussi pures par les procédés ordinaires du soufflage, et présentent encore l'avantage d'appairer beaucoup plus exactement les diverses pièces d'un ensemble. Enfin, ces mêmes pièces ont tout le brillant d'un soufflage à l'air libre, et que n'auront jamais les pièces soufflées dans les moules métalliques, qui altèrent toujours la surface du verre ou du cristal (3). En constatant ce

(1) On donne ce nom à des pièces de rapport destinées à être montées sur bronze; on en forme des lampes, des candélabres, des portions de pendules, etc., etc.

(2) Rappel de médaille d'or.

(3) Il y a vingt ans le soufflage du verre dans les moules métalliques était, pour les ouvriers verriers, un travail aussi pénible qu'imparfait, obligés qu'ils étaient de forcer, par la seule énergie de leur souffle, le verre, rapidement refroidi par son contact avec les parois du moule, à en épouser toutes les formes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

progrès dans la fabrication de la belle cristallerie de Baccarat, j'éprouve le regret de n'avoir que lui à signaler dans son exposition de 1844; car, en 1839, elle avait d'aussi beaux cristaux blancs, d'une eau aussi pure, aussi richement taillés, des cristaux de couleur aussi variés et aussi riches de nuances. Cette année, elle paraît s'être plus particulièrement préoccupée de la forme, question qui, grâce à l'ingénieux procédé du moulage en bois, ne peut qu'obtenir une solution avantageuse quand un artiste de goût présidera à cette partie importante de la fabrication. Alors, on ne verra plus, à côté des profils les plus gracieux, des formes qui, cette année, déparaient cette brillante exposition. J'engagerai encore la cristallerie de Baccarat à renoncer à un tour de force qui n'a que le mérite de la difficulté vaincue, et qui consiste à dissimuler toutes les attaches métalliques de ses lustres pour n'en montrer que le cristal. Le bronze et la dorure, employés avec goût et discernement, n'ont jamais nui à un beau lustre, et l'emploi de tubes de verres traversés par des tiges de métal blanchi pour obtenir un trompe-l'œil insignifiant, quelque ingénieuse que soit cette idée, ne fera jamais une compensation suffisante à la maigreur des formes qui résulte de l'absence de masses opaques qui reposent l'œil au milieu des mille scintillations du cristal.

La cristallerie de Baccarat a acquis une telle réputation de bonne fabrication, qu'elle peut accepter ces critiques de détail que j'ai cru devoir adresser à un établissement que je désire vivement voir se

Aussi ne pouvait-on souffler convenablement que des pièces de petites dimensions dont les facettes ne présentaient que des angles arrondis qui les faisait facilement distinguer des verres taillés. En 1824, Ismael Robinet, ouvrier souffleur de la manufacture de Baccarat, imagina un appareil aussi simple qu'ingénieux au moyen duquel des pièces de grandes dimensions peuvent être moulées sans aucune fatigue de la part de l'ouvrier. Cet appareil se compose d'un tube en fer-blanc fermé par un bout, et contenant un ressort à boudin qui repousse vers l'extrémité opposée un piston sans tige, percé au centre d'un trou du diamètre extérieur de la canne à souffler. Lorsque l'ouvrier a préparé sa pièce par un soufflage préalable à l'air libre, il l'introduit dans le moule, et, plaçant rapidement le trou du piston sur la canne, il enfonce rapidement le cylindre sur celle-ci, ce qui injecte avec violence l'air contenu dans le cylindre, au centre du verre ramolli, et le force à épouser avec la plus grande précision toutes les formes du moule. Ce procédé permet le moulage de pièces beaucoup plus grandes avec une extrême pureté de formes, mais conserve l'inconvénient d'altérer le poli de la surface du verre par son contact avec les parois métalliques du moule. On diminue cet inconvénient en réchauffant la pièce ; mais alors on arrondit les angles.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

maintenir, comme il l'a fait constamment, par des progrès réels, à la tête de la fabrication du cristal, non seulement en France, mais en Europe, grâce à l'habileté persévérante de MM. Godard, administrateur, et Toussaint, directeur des travaux.

Si une autre fabrique pouvait lui disputer ce rang, ce serait celle de Saint-Louis (1), qui avait une exposition moins brillante peut-être que celle de Baccarat, qui avait fait beaucoup moins de frais pour produire de grandes pièces, mais qui gagnait infiniment à être examinée en détail et de près. Les amateurs des jolis produits des verreries de Bohême ont dû convenir que la cristallerie de Saint-Louis les avait tout-à-fait dépassées par la variété des couleurs et des formes, et le fini des gravures. En superposant jusqu'à trois couleurs, en taillant et gravant les pièces ainsi fabriquées à différentes profondeurs, cette fabrique est arrivée à de très jolis effets. Je citerai surtout l'application d'un émail blanc de lait sous du rose ou du bleu qui recouvraient du cristal blanc. J'ai également remarqué, dans cette exposition, des imitations de formes et de couleurs étrusques obtenues par des doublés de rose sur du jaune d'argent.

Ces divers résultats sont obtenus au moyen des procédés suivants.

On cueille avec la canne une certaine quantité de cristal blanc auquel on donne une forme préparatoire analogue à celle de l'objet à fabriquer, puis on le plonge dans un creuset contenant du cristal de couleur en le cueillant à son tour de manière que la couche superposée soit régulière ; puis, quelquefois, et avec les mêmes conditions dans un troisième creuset, contenant du cristal d'une autre couleur, et on achève la pièce soit au soufflage, soit au moule. On commence, quelquefois, par exécuter d'abord la pièce en verre de couleur, et on y introduit du cristal blanc, que le souffle de l'ouvrier vient appliquer contre les parois du cristal coloré. Lorsque la pièce est ainsi terminée dans l'atelier du soufflage, elle passe dans celui où l'on taille les cristaux. Là, au moyen de meules métalliques pavées de sable, d'émeri, etc., on enlève certaines portions de la couche extérieure colorée, ce qui découvre soit le cristal blanc, soit la seconde couche de couleur ; c'est donc au tailleur de cristaux qu'appartient presque en entier le mérite de ces dessins si agréablement variés dont l'exposition de Saint-Louis présentait de nombreux échantillons.

J'adresserai, toutefois, à cet établissement le reproche de n'avoir donné qu'une importance secondaire au cristal blanc, qui sera tou-

(1) Rappel de médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jours le plus beau, le plus recherché, le plus difficile à obtenir bien pur, et par lequel la supériorité des produits français est si incontestable.

Les beaux produits de cette fabrication sont dus au zèle éclairé de MM. Seiler et Lorrin, l'un administrateur, le second directeur des travaux de la cristallerie de Saint-Louis.

C'est à regret que je signale ici la faiblesse de l'exposition de M. de Kinglin (1), propriétaire de la verrerie de Vallerysthal, qui avait obtenu un succès si remarquable en 1839, avec ses imitations de verreries de Bohême. Ces beaux résultats avaient dû rendre le public exigeant, et je doute que les connaisseurs aient approuvé la teinte foncée de ses rouges, qu'ils aient laissé passer sans critique la négligence des formes, et ces gravures si chargées sans être élégantes. M. de Kinglin eût mieux servi sa réputation méritée s'il n'avait exposé que le petit nombre de pièces de fantaisie réellement irréprochables, et complété son exposition avec des pièces en verre blanc qu'il fabrique d'une manière très recommandable, et qui font la grande masse de sa production.

Dans cette catégorie des produits industriels, il y a une véritable importance à bien disposer son exposition; et, sous ce rapport, M. Maes (2), de la cristallerie de Clichy, a droit à des compliments. Cet établissement, d'une fondation encore récente, s'est rapidement élevé à un rang distingué; ses produits se vendent bien en concurrence avec ceux des anciennes fabriques; ils sont en beau cristal, bien taillés, très réguliers de formes. M. Maes a également obtenu plusieurs couleurs très bien réussies; il fabrique des cristaux minces très gracieux; enfin son exposition était une de celles peu nombreuses qui ne laissent pas de prise à la critique.

On peut placer à peu près au même rang la fabrique de cristaux de la Guillotière, près Lyon, appartenant à MM. Billaz, Maumeré et compagnie (3), qui n'a guère exposé que des cristaux blancs, ce que je suis loin de lui reprocher. Cette fabrique a acquis de la réputation dans le midi de la France, et a voulu nous prouver que c'était une réputation méritée.

La fabrique de MM. Rozan, de Marseille, a aussi de la réputation dans le Midi, mais pour sa gobletterie en verre. Ils n'ont envoyé qu'un petit nombre d'échantillons de verres et de carafes, dont le bas prix excitait l'étonnement de leurs concurrents : c'est là un

(1) Rappel de médaille d'or.
(2) Médaille d'argent.
(3) Médaille de bronze.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résultat important, car ce bon marché accompagne une très belle fabrication.

D'autres étalages de cristaux figuraient à l'exposition; mais j'ai inutilement cherché les fabricants réels de ces produits, dont la plupart n'étaient que des magasins de marchands, et usurpaient une place qui manquait à tant d'industries plus sérieusement manufacturières.

En verrerie proprement dite, l'exposition de M. Pochet Desroches (1) était extrêmement remarquable, et a fixé l'attention des chimistes et des verriers. Ses tubes et ses matras de dimensions gigantesques; ses grandes cornues avec des tubulures si bien attachées, annoncent des ouvriers très habiles et une fabrication très soignée. Jamais on n'avait vu de verrerie pour la chimie aussi bien exécutée.

La verrerie de Choisy-le-Roi, si habilement dirigée par M. Bontems (2), exposait aussi des pièces de dimensions gigantesques. C'étaient des verres à vitre doubles, étendus et non étendus, et des verres bombés, cylindriques, ovales et carrés, dont l'exécution annonce une grande habileté de la part des ouvriers de cette fabrique, et qu'on ne peut obtenir de pareilles dimensions qu'au moyen d'un soufflage artificiel de l'invention de M. Bontems, qui, dans cette circonstance, est parvenu à obtenir de ses ouvriers une espèce de dérogation implicite à des traditions fidèlement conservées parmi une certaine classe de verriers.

Quelques détails techniques à propos de ces traditions ne seront probablement pas sans intérêt pour vos lecteurs.

Avant 1760, la fabrication du verre à vitre s'exécutait en France dans les conditions suivantes, qui sont encore employées dans les principales verreries de l'Angleterre.

Lorsque le verre était convenablement préparé dans le creuset, l'ouvrier verrier en cueillait une certaine quantité au bout de sa canne, et en soufflait une boule. Cette boule, détachée de la canne, à son goulot, était immédiatement fixée par son fond à un pontis, ou tige de fer, terminé par une plaque de verre chaud qui l'y faisait adhérer.

En cet état, on la présentait dans le four pour l'y ramollir, et, en même temps, on imprimait au pontis un mouvement rapide de rotation qui déterminait, par l'action de la force centrifuge, l'agrandissement du trou de la boule à mesure de son ramollissement,

(1) Médaille d'argent.

(2) Rappel de la médaille d'or, et décoration de la Légion-d'Honneur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

et finissait par l'étaler sous forme de plateau plus ou moins grand, selon la quantité de verre cueilli, mais qui pouvait aller, ainsi qu'on l'obtient encore en Angleterre, à 2 mètres de diamètre.

On comprend que ce plateau ne pouvait présenter une épaisseur égale de ses bords à son centre, qui était toujours très épais, et conservait, en outre, le verre du pontis qui avait servi à le fixer.

Les verres à vitre découpés dans ce plateau ne pouvaient donc avoir que des dimensions très restreintes, et leur découpage offrait, en outre, des déchets considérables. Aussi remarque-t-on que, même dans certains palais dont les fenêtres n'ont pas été remplacées depuis cette époque, les dimensions des carreaux de vitre sont d'une mesquinerie qui ne s'explique que par l'impossibilité de faire autrement.

A la même époque, le centre du plateau, épais quelquefois de plusieurs centimètres, n'était pas toujours mis au rebut, et j'ai vu en province plus d'une ancienne fenêtre entièrement garnie de ces morceaux de verre, désignés sous le nom de cul de bouteille, et qui ne laissent pénétrer dans la pièce qu'un jour douteux.

Vers 1760, une colonie d'ouvriers verriers, venus de la Bohême, obtint de fabriquer, à la verrerie de Saint-Quirin, des verres à vitre d'après les méthodes employées dans leur pays, et qui présentaient l'avantage de faire des verres de dimensions énormes, comparées à celles qu'on obtenait des anciens procédés.

Les membres de cette colonie, voulant conserver à leur famille le monopole de cette fabrication, s'engagèrent à ne faire d'apprentis que parmi leurs enfants, qui, à leur tour, ont pris successivement le même engagement, et il est sans exemple, parmi la nombreuse population verrière qui occupe exclusivement aujourd'hui les verreries françaises où l'on fabrique le verre à vitre, que cet engagement ait été une seule fois violé.

Toutes les tentatives faites par les maîtres verriers pour obtenir qu'ils acceptassent d'autres apprentis ont été infructueuses, et plus d'une verrerie a été entièrement abandonnée et mise en interdit par eux parce qu'on avait voulu enfreindre les priviléges qu'ils se sont conservés intacts au milieu de la ruine de tant d'autres.

Vos lecteurs pourraient s'étonner de ce que les aides, qu'ils prennent indifféremment au dehors de la famille, ne parviennent pas, à force de les voir travailler, à acquérir l'habileté nécessaire pour devenir ouvriers eux-mêmes, et anéantir ainsi ce singulier monopole.

Je répondrai à ceux qui n'ont pas vu cette fabrication que le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

résultat est tout entier dans la dextérité de l'ouvrier, qui, après avoir soufflé son verre sous forme de poire, balance sa canne en divers sens pour l'allonger en cylindre, qu'il réchauffe et souffle en temps utile, qu'il tient verticalement au-dessus de sa tête pour faire disparaître le cône formé près de la canne, qu'il tient obliquement dans un sens ou dans l'autre pour redresser le cylindre qui a fléchi, le tout avec une précision de mouvement qui amène toujours le résultat voulu.

Or, jamais les aides ne peuvent, dans l'atelier, essayer leur habileté en ce genre, et l'on comprend que, forts de leur mutuel appui, les ouvriers abandonneraient immédiatement la verrerie où un pareil essai serait tenté.

Le cylindre ainsi fabriqué est réchauffé par le bout et soufflé fortement, de manière à le faire crever. Il est ensuite posé sur des tréteaux où il se refroidit. Un aide s'en approche alors avec du verre cueilli au bout d'une canne, et qu'il laisse s'étendre en fil. Ce fil, posé sur un point du cylindre vers son extrémité, est rapidement enroulé autour, ce qui détermine sa rupture aux points de contact ; puis on présente à l'intérieur du cylindre, et en le faisant glisser sur une de ses arêtes, un morceau de fer rouge qui détermine une fente longitudinale.

On porte alors le cylindre au four à étendre, on le place sur la cale formée d'une forte plaque de terre bien dressée, la fente longitudinale en haut.

La chaleur du four ne tarde pas à le faire ouvrir, et à l'étaler sur la sole, sur laquelle on l'applique plus exactement au moyen d'une espèce de polissoire en bois qu'on promène sur toute sa surface.

La feuille, une fois aplanie, est poussée vers un point du four beaucoup moins chaud où elle reprend sa rigidité, on la redresse alors dans une position peu inclinée, et on la repousse successivement vers les parties les plus éloignées du four, où elle achève de se refroidir lentement, condition sans laquelle elle se briserait facilement au premier choc ou sous l'influence de faibles mais brusques variations de température. Cette condition, qu'on nomme le recuit, est au surplus essentielle dans la fabrication de toutes les pièces de verre ou de cristal.

Cette fabrication présente, comme on le voit, sur l'ancienne, l'avantage incontestable de donner des produits de plus grandes dimensions ; mais c'est aussi aux dépens de qualités qui ont bien leur mérite.

Quand on voyage en Angleterre, on est frappé de la différence

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

d'éclat entre le verre anglais et le nôtre. Quand le soleil y frappe une fenêtre, on n'y remarque pas ce papillotage de lumière résultant des ondes si nombreuses qui déparent nos verres à vitre.

Cette infériorité de nos vitres sous ce rapport est due au mode d'étendage employé. On comprend, en effet, que, pour obtenir d'un cylindre une feuille plane, la circonférence extérieure de ce cylindre doit se refouler sur elle-même, tandis que sa circonférence intérieure doit s'étendre; de là ces ondes, ces plis, qui produisent les déformations en question. D'un autre côté, le contact de la sole et celui de la polissoire altèrent nécessairement le poli obtenu du soufflage dans l'air, tandis qu'aucun de ces inconvénients ne résulte des procédés anglais, qui n'exigent aucune des opérations que je viens de décrire.

On comprend qu'en se dispensant de faire crever la calote du cylindre, et en se bornant à le couper du côté de la canne, on aura une cloche propre à recouvrir des fleurs artificielles, des pendules, etc. On obtient ces cloches ovales ou carrées, auxquelles l'usage conserve le nom de cylindre, en soufflant les premières entre deux ais de bois mouillés, qui en arrêtent le développement dans le sens d'un diamètre en le permettant dans celui du diamètre perpendiculaire au premier. Les carrées s'obtiennent au moyen de quatre ais qui limitent ce développement de quatre côtés. Les verres à vitre cannelés se soufflent dans des moules cylindriques cannelés, et subissent ensuite un étendage peu énergique qui conserve leurs cannelures.

L'établissement de Choisy fabrique également des cristaux, des verres de couleur et des verres pour l'optique. Il paraît avoir abandonné les cristaux de table pour les cristaux d'éclairage. Il a continué toutefois la fabrication des opales, et avait exposé des vases ornés de fleurs et de paysages du meilleur goût; les fleurs surtout, dues au pinceau de M. Sant, étaient merveilleusement peintes. Il a fait également quelques essais de verrerie antique, qui ont besoin, pour être convenablement appréciés, d'être l'objet d'une fabrication plus suivie.

C'est à M. Bontems que la France a dû, en 1839, les premiers essais de verrerie vénitienne, qui, entre ses mains, avaient atteint un notable degré de perfection.

On sait que les verreries vénitiennes, verres à boire, carafes, vases, etc., présentent, dans l'épaisseur du verre, des filets blanc-mat, quelquefois colorés et opaques, dont les entrecroisements forment des dessins variés. L'habileté de l'ouvrier consiste surtout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

à donner à ces dessins, souvent fort compliqués, la plus grande régularité possible.

Voici comment on procède à cette opération, du moins comment M. Bontems est parvenu à réaliser les résultats dont les conditions appliquées à Venise lui sont restées pratiquement inconnues.

Autour d'un cylindre de cristal plein, on colle par la chaleur des filets d'émail opaque ou de couleurs diverses, et qu'on dispose dans le sens de l'arête du cylindre; cet émail est ensuite recouvert d'une couche de verre qui l'emprisonne. Ce cylindre est alors ramolli au feu, et étiré dans le sens de sa longueur par deux hommes qui s'éloignent rapidement l'un de l'autre en le tordant, si l'on veut donner aux filets d'émail une direction en hélice plus ou moins allongée; cette baguette est ensuite coupée en bouts de longueur convenable pour le vase à produire. S'il s'agit d'un verre à boire, par exemple, on coupe sur cette baguette un certain nombre de morceaux de même longueur, qu'on dispose autour de la paroi intérieure d'un cylindre métallique, en ayant soin d'établir la symétrie convenable entre les préparations de dessins déjà exécutées sur ces morceaux. Puis cueillant du cristal avec une canne, on le souffle au centre du cylindre ou du cône formé par les morceaux qui s'y collent, ce qui permet de les travailler comme une seule masse par les moyens ordinaires de la cristallerie qui méritent d'être connus.

Le soufflage n'est guère qu'une condition accessoire de l'exécution d'une pièce de cristal quand elle n'est pas moulée. Il sert tout au plus à préparer le creux du vase ou à donner certaines dimensions à la matière. La forme résulte de l'emploi plus ou moins habile d'une paire de mauvais ciseaux, qu'on ferait inutilement en acier, puisque la chaleur les détremperait, et d'une paire de pincettes, dont les branches sont garnies de bois que l'ouvrier mouille de temps en temps, pour empêcher son inflammation au contact du verre. Avec les premiers il coupe toute la matière inutile; avec les secondes il modèle la forme de sa pièce en maintenant sa paroi entre les branches, pendant qu'il fait rouler sa canne sur deux tringles de fer parallèles.

Ce mouvement de rotation fait passer chaque circonférence de la paroi de la pièce entre les deux mêmes points de contact sur les branches des pincettes, et c'est à la fois la position et l'écartement de cet instrument qui déterminent les formes si variées et si régulières qu'on admire dans les beaux produits de nos cristalleries.

On comprendra maintenant comment, dans l'exécution d'une pièce filigranée, on parvient à obtenir ces entrelacis, ces dentelles si

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

artistement exécutées. Lorsque le cristalleur tient au bout de sa canne les morceaux réunis dont j'ai parlé plus haut, il les aplatit par le soufflage ; les hélices, au lieu d'entourer un cylindre, ne contiennent plus qu'une lame très mince ; un mouvement de la canne, pendant que la pièce est retenue par les pincettes, détermine une torsion qui incline plus ou moins les filets d'émail par rapport à l'axe du vase ; les pincettes, en augmentant en certains points le diamètre de celui-ci, y étalent plus ou moins le dessin, qui reste régulier dans ses variations de dimensions.

Si maintenant on réfléchit que tout le travail s'exécute sur une matière incandescente, à peu de distance d'une fournaise ardente, on se fera une idée de l'habileté que doit posséder un bon ouvrier pour bien réussir une pièce ordinaire de cristal ; mais on ne pourra qu'admirer celle qu'ont dû déployer les artistes vénitiens dans l'exécution de certaines pièces de filigrane qui décorent les cabinets des amateurs.

Après avoir donné l'essor à cette nouvelle fabrication, M. Bontems, obligé d'appliquer tous ses soins à la direction de son vaste établissement, l'a laissé passer entre les mains de M. Nocus, habile fabricant d'émaux à Saint-Mandé, qui s'y est livré exclusivement.

Les verres filigranés de M. Nocus n'ont pas encore la perfection des anciennes verreries de Venise, mais sont supérieurs aux modernes ; et ce fabricant a, en outre, le mérite d'avoir appliqué ce genre à une foule d'objets qui en ont étendu la fabrication.

Mais revenons à la verrerie de Choisy-le-Roi.

C'est là que se fabrique aujourd'hui la plus grande quantité des matières propres à l'optique, qui, comme on le sait, se composent de deux espèces de verre, de densités différentes, et qui ont chacune des propriétés optiques particulières, au moyen desquelles, à l'aide de courbures convenablement choisies, les couleurs, dont l'une d'elle entoure l'image des objets, sont détruites par les couleurs complémentaires de l'autre : c'est ce qu'on appelle l'*achromatisme*.

Pendant longtemps on n'a attaché, dans l'optique pratique, de véritable importance qu'aux qualités du *flint-glass*, la plus dense des deux espèces de verre employées ; et je ne serais pas éloigné de croire que l'indifférence des opticiens sur le choix du *crown-glass* ne tenait qu'à sa vulgarité, puisque c'est tout bonnement du verre à vitres. Aujourd'hui M. Bontems fait des fontes spéciales de *crown* pour les opticiens qui veulent exécuter avec soin des objectifs de certaines dimensions.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Dans les premiers temps de cette fabrication spéciale, la plupart des opticiens attachaient une grande importance à la couleur verdâtre du crown anglais, qu'ils supposaient plus favorable à l'achromatisme, et, en conséquence, ils exigeaient cette nuance dans le crown qu'ils achetaient. Mais les opticiens instruits ont toujours donné la préférence au crown le plus blanc, parce que le vert n'a pas réellement les propriétés qu'on lui supposait, et qu'il intercepte beaucoup de rayons de lumière.

Le *flint-glass*, comme son nom l'indique, est d'invention anglaise, et, après Dollond, qui en a fait la première application aux lunettes achromatiques, c'était d'Angleterre qu'on tirait les très petits morceaux de ce verre que les opticiens français employaient à la construction de leurs objectifs. L'Angleterre aujourd'hui se fournit chez nous.

La première fabrication un peu importante de *flint-glass* qui ait fait concurrence au *flint-glass* anglais fut établie en Suisse par feu Guinand, qui, pendant longtemps, en partagea le monopole avec l'établissement de Benedictburn, fondé en Bavière par Frauenhofer. A sa mort, sa veuve et l'un de ses fils continuèrent cette fabrication.

En 1828, un autre fils, dont les produits figuraient à l'exposition, et qui alors était horloger à Clermont (Oise), s'adressa à MM. Lerebours et à M. Bontems, annonçant qu'il possédait le secret de son père, et offrit de le leur vendre. Un traité fut conclu, par lequel on accordait un tiers des résultats à M. Guinand s'il parvenait, en quatre fontes successives, à fabriquer du *flint-glass* convenable. Les quatre fontes furent manquées, et une cinquième accordée à M. Guinand ne réussit pas mieux.

Pendant ces cinq opérations, M. Bontems s'était aperçu que M. Guinand n'avait qu'une connaissance très superficielle de la fabrication du verre, et que la seule chose qu'il connût du procédé paternel était l'emploi d'un cylindre de terre cuite adapté à l'extrémité d'un long manche de fer, et au moyen duquel on brassait la matière, pour en faire disparaître les bulles, et surtout les fils ou stries qui, déviant les rayons lumineux à travers le verre, le rendent absolument impropre à la construction d'un objectif.

Cette condition était importante, mais c'était la seule que M. Guinand connût. En conséquence, M. Bontems proposa de se charger seul de la fabrication, en conservant les mêmes droits aux associés. Ces offres furent acceptées, et la première fonte exécutée sous la direction de M. Bontems seul produisit du *flint-glass* propre aux besoins de l'optique. La société continua pendant quel-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ques années ; mais, par des motifs qu'il est inutile de rappeler ici, elle fut dissoute, chaque associé conservant le droit d'exploiter seul les procédés étudiés en commun.

M. Guinand, qui, pendant son séjour à la verrerie de Choisy, avait pu acquérir sur la fabrication du verre les connaissances qui lui manquaient, forma, le premier, un établissement dont les produits sont souvent remarquables, mais qui sont loin d'avoir, par leur nombre, l'importance de ceux qu'on a fabriqués depuis à Choisy.

Quoi qu'il en soit, la fabrication en grand des matières propres à l'optique est aujourd'hui un fait acquis à la France, et l'exposition offrait, sous ce rapport, les plus grands disques qu'on ait faits jusqu'à présent en matières, dont l'examen, dans les conditions adoptées par les opticiens, ne laissait apercevoir aucun des défauts qui rendent un verre impropre à l'exécution d'un objectif. MM. Bontems et Guinand en présentaient de 55 cent. de diamètre. Celui de M. Bontemps (1) m'a paru plus pur et plus transparent ; mais ce n'est guère qu'après leur transformation en objectifs qu'il sera possible de se prononcer sur leur mérite relatif. M. Bontems a annoncé à l'Académie des sciences que ses conditions de travail lui permettaient d'obtenir des disques exempts de défauts d'un mètre de diamètre, et s'est mis à la disposition de l'Académie pour fournir, à prix coûtant, les disques qu'elle voudrait faire travailler en objectifs.

Je ne doute nullement que M. Bontems ne puisse exécuter, dans les dimensions indiquées, des disques dans lesquels on ne rencontrera aucun des défauts qui les font rejeter de prime abord par les opticiens : c'est-à-dire qu'ils ne contiendront que peu ou point de bulles ; qu'examinés par leurs tranches ou leurs faces polies, on n'y apercevra ni fils, ni stries, ni nuages ; qu'en un mot, ils auront toutes les bonnes conditions qui peuvent être révélées par tous les moyens d'investigation que la science et la pratique ont mis entre les mains des opticiens.

Mais est-ce à dire que, dans ce cas, on sera sûr d'exécuter un bon objectif achromatique dans ces dimensions gigantesques? Oui, répond M. Bontems, puisque mes verres remplissent toutes les conditions réclamées par les opticiens. Oui, auraient également répondu, il y a quelques mois, les hommes pratiques ; mais aujourd'hui, ajoutent-ils, en présence de plusieurs insuccès, qui révèlent, dans ces grandes masses de verre, des propriétés optiques

(1) Rappel de médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

jusqu'à présent inaperçues ou négligées dans les petites, et qui produisent un genre de défauts non encore signalés dans le travail des objectifs, le doute est plus que permis. Un mauvais choix de courbes, un défaut de centrage, se manifestent par des conditions impossibles à méconnaître. On aura certaines colorations sur les bords des images, si l'aberration de réfrangibilité n'est pas corrigée convenablement; les images elles-mêmes seront plus ou moins confuses, si la correction nécessitée par l'aberration de sphéricité n'est pas exactement appliquée; en un mot, jusqu'à présent un défaut quelconque dans un objectif révélait positivement la cause de ce défaut. A quelle cause peut-on attribuer la double image, assez nette d'ailleurs, produite par quelques grands objectifs, dont l'exécution a été récemment tentée, sinon à des conditions particulières de certains points des grands verres employés, puisque cette double image se montre rarement aujourd'hui dans les objectifs de moindre dimension (1)? Comment expliquer, sinon par des différences notables dans les propriétés optiques de certaines parties d'un même morceau de verre, ce fait que, sur douze objectifs de 3 centimètres pris dans la même plaque, un s'est trouvé entièrement défectueux malgré tous les soins apportés pour le rendre semblable aux autres qui étaient excellents? Qu'on suppose maintenant que la plaque de verre qui a servi à faire ces douze objectifs ait été employée à la confection d'un seul, n'est-il pas évident que la portion qui a produit l'objectif mauvais aurait forcément altéré les bonnes qualités des autres, puisque chacun de ses points aurait produit une image qui, en se superposant sur les images formées par chacun des autres points de l'objectif, en aurait altéré l'exactitude, ou bien, comme dans le cas précédent, aurait formé une seconde image à côté de la première?

A cette argumentation, M. Bontems répond par l'énumération des difficultés énormes, imprévues même, que l'on rencontre dans l'exécution des grands objectifs, et qui croissent au moins comme

(1) La double image était autrefois un phénomène assez fréquent, parce qu'alors le flint employé dans l'optique n'était pas le résultat d'une fabrication spéciale. Ce flint était ordinairement soufflé; mais, pour l'avoir plus épais, on le cueillait à plusieurs reprises dans le creuset en le soufflant plus ou moins à chaque fois. Il en résultait des différences assez notables de densité pour chaque couche. Ces couches, coupées par le travail de l'opticien, disparaissaient en certains points de la surface; et, comme leur enlèvement n'était pas symétrique, il en résultait des foyers divers qui, ne se confondant plus avec le foyer principal, donnaient naissance à des images multiples.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le cube du diamètre : difficultés résultant de l'appréciation rigoureuse de l'indice de réfraction des deux espèces de verre employées, de la construction précise des bassins pour obtenir exactement les courbes calculées, de leur centrage, de leur flexion sous leur propre poids, des variations de courbures que peuvent produire dans les bassins les variations de la température, etc., etc.

Peut-on être certain de tenir constamment compte de ces données dans l'exécution d'un grand objectif; et, parce que M. Buron a pu résoudre le remarquable et utile problème d'exécuter sans tâtonnement d'excellents objectifs de moyenne dimension (19 à 20 centimètres), s'ensuit-il nécessairement qu'il arrivera avec la même certitude à des diamètres de 35 à 40 centimètres, et qu'un insuccès doit nécessairement provenir des matières employées? Peut-être oui, mais peut-être non. Le travail du verre n'est pas exécuté avec des appareils d'une précision tellement mathématique qu'une faute ne puisse s'y glisser et amener un fâcheux résultat. D'un autre côté, on sait que, quand Dollond fit ses premiers objectifs achromatiques qui, en moyenne, ne dépassaient guère 3 centimètres, il trouvait, dans des fonds de verres à boire ou de carafes, du flint suffisamment bon. Mais, quand on a voulu faire des objectifs plus grands, on a senti l'imperfection de cette matière; on a senti la nécessité d'une fabrication spéciale. Bien des fragments qui paraissent assez purs pour des objectifs de dimensions moyennes, pourront ne pas l'être assez pour des objectifs d'un diamètre plus considérable. On a vu des cubes de flint-glass qui, travaillés sur quatre faces, ne présentaient pas l'apparence de la moindre strie, du moindre fil, et qui, regardés par la cinquième et la sixième face, en étaient comme criblés. On ne peut donc reconnaître les qualités optiques d'un verre que quand on l'a examiné attentivement sous ses trois dimensions, et peut-être encore, certaines directions obliques à celles de ses faces montreraient-elles des défauts restés inaperçus dans les directions normales.

Il n'est pas impossible encore qu'avec les grossissements énormes obtenus des grandes lunettes, on ne découvre dans le verre de nouveaux genres d'imperfection, qu'on ne peut apercevoir quand on polit des faces parallèles. Mais, avant que le verrier puisse s'occuper de les faire disparaître, il est nécessaire d'obtenir la preuve de leur existence, et surtout d'en signaler la nature, pour le mettre à même d'en étudier les causes et d'y porter le remède convenable.

Tels sont les arguments qu'en historien impartial des faits, j'ai recueillis de part et d'autre.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

J'y ajouterai quelques considérations qui ne sont pas entrées dans les données qui m'ont été fournies.

Les fils, les stries, peuvent être assimilés, par leur action sur la lumière, à des lentilles de toute espèce, qui dévieraient en des sens très divers les rayons qui les traversent, chaque élément plus ou moins grand de ces stries ayant son foyer propre, rendu visible dans l'examen du verre, parce qu'il est très court. Mais quelques unes peuvent avoir un foyer virtuel à la manière des lentilles concaves, d'autres avoir un foyer positif très long, et par conséquent invisible dans les conditions ordinaires d'examen du verre. D'où il résulte que cet examen devrait se faire successivement à l'œil nu pour les stries dont les foyers sont dans la limite de la vision distincte, au microscope pour celles dont le foyer est très court, et enfin avec une lunette pour celles dont le foyer serait plus ou moins long.

Les faits semblent aussi annoncer qu'il y a quelque chose à faire dans la fabrication même du verre. Avec le temps, se manifeste une altération notable des surfaces qui tend à mettre les lunettes hors de service. La fameuse lunette de Dorpat a déjà, dit-on, subi ces fâcheuses influences, et j'ai vu des objectifs qui, renfermés depuis plusieurs années dans des tiroirs, offrent des taches qui les mettent hors de service, surtout à la mer. Cette altérabilité du verre paraitrait due à de trop grandes proportions de potasse ou de plomb et à une trop faible proportion de la silice.

En résumé, il est parfaitement évident pour moi que M. Bontems est en mesure de fabriquer d'excellentes matières pour les besoins courants de l'optique; qu'il a pu et même dû croire qu'en accomplissant les conditions qui, récemment encore, semblaient infaillibles, il avait atteint le but désiré pour l'exécution des grandes pièces ; mais que les faits récents que je viens de signaler semblent indiquer que tout n'est pas dit sur cette importante question, et que de nouvelles études sont probablement à faire pour parvenir à la parfaite homogénéité des masses de verre destinées à l'exécution des grandes lunettes astronomiques.

En parvenant aux beaux résultats qu'il a déjà obtenus dans cette direction, M. Bontems a fait preuve d'une bien grande habileté, qui certes ne lui fera pas défaut dans la solution du problème inattendu que les faits viennent de faire surgir.

Pendant le cours de l'exposition, M. Amici, de Modène, a apporté à Paris plusieurs instruments d'optique d'une perfection rare, entre autres un microscope, le plus parfait qu'on ait encore exé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cuté. Ses objectifs étaient formés d'un *flint-glass* particulier, d'une densité beaucoup plus grande que celle du *flint* ordinaire. Le morceau d'où ils ont été tirés est un cadeau de M. Faraday. Mais, si mes renseignements ne me trompent pas, ce *flint* est trop coloré pour les grands instruments, et est tellement tendre que le moindre contact peut altérer le poli des surfaces.

Mais rentrons dans les salles de l'exposition, et signalons l'importante fabrique de MM. Hutter et compagnie (1), de Rive-de-Gier. Ces messieurs, qui fabriquent depuis plusieurs années des cylindres et des verres à vitres très estimés, font depuis quelque temps des conduites en verre pour les eaux et les gaz. Cette invention n'est pas tout-à-fait nouvelle; car, il y a plus de quinze ans, la cristallerie du val Saint-Lambert, en Belgique, a employé des conduites en verre pour amener l'eau au milieu de ses ateliers. Mais ce n'était qu'une application isolée, tandis que MM. Hutter ont monté cette fabrication en grand, et ont établi des dépôts à Paris. Ces tuyaux sont d'un prix avantageux; il y a pour les employer, entre autres motifs de préférence, qu'ils sont inattaquables par les acides. Mais n'a-t-on pas à craindre les casses spontanées auxquelles le verre est sujet, et résisteront-ils, surtout à Paris, aux flexions du terrain? L'expérience nous l'apprendra.

MM. Hutter ont aussi établi une fabrication de petits miroirs à la façon de Nuremberg, et tendent ainsi à nous affranchir d'un tribut onéreux payé à l'étranger. Ces miroirs sont soufflés comme le verre à vitres, puis dressés et polis comme les glaces, tandis que ces dernières sont coulées.

MM. Hutter avaient aussi voulu tenter la fabrication des grandes glaces, mais ils ont reculé devant la concurrence des manufactures de Saint-Quirin-Cirey (2) et de Saint-Gobin (3).

Ces deux compagnies puissantes ne veulent pas permettre qu'on rivalise avec elles. J'ai déjà dit qu'elles viennent d'acheter la verrerie de Prémontré, qui, depuis quelques années, fabriquait pour environ un demi-million de glaces, et se préparait à étendre cette fabrication, la plus productive des industries verrières. Il parait qu'elles ont réussi à faire comprendre à MM. Hutter qu'il valait mieux pour eux ne pas entreprendre cette fabrication.

Il y a, du reste, entre ces deux compagnies, une entente cordiale plus vraie que l'entente cordiale officielle. Elles n'ont, à

(1) Médaille d'or.
(2) Rappel de médaille d'or.
(3) Rappel de médaille d'or.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Paris, qu'un seul et même dépôt ; elles n'ont pas même voulu lutter ensemble à l'exposition, où elles ont présenté chacune une glace de mêmes dimensions, de même qualité, et au même prix, encadrées par le même tapissier, et placées dans un même jour. Toutes deux avaient les mêmes défauts, et, comme je l'ai dit en parlant des machines de M. Carillon, étaient aussi mal dressées l'une que l'autre.

Je dirai peu de chose des fabricants de bouteilles. Leurs produits ne sont guère de ceux que l'on peut apprécier à l'exposition. Rien ne ressemble plus à une bonne bouteille qu'une mauvaise. Les consommateurs seuls pourraient nous dire si la fabrication de tel ou tel verrier produit des bouteilles inattaquables aux vins et surtout aux acides, si celles destinées aux vins mousseux résistent dans une proportion avantageuse à la pression du gaz. Je dirai seulement que les bouteilles de Sèvres, fabriquées par M. Casadavant (1), soutiennent leur ancienne réputation, que les fabricants de vins de Champagne paraissent satisfaits des produits de M. de Poilly (2), à Fallemberg, ainsi que de celles de M. de Violaine (3), à Vaurrot.

A propos de bouteilles, c'est ici le lieu de rectifier une erreur devenue vulgaire, sur la qualité de gentilshommes qu'auraient prise autrefois tous les verriers. Cette qualité n'appartenait qu'à ceux qui étaient réellement nobles, mais qui, en vertu de lettres patentes dont je n'ai pu retrouver la date, ne dérogeaient pas en se livrant personnellement à la fabrication des bouteilles. Les autres fabrications verrières ne jouissaient pas du même privilége. La fabrication d'une carafe en verre blanc ou d'un verre à boire eût déshonoré le gentilhomme qui, sans déroger, et l'épée au côté, travaillait le verre noir.

Je ne dois pas omettre de signaler la fabrication de verres de montres de MM. Burgun, Walter, Berger et compagnie (4), de Gœtzembruck (Moselle). Ils sont arrivés, par des procédés particuliers, à faire des verres bombés et même chevés à des prix très modiques: aussi sont-ils presque les seuls fournisseurs du monde entier.

La question de la verrerie a pour conséquence forcée celle des vitraux peints ; mais ici elle change presque entièrement d'aspect, et devient beaucoup plus artistique que technique. J'ai

(1) Médaille de bronze.
(2) Médaille d'argent.
(3) Médaille de bronze.
(4) Rappel de médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

peu l'habitude de ce nouveau terrain, et bien que, dans l'occasion, comme vos lecteurs ont pu s'en convaincre quelquefois, je ne me refuse pas à exprimer mon opinion personnelle sur les œuvres d'art, j'avoue que, dans la circonstance présente, j'ai trop peu étudié la matière pour prendre parti entre l'école archéologique, qui, sous prétexte de vérité locale, ne veut, dit-on, que l'imitation des vitraux des XIIIe, XIVe et XVe siècles, avec la copie servile des nombreuses fautes de dessin qu'on y rencontre si fréquemment, et les amateurs de la peinture moderne, qui veulent que les vitraux faits au XIXe siècle participent de la peinture actuelle. Pour moi, je serais assez volontiers de l'avis de ceux qui, reconnaissant dans les vitraux anciens quelques parties entièrement irréprochables sous ce rapport, prétendent qu'on restera aussi bien dans la vérité locale en s'abstenant des incorrections choquantes qui, à la vérité, dominent dans ces vitraux, et en se bornant à imiter ce qu'ils ont vraiment de naïvement religieux dans l'expression des figures.

Cette part faite à la question artistique, il me restera peu de chose à dire sur la question technique. Et d'abord je viderai d'un mot celle qui se rattache à l'opinion si généralement répandue que la peinture sur verre, entièrement perdue, n'avait été retrouvée que par les efforts patients de Levieil, puis perfectionnée de nos jours par un très petit nombre d'adeptes. La peinture sur verre n'a jamais été perdue; plus que négligée en France dès le règne de Louis XIV, elle a continué à être cultivée en Allemagne et en Angleterre, à la vérité sur une échelle moins étendue qu'aux époques de foi où des populations tout entières concouraient, qui de son argent, qui de ses mains, à l'édification des églises, mais d'une manière assez suivie pour qu'aucun des procédés, soi-disant si difficiles, de cette fabrication ne fût perdu. Aussi, dès que le goût de ce genre de peinture se fut renouvelé chez nous, avons-nous trouvé en Angleterre des artistes fort habiles et parfaitement au courant des prétendus *secrets* de cette industrie.

La peinture sur verre est un art entièrement dépendant du verrier, qui lui fournit tous les matériaux qu'elle emploie. Ce sont d'abord les verres de couleurs, qui, découpés selon les exigences du dessin, sont réunis par des filets de plomb que l'habileté de l'artiste doit déguiser le plus possible, en les cachant dans les plis des draperies, dans les lignes qui séparent les diverses parties du corps et des ajustements, etc., etc. Dans ce but, un tableau dessiné, de grandeur d'exécution, et auquel on donne le nom de carton, sert de patron pour calquer les contours des différents morceaux de verre qui doivent concourir à l'effet général. Les figures proprement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dites, et quelques autres parties d'un dessin plus délicat, sont seules réellement peintes, au moyen de couleurs vitrifiables appliquées sur verre blanc et rendues adhérentes au feu de moufle.

La verrerie de Choisy fut la première qui, en 1834, mit des verrières à l'exposition. Son directeur avait naturellement vu dans cette branche d'industrie un emploi des verres de couleurs qu'il fabriquait depuis longtemps, et avait pris pour chef d'atelier M. Jones, qui avait fait à Paris plusieurs vitraux commandés par le préfet de la Seine, et exécutés avec une habileté qui témoignait d'une connaissance parfaite des procédés de la peinture sur verre.

Depuis cette époque, le retour vers la pratique des arts du moyen-âge et des constructions ogivales a donné une extension plus grande à l'art des vitraux : aussi a-t-on voulu établir à Metz, à Lyon, à Toulouse, au Mans, et surtout à Paris, des ateliers de peinture sur verre, dont la plupart empruntent leurs riches couleurs aux verres colorés de la verrerie de Choisy, dont la magnifique palette se composait, à l'exposition, d'un cadre contenant cent douze échantillons de nuances diverses.

La verrerie de Choisy seule est donc entièrement responsable de ses vitraux, puisqu'elle fabrique elle-même ses verres de couleurs. Sa palette est au moins aussi riche que celle des anciens, et si je ne craignais l'application d'un proverbe vulgaire, je serais tenté de lui reprocher d'avoir si souvent choisi, parmi ses belles teintes, des rouges sombres et des bleus sans velouté.

Il n'entre point, comme je l'ai déjà dit, dans ma pensée, de faire des vitraux de l'exposition un examen artistique : aussi me bornerai-je à quelques observations générales sur les produits exposés, qui peuvent, presque tous, être considérés comme des copies des anciens vitraux.

MM. Chatel et Fraleix, du Mans, ne se sont même pas bornés à la copie servile de l'arbre de Jessé, placé dans l'abside de la cathédrale du Mans, mais ils ont voulu reproduire l'effet d'encroûtage produit par le temps. Il est vrai que le temps jette sur les vitraux un voile harmonieux : mais si, dès le principe, vous produisez cet effet, que deviendront vos vitraux quand le temps y aura ajouté son effet inévitable ?

MM. Karl-Hauder et André, de Paris, n'ont pas cherché à produire le même effet; mais ils ont donné dans l'excès contraire, en laissant trop de transparence à leur travail. Leurs petites grisailles étaient à leur tour trop chargées de couleurs, et s'éloignaient, en ce sens, de celles que nous ont laissées les anciens qui y ajoutaient beaucoup de gaieté par quelque touches jaunes habilement distribuées.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

M. Lusson, du Mans, n'avait exposé qu'un seul vitrail d'une exécution en tout point satisfaisante, à part les critiques que les artistes pourraient adresser sous le rapport du dessin à l'auteur des cartons. L'effet en est harmonieux sans être sombre, et la disposition des couleurs est heureuse ; on a fait rarement un meilleur vitrail.

En résumé, la peinture sur verre est franchement en voie de progrès, et nous promet des résultats encore plus remarquables pour l'exposition de 1849.

Orfévrerie.

L'éclat dont brillait l'orfévrerie parisienne dans les galeries de l'exposition n'était, d'après les renseignements que j'ai obtenus, le résultat d'aucun procédé nouveau ; et cet art, malgré son importance, n'a pu devenir pour moi l'objet d'aucune observation technique, à l'exception de la fabrication de couverts de M. Denière.

La fabrication du couvert s'exécute ordinairement par des forgeages et des emboutissages successifs, au moyen de poinçons et de matrices dans lesquels la pièce reçoit les formes voulues, sous l'action d'un marteau ou d'un mouton.

En 1817, un sieur Jalabert prit un brevet qui avait pour but de remplacer, par un laminoir, l'action des poinçons et des matrices.

L'appareil se composait de deux cylindres d'un assez grand diamètre, dont chacun portait une matrice qui y était fixée par des écrous, et qui représentait, par une gravure en creux, la forme de la pièce à obtenir.

On découpait le lingot, on préparait la pièce par la méthode ordinaire, et on la terminait en la faisant passer entre les deux matrices du laminoir.

Ces matrices mobiles présentaient des inconvénients graves, résultant de la difficulté de les fixer solidement sur les cylindres, et d'assurer l'exactitude de leur rencontre au moment de la pression.

Une note de ce même brevet annonce qu'en 1813, un sieur Garinet avait fait, devant le commissaire de police de la Cité, l'expérience d'une machine du même genre dans laquelle les matrices étaient fixes.

Mais ni l'une ni l'autre de ces machines n'entra réellement dans l'industrie, qui persista à se servir des anciens procédés.

En 1839, une nouvelle tentative fut faite également sans succès par M. Daru.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Après le découpage du lingot, on supprimait le forgeage, et on mettait la pièce de longueur et d'épaisseur en la faisant passer entre deux cylindres de grand diamètre, dont l'inférieur seul portait, gravée en creux, les formes et les dimensions générales de la pièce.

La pression obligeait cette pièce à entrer dans cette espèce de moule, où le métal s'étendait de manière à prendre la forme et les dimensions de la cuiller et de la fourchette.

Après l'ébarbage de la pièce, on la plaçait entre deux matrices, où elle recevait une pression considérable qui l'emboutissait complétement au moyen d'un énorme levier conjugué, semblable à celui de la presse monétaire actuellement employé à la Monnaie de Paris, et qui avait également été construit par M. Thonnelier (1).

Les conditions actuellement employées par M. Denière sont dues à M. Allard, de Bruxelles, qui a si malheureusement décrit ses procédés dans son brevet d'importation, que M. Denière vient d'en voir prononcer la déchéance pour insuffisance de description.

Je me bornerai à indiquer ici les points fondamentaux de cette ingénieuse fabrication.

Deux laminoirs concourent à donner à la cuiller ou à la fourchette les formes qu'elle doit recevoir. Le premier sert à la préparation, le second termine, mais toutefois en laissant aux pièces une forme plane, la courbure et le cuilleron s'exécutant à part.

Le lingot, amené d'épaisseur, est découpé, à l'emporte-pièce, en morceaux dont les formes sont appropriées à l'allongement qu'ils doivent recevoir de leur passage successif dans les laminoirs, de sorte qu'il ne se forme que très peu de rebarbe autour de chaque pièce, et que le déchet est presque nul.

C'est surtout à la précision des opérations de détail et à l'intelligente succession des passes et des recuits que cette fabrication doit son succès, ainsi que l'importance à laquelle elle est parvenue, et qui ne peut que s'accroître dans les mains habiles qui lui ont donné l'essor.

Plaqué.

Le plaqué ou doublé d'or ou d'argent n'est connu en France,

(1) J'éprouve le regret de ne pouvoir donner à vos lecteurs la description de cette presse ingénieuse, les renseignements que M. Thonnelier m'a promis à de nombreuses reprises me manquant encore au moment de mettre sous presse.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme industrie, que depuis une époque tout-à-fait récente. Il y a tout lieu de croire, cependant, que cet art remonte à une très haute antiquité ; car on a trouvé dans les ruines d'Herculanum des pièces de cuivre recouvertes d'une feuille d'argent qui n'avait pu y être appliquée que par des procédés évidemment semblables à ceux qu'on emploie aujourd'hui.

On trouva, vers 1788, dans les ruines du château de Chantelles, en Bourbonnais, un plateau en cuivre recouvert d'une feuille d'argent dont l'antiquité fut constatée par l'abbé Leblond et Mongez, membres de l'Académie des inscriptions.

J'ai en ce moment sous les yeux une *Notice historique sur l'art industriel du plaqué*, dans laquelle l'auteur, M. Gandais, prouve que ce plateau, qu'il a examiné en connaisseur, ne peut, comme on l'avait prétendu, avoir été fabriqué pour le connétable de Bourbon, seigneur de Chantelles, parce que précisément à cette époque florissait Benvenuto Cellini, qui, outre les chefs-d'œuvre qu'il nous a laissés en orfévrerie, écrivait deux traités didactiques très curieux et très détaillés, l'un sur la sculpture, l'autre sur l'orfévrerie. Or, dans ce dernier ouvrage, Cellini traite non seulement de l'orfévrerie et de tout ce qui s'y rattache, comme le repoussé, la ciselure, la gravure, mais il y donne encore des principes pour la joaillerie, la bijouterie, l'art d'émailler, celui de nieller, la dorure, etc., etc.; de plus, il y disserte sur la gravure des médailles et sur la fabrication des monnaies. A ses préceptes, il joint des exemples tirés, bien entendu, de ses propres ouvrages, mais encore il sème ses leçons d'anecdotes sur ce qu'il a vu et observé dans ses voyages en différents pays. Il n'oublie pas de dire, en passant, qu'il a vaincu les orfévres de Paris, dont la réputation s'était étendue au loin. Eh bien, Cellini ne fait aucune mention du plaqué ni d'aucun procédé ayant pour but de recouvrir un métal quelconque d'une feuille d'or ou d'argent.

Certes, ajoute M. Gandais, on peut croire que si ce procédé eût été en usage soit en Italie, soit en France du temps de l'habile artiste, il n'eût pas omis d'en parler, quand même son opinion eût dû se traduire par un blâme.

Il est donc hors de doute que la pratique du plaqué, comme celle de beaucoup d'arts de luxe, n'ait subi des phases d'abandon et de renaissance qui auront eu lieu probablement à des époques fort éloignées les unes des autres, car la chaine qui devrait en relier l'histoire jusqu'à nos jours ne se retrouve pas.

Le plaqué d'argent a pris naissance, comme industrie, en Angle-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

terre, à l'époque où Cromwell, après la révolution de 1688, a donné une si grande impulsion aux manufactures de son pays.

Les Anglais s'appliquèrent alors à imiter, avec cette matière, la riche orfévrerie dite de Louis XIV, dont ils ont jusqu'à présent conservé le galbe en l'allourdissant, et que nous avons été leur reprendre sous le nom d'orfévrerie anglaise.

Jusqu'en 1769, la France paraît être restée tout-à-fait étrangère à cette fabrication, dont on ne trouve aucune trace dans l'Encyclopédie de Diderot. Mais, à cette époque, Daumy et Tugot fondèrent, à l'hôtel Pompone, rue de la Verrerie, sous la protection de Louis XVI et de l'Académie des sciences, un établissement de plaqué dont les produits conservèrent le nom d'*argent haché*, sous lequel était connue l'argenture ordinaire. On employait tantôt du cuivre rouge, tantôt du cuivre jaune, et on n'appliquait la feuille d'argent que d'un seul côté. L'extérieur était simplement argenté par les procédés ordinaires des argenteurs; enfin, le secret le plus absolu était gardé sur les conditions de l'opération, qui rend adhérente la feuille d'argent au cuivre. Cet établissement fut détruit par la révolution.

Quelques échantillons de plaqué, exécutés par MM. Patoulet, Lebeau et Audry, parurent à la première expédition de l'an VI (1798). Mais cette tentative n'eut aucune suite, et les expositions de 1801, de 1802 et de 1806, ne montrèrent aucun produit de ce genre.

Enfin, en 1809, un rapport de M. Bardel, inséré dans le *Bulletin de la Société d'encouragement*, annonce une véritable fabrication du plaqué en France, tant sur cuivre que sur fer. Il signale, sous le premier rapport, l'atelier de M. Jallabert, où l'on exécutait déjà des travaux remarquables, et où l'on se proposait de fabriquer des couverts plaqués en argent au prix de 6 francs chacune, et qui pourraient durer autant que les couverts plaqués anglais. Le même rapport annonce que MM. Perrier frères sont parvenus à fabriquer en fonte douce et à argenter des boucles pour la sellerie, dont la consommation est considérable. A la suite de ce rapport, la Société proposa un prix de 1,500 francs pour la fabrication du plaqué. Ce prix fut partagé en 1811 par MM. Levrat et Papinaud.

Le rapport sur ce prix constate que les fabricants ont su éviter les filets et ornements, qui présentaient au frottement des parties trop saillantes que de fréquents nettoyages auraient bientôt usées. Leurs différents ouvrages offraient, en général, des surfaces lisses dont l'éclat et le brillant peuvent être entretenus.

C'était avoir tourné la difficulté et non l'avoir résolue; et si la fabrication du plaqué fût restée dans les conditions énoncées au

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rapport, elle eût bientôt disparu devant la comparaison qu'on en eût faite avec l'orfévrerie française, qui s'est toujours si distinguée par la richesse et le bon goût de ses ornements, et qui, surtout aujourd'hui, n'a jamais rien offert de moins lisse et de moins uni.

Toutefois, cette récompense donna l'impulsion ; et, à l'exposition de 1819, quatre fabricants de plaqué obtinrent des récompenses. Une médaille d'argent fut décernée à M. Levrat, une médaille de bronze à M. Pillioud, et une mention honorable à MM. Thourot et Chatelain.

L'exposition de 1823 fut plus remarquable encore, tant à cause de l'importance des objets exposés que par la médaille d'or décernée à M. Thourot, qui, en 1820, avait obtenu la même récompense de la Société d'encouragement pour l'introduction, dans ses ateliers, du repoussage au tour, qui fit une véritable révolution dans une industrie dont tous les produits s'étaient jusqu'alors fabriqués au marteau.

L'orfévrerie courante, si routinière dans ses procédés, a fini par accepter ce progrès et en profite aujourd'hui.

Les expositions suivantes signalèrent une fabrication plus considérable, mais peu de progrès dans les procédés.

Enfin, en 1833, un rapport de M. Héricart de Thury à la Société d'encouragement signale l'*orfévrerie mixte* de M. Gandais, dont les procédés, importés d'Angleterre, consistent essentiellement dans l'application d'une bande d'argent rapportée sur les bords des pièces, et dans l'emploi de l'argent seul pour les ornements, anses, poignées, pieds, etc., parties toujours saillantes et supportant tous les frottements du service et du nettoyage. Ces conditions, qui assurent au bon plaqué une durée aussi grande qu'à l'orfévrerie, ont vaincu la difficulté que MM. Levrat et Papinaud n'avaient fait qu'éluder. Désormais, le plaqué pouvait obéir à toutes les impulsions, à tous les caprices de la mode, et lutter franchement avec l'orfévrerie. Une médaille d'argent suivit ce rapport : la même récompense fut décernée au même fabricant à l'exposition de 1834. Plus tard, la Société d'encouragement lui décerna la médaille d'or, et la décoration de la Légion-d'Honneur vint sanctionner le jugement de l'opinion publique sur la révolution opérée par M. Gandais dans cette industrie.

Le plaqué offre, dans le commerce, des titres très divers, qu'on désigne sous les noms de *dixième*, *vingtième*, *soixantième*, *cent vingtième*, etc., selon le rapport de la quantité d'argent à celle du cuivre dont la pièce est formée. Ce titre n'est soumis à aucune autre garantie que celle de la probité du fabricant. Beaucoup, il faut le

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

dire, volent impudemment le public : aussi les maisons honorables, qui tiennent à leur réputation, ont-elles pris le parti de timbrer de leur nom, avec l'indication du titre réel, les pièces sorties de leurs ateliers.

Le *bon marché* est, dans toutes les industries, un appât auquel bon nombre de dupes se laisseront toujours prendre. C'est surtout dans celle du plaqué que ce leurre est le plus trompeur et fait le plus de victimes. Écoutons à ce sujet M. Gandais, aux notes duquel j'ai déjà fait bon nombre d'emprunts.

« Non, il faut avoir le courage de le dire, parce que cela est vrai, *plaqué à bon marché* EST UN MENSONGE. Et cela se comprendra facilement. Les deux métaux dont il est fait, c'est-à-dire l'argent et le cuivre, coûtent toujours invariablement le même prix (car la hausse ou la baisse de quelques centimes par kilogramme ne vaut pas la peine qu'il en soit fait mention). Ensuite la façon d'un flambeau en plaqué léger est absolument la même que celle d'un pareil flambeau en plaqué fort, et ne revient pas à moins.

» Il n'y a donc que le plus ou moins de matière employée qui fasse la différence du prix. Or, comme c'est précisément dans ce plus ou moins de matière que réside la durée, si le flambeau que l'on n'a payé que 3 fr. 50 c., il est vrai, ne dure que deux ans, tandis que celui qu'on aura payé 6 fr. durera dix, y aura-t-il eu vraiment bon marché dans le premier cas? Et, qu'on me permette ce jeu de mots excusable, sera-ce un bon marché qu'on aura fait là? Rendons cette démonstration plus sensible par des chiffres :

FLAMBEAU EN BONNE QUALITÉ.

Soit au 20e fort.

Matière première,	70
Frais de fabrication,	20
Bénéfice du fabricant,	10
	100

FLAMBEAU EN LÉGER.

Soit au 60e ou au 80e.

(Compensation établie par l'épaisseur.)

Matière première,	23
Frais de fabrication,	20
Bénéfice du fabricant,	10
	53

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» On voit que les chiffres 20 et 10, total 30, se retrouvent dans l'un comme dans l'autre cas; que, par conséquent, la différence ne porte que sur les chiffres 70 et 23 qui représentent la matière; qu'en définitive l'acheteur *à bon marché* se trouve avoir payé plus cher, puisqu'il subit 30 de perte sur 53, tandis que l'acheteur du bon n'en subit que 30 sur 100. Il y a donc entre ces deux conditions une différence positive de 33 et demi p. c. à 58 p. c., c'est-à-dire une perte réelle de 24 deux tiers pour l'amateur du bon marché. »

Les notes que m'a fournies M. Gandais contiennent, sur la fabrication anglaise, des renseignements précis qu'il a recueillis en Angleterre dans un voyage industriel qu'il y a fait à l'occasion de l'enquête commerciale de 1834. J'en extrairai quelques uns.

Il n'y a, quoi qu'on en ait dit, aucune fabrique de plaqué à Londres. On n'y trouve que des dépôts des deux seules villes où l'on fabrique cet article en Angleterre, Sheffield et Birmingham. C'est à Sheffield qu'est née, pour l'Angleterre, cette industrie; c'est pour cela que le plaqué anglais s'est appelé longtemps *vaisselle de Sheffield*. La fabrique de Sheffield jouit encore en Angleterre de son ancienne réputation de faire du bon. Aussi les orfévres de Londres vous disent-ils : « Mon voisin tient du Birmingham, n'y allez pas; moi, je ne ne tiens que du vrai Sheffield, » et le voisin en dit autant du premier. La vérité est qu'ils ont de l'un et de l'autre, que la concurrence de Birmingham a bien diminué le nombre des fabriques de Sheffield, et a obligé les fabricants à baisser la qualité de leur plaqué; il parait même que quelques uns tirent de Birmingham, où on lamine à beaucoup meilleur marché le doublé dont ils ont besoin.

Il y a plus de cent fabriques à Birmingham; mais il n'y en a guère que quatre ou cinq de premier ordre. Les fabricants ne laminent pas leur doublé eux-mêmes; ils se contentent de souder l'argent sur le lingot de cuivre, puis l'envoient laminer dans des établissements spéciaux, montés sur une vaste échelle, possédant des machines à vapeur de la force de cent chevaux. Le laminage est beaucoup mieux fait que dans les fabriques françaises, où l'on se contente d'un manége, et revient à environ 10 centimes par marc, ou 40 cent. par kilo. Cette condition économise au fabricant de 25 à 30,000 fr. de première mise, et 2,000 fr. d'entretien, y compris le loyer, la perte des chevaux, etc.

Toutefois, excepté cette partie de la fabrication, les Anglais sont moins avancés que la France dans l'emploi des outils particuliers, tels, par exemple, que le tour. Ils retreignent encore toute leur grosserie au marteau; mais le laminage et tout ce qui tient à la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manipulation du cuivre est porté au plus haut degré de précision et d'économie. On pourra juger de l'importance de la concurrence qu'ils peuvent faire au fabricant français, sous ce dernier rapport, par les chiffres suivants :

Le cuivre qu'ils emploient vient des mines de Cornouailles, et leur coûte brut 2 fr. 20 c., et raffiné 2 fr. 80 c. le kil. Il coûte en France 4 fr. 50 c. Leur étain vient des mêmes contrées, et leur coûte 1 fr. 60 c. Il vaut chez nous 2 fr. 10 c. Enfin leur laminage ne leur coûte qu'un cinquième seulement du prix auquel revient le laminage à Paris.

Quant à la main-d'œuvre pour la confection des pièces, elle revient à peu près au même prix qu'en France.

Mais un fait dont M. Gandais a acquis la preuve, et auquel il ne s'attendait pas, c'est que la qualité du plaqué en Angleterre a subi la même altération qu'en France. Ainsi les Anglais, qui ont eu si longtemps la réputation de ne faire que du très bon ou du très mauvais, font maintenant, comme en France, de six à huit sortes de plaqué, non pas seulement pour la *pacotille*, mais pour les personnes qui veulent du bon marché. M. Gandais a vu faire devant lui un flambeau à bordures d'argent en *best plated* (le meilleur plaqué) ; l'ouvrier lui en a offert une pièce qu'il a fait essayer à son retour, et dont le titre était au 25e. Dans une autre circonstance, il a vu appliquer des bordures d'argent sur des porte-mouchettes, dont le titre était au 80e. On voit par ces faits que la friponnerie de certains fabricants anglais peut damer le pion à celle de quelques uns des nôtres.

Mais revenons à la fabrication honorable, et consultons à ce sujet le rapport de M. Héricart de Thury sur l'orfévrerie mixte de M. Gandais :

« Dans les parties qui sont de deux pièces assemblées, telles que les poignées et les anses, la feuille d'argent a, selon les dimensions de la pièce, depuis un quart jusqu'à un demi-millimètre d'épaisseur.

» Or, pour pouvoir se figurer ce que c'est en orfévrerie qu'un demi-millimètre d'épaisseur d'argent, il faut savoir que les plaques ou les feuilles d'argent qu'emploient les orfévres pour fabriquer les théières, les cafetières et une foule d'objets de ce genre, ne sont qu'au n° 12 du laminage, ce qui répond à un seul millimètre d'épaisseur.

» Cela posé, on concevra aisément le degré de durée que peut et doit présenter un objet d'orfévrerie mixte, lorsqu'on saura que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'épaisseur de la feuille d'argent qui l'entoure est du quart au moins et souvent de la moitié de l'épaisseur totale de la feuille.

» Des supputations, peut être un peu exagérées, mais cependant fondées sur l'expérience, semblent démontrer que l'argenterie perd le quarantième de son poids par vingt années d'usage et de service journalier. En admettant ce calcul comme vrai, il en résulterait que les articles en orfévrerie mixte, dont les lames d'argent seraient un quart de millimètre, auraient une durée de vingt-cinq ans, et ceux dont les lames seraient au demi-millimètre en dureraient soixante.

» Ces calculs certes seraient bien favorables aux travaux de M. Gandais. Mais si l'on considère que les pièces d'orfévrerie mixte se vendent au total pour le *prix seul de la façon* de pareilles pièces en argent massif, dont il faut en outre payer la valeur au titre et le contrôle, on conviendra qu'il y a réellement économie...

» Mais cependant ne manquera-t-on pas de nous demander comment les pièces d'orfévrerie mixte peuvent être données pour le prix seul de la façon ou de la fabrication de l'argent massif. A cela il est facile de répondre. Les métaux que M. Gandais emploie sont d'une malléabilité parfaite ; son argent est de l'argent vierge à 999 millièmes ; conséquemment son laminage est très doux ; sa retreinte est aussi prompte que facile ; l'estampage se fait avec la plus grande perfection ; enfin le poli est des plus vifs ; il est d'un noir parfait.

» Or, l'argent, au titre qu'emploie l'orfévrerie, est loin de présenter ces avantages. Tout le monde sait qu'il ne se peut travailler aussi économiquement, aussi promptement, et qu'il a besoin de trop de recuissons. On va sentir de suite la différence des deux manutentions. De 950 millièmes, taux du premier titre mis en usage par les orfévres, jusqu'à 999 millièmes de fin, titre qu'emploie M. Gandais, il y a 49 millièmes au désavantage de l'orfévrerie, ces 49 millièmes étant du cuivre allié à cet argent. Or, par la raison inverse qui fait que l'argent de M. Gandais est doux et ductile, parce qu'il est vierge, l'argent au premier titre est roide et rebelle à cause de la présence du cuivre ; il faut le travailler plus longtemps. Il exige donc plus de main-d'œuvre ; il s'estampe peu et difficilement. Les orfévres pratiquent l'usage long et dispendieux de fondre et mouler leurs ornements, et de les faire ciseler ensuite, etc., etc. Il résulte de là une différence de main-d'œuvre en faveur de l'orfévrerie mixte et la possibilité de donner certains articles pour le *prix seul de la façon* chez l'orfévre primitif. »

Mais je m'aperçois que j'ai négligé la description des procédés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de fabrication du plaqué proprement dit pour ne m'occuper que de ceux qui se rattachent à son emploi. C'est qu'en effet rien n'a été innové dans cette fabrication, qui consiste uniquement à réunir par la chaleur et la pression un morceau d'argent à un morceau de cuivre, le poids du premier étant au poids du second dans un rapport qui constitue le titre du plaqué.

On se procure le cuivre le plus pur possible, en plaques rectangulaires d'environ 10 kil., ayant 3 centimètres d'épaisseur. On les gratte soigneusement pour faire disparaître de leur surface toutes les pailles ou les corps étrangers qui, s'interposant entre l'argent et le cuivre, empêcheraient ces deux métaux d'adhérer entre eux. On prépare une plaque d'argent fin, dont l'épaisseur variable doit avoir avec celle du cuivre le rapport qui doit déterminer le titre du plaqué. On donne fréquemment à cette plaque une surface double de celle du lingot de cuivre, et voici comment on opère si le plaqué ne doit avoir d'argent que d'un seul côté.

On a bien avivé cette plaque avec du grès fin pour en rendre la surface unie et sans impuretés; on frotte alors la surface du cuivre qui doit recevoir l'argent avec une forte dissolution de nitrate d'argent, au moyen d'un morceau de liége. Cela s'appelle *amorcer*. Puis on l'applique sur la feuille d'argent, dont on rabat les bords sur la surface non préparée, en interposant entre eux du blanc d'Espagne délayé pour les empêcher de se souder dans les points qui ne doivent pas être recouverts d'argent.

Quelquefois aussi, pour ne pas employer une aussi grande quantité de ce dernier métal, et surtout quand le titre du plaqué doit être élevé, ce qui rendrait difficile le reploiement convenable des bords d'une plaque d'argent épaisse, on procède de la manière suivante. On applique d'abord sur le cuivre une plaque d'argent de dimension égale à sa surface, puis par-dessus une plaque plus mince, mais plus grande, dont les bords sont alors facilement repliés autour du cuivre. Il est bien entendu que les épaisseurs réunies de ces deux plaques équivalent à celle qui constitue le titre.

Enfin si le plaqué doit recevoir l'argent des deux côtés, l'une des plaques d'argent n'a que les dimensions du cuivre, et est fixée contre lui par le reploiement des bords de l'autre.

La pièce ainsi disposée est placée dans un fourneau à portée d'un laminoir. L'ouvrier soudeur épie de temps en temps son degré de chaleur; puis avec un lissoir en forme de tisonnier, il appuie fortement sur la plaque d'argent comme pour la ratisser, mais en effet pour chasser l'air qui pourrait encore se trouver entre les deux plaques. Lorsque la pièce a atteint la couleur rouge-cerise, on l'enlève du

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fourneau, et on la fait passer rapidement sous le laminoir. La forte pression qu'elle éprouve alors en chasse tout l'air interposé, et deux ou trois passes successives achèvent la réunion intime des deux métaux qu'aucun moyen mécanique ne pourrait séparer, si l'opération a été bien conduite. On abat alors à la lime tout l'argent qui recouvre les bords de la pièce, et qui n'a pu y adhérer à cause de la présence du blanc d'Espagne, et on continue le laminage jusqu'à ce que le plaqué soit réduit à l'épaisseur qui convient aux pièces à fabriquer.

On voit, par cette description, que le titre du plaqué n'est pas l'indice réel de l'épaisseur de l'argent qui le recouvre, cette épaisseur étant toujours proportionnelle à celle du cuivre, qu'on peut amincir à un très grand degré. A la considération du titre il est donc toujours nécessaire de joindre celle de l'épaisseur de la feuille de plaqué. J'ai vu fréquemment, en effet, des plaques destinées au daguerréotype, qui, quoique réellement au titre indiqué, le 30e, étaient rapidement mises hors de service, à cause du peu d'argent qui recouvrait la mince feuille de cuivre dont ce plaqué était formé.

Puits artésiens.

Je n'ai pas besoin, je crois, de donner ici une définition de cette expression, et d'apprendre à vos lecteurs ce que c'est qu'un puits artésien, si ce n'est peut-être à ceux-là mêmes qui habitent l'Artois, et qui, possédant la chose, se sont peu inquiétés du nom. Je lis, en effet, dans une notice de M. Jobard, de Bruxelles, sur le sondage chinois, qu'un de ses amis s'étant rendu tout exprès dans l'Artois pour y étudier ces puits si fameux, les habitants, ne comprenant pas ce qu'il voulait dire par *puits artésiens*, affirmaient qu'il ne se trouvait rien de semblable dans le village ni dans les environs; qu'il y avait, il est vrai, une fontaine dans chaque maison, mais pas de puits artésien. M. le comte de ***, s'étant fait expliquer la manière dont on s'y prenait pour obtenir ces fontaines, on lui fit voir une espèce de gouge en fer attachée au bout d'une perche à houblon, avec laquelle on faisait un trou de quinze ou vingt pieds dans l'argile, d'où s'échappait immédiatement la fontaine en question.

Il résulte des recherches de M. Arago, consignées dans l'*Annuaire* de 1835, que dès le VIe siècle on connaissait, en Égypte, les fontaines jaillissantes artificielles. Olympiodore, qui florissait à cette époque à Alexandrie, rapporte, en effet, que lorsqu'on a creusé dans l'oasis des puits de 2 à 300, et quelquefois jusqu'à 500 aunes

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de profondeur, ces puits lancent, par leur orifice, des rivières d'eau dont les agriculteurs profitent pour arroser leurs campagnes.

Les récits des voyageurs modernes nous apprennent que les habitants du désert du Sahara connaissent depuis longtemps les puits artésiens. Ils creusent, à cet effet, des puits de 100 et quelquefois de 200 brasses de profondeur, et ne manquent jamais d'y trouver de l'eau en grande abondance.

Ils atteignent, au-dessous des sables, une espèce de pierre qui ressemble à l'ardoise, et que l'on sait être précisément au-dessus de ce qu'ils appellent *Bahar tôht el erd* ou *la mer au-dessous de la terre*, nom qu'ils donnent à l'abîme en général. Cette pierre se perce aisément. Après quoi l'eau sort si soudainement et en si grande abondance, que ceux qu'on fait descendre pour cette opération en sont quelquefois surpris et noyés, quoiqu'on les retire aussi soudainement que possible.

L'Italie possède également de ces puits qui remontent à une époque très reculée.

En France, le plus ancien puits de ce genre fut creusé en 1126, dans l'ancien couvent des Chartreux, à Lilliers.

Quoi qu'il en soit, ce n'est que très récemment qu'on a songé à l'importance réelle de ces puits, et que des hommes spéciaux se sont appliqués à leur construction.

Le point de départ de cette heureuse révolution est le programme d'un prix proposé en 1818 par la Société d'encouragement, prix qui fut remporté en 1821 par M. Garnier, ingénieur en chef des mines, pour son ouvrage intitulé : *l'Art du fontainier-sondeur*.

Depuis cette époque, l'art de creuser des fontaines jaillissantes a fait d'immenses progrès, dont la plus grande partie sont dus soit aux frères Flachat, soit à M. Mulot (1), soit à M. Degousée (2). Ces deux derniers seuls figuraient à l'exposition.

Mais, avant d'entrer dans l'examen des perfectionnements d'outillage qui leur appartiennent, il ne sera peut-être pas inutile de faire remarquer que, acceptant fréquemment des travaux à forfait, ces hommes habiles ont dû acquérir des connaissances géologiques remarquables au moyen desquelles ils étudient les probabilités de succès dans les sondages dont ils acceptent la responsabilité, et qui leur ont fait rarement défaut.

Il ne sera donc peut-être pas inutile de rappeler qu'un puits ar-

(1) Médaille d'or.
(2) Médaille d'argent.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tésien n'est pas autre chose que l'une des branches d'un siphon renversé, dans laquelle tend à se mettre en équilibre de pression le liquide contenu dans une autre branche formée par la nature.

Qu'on suppose, en effet, un immense entonnoir ayant quelquefois plus de cent lieues de diamètre, formé par le soulèvement du terrain à des époques reculées; qu'on suppose le fond et les parois de cet entonnoir revêtus alternativement de couches perméables et de couches imperméables qui, d'abord stratifiées horizontalement, se sont relevées avec ces parois et affleurent le sol dans la plus grande partie du pourtour relevé de cet entonnoir, dont la cavité peut s'être ultérieurement remplie de couches horizontales qui n'ont subi aucun relèvement. Il est évident que les eaux de pluie qui tomberont sur l'affleurement des couches perméables les pénétreront et en occuperont tous les interstices, depuis leurs plus grandes profondeurs jusqu'au niveau du sol où ces eaux commencent à les pénétrer.

Si, maintenant, on donne un coup de sonde en un point quelconque de l'entonnoir, jusqu'à la rencontre de l'une des couches perméables, l'eau s'élèvera dans ce trou de sonde jusqu'à la hauteur qui correspond à son niveau sur les bords de l'entonnoir. Si le point où le coup de sonde est donné est au-dessus de ce niveau, l'eau ne jaillit pas, mais on a un puits intarissable; s'il est plus bas, au contraire, on a une fontaine jaillissante dont le débit est proportionnel à la différence des deux niveaux.

Telle est, dans toute sa simplicité, la théorie des puits artésiens; mais il s'en faut de beaucoup que cette théorie suffise au praticien pour décider à coup sûr du succès de son entreprise. Les cataclysmes qui ont formé ces entonnoirs n'ont pas produit partout les mêmes conditions. Fréquemment, les couches perméables sont discontinues, et de deux trous de sonde très voisins, l'un donnera de l'eau en abondance, tandis que l'autre restera à sec: mille autres causes peuvent produire le même désappointement. Ce n'est donc que par une étude longue et pénible des phénomènes géologiques que la pratique leur a fait découvrir que les deux hommes remarquables dont j'ai à entretenir vos lecteurs ont pu, dans le plus grand nombre des cas, parvenir à cette presque certitude qui leur fait accepter ou refuser un sondage à forfait.

Mais, si ces connaissances géologiques sont indispensables au sondeur artésien, son habileté ne doit pas être moins grande dans le choix et dans l'emploi des instruments dont il se sert pour creuser la terre aux profondeurs énormes auxquelles quelques sondages sont parvenus; pour parer ou remédier aux accidents inévi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tables dans ces travaux aussi difficiles que dispendieux : ce sont surtout ces dernières conditions qui vont faire l'objet de mon examen.

La nature des terrains traversés par la sonde est très variable et exige des outils de natures très diverses. Les uns attaquent le fond du trou en tournant à la manière des tarières, les autres en le frappant. Dans le premier cas, l'outil lui-même remonte les matières détachées; dans le second, il faut fréquemment descendre un second outil pour enlever les fragments détachés par les chocs du premier.

Enfin, chaque espèce d'outil est généralement fixé à l'extrémité de longues tiges de fer ajustées les unes au bout des autres, depuis le fond du trou jusqu'au sol. Il faut, quand l'outil a traversé la quantité de terrain au-delà de laquelle son action deviendrait ou nulle ou peu profitable, le remonter jusqu'au sol avec ou sans les matières qu'il a traversées, et démonter successivement chacune des barres de fer qui composent la tige de la sonde, puis réajuster ces barres pour redescendre dans le trou soit le même outil, soit un outil différent. Cette opération, dont la durée augmente avec la profondeur du trou, s'exécutait autrefois, pour chaque assemblage, au moyen de deux boulons à écrous qui réunissaient l'extrémité inférieure d'une tige, ayant la forme d'un tenon, à l'extrémité supérieure d'une autre tige, offrant une forme de mortaise pour recevoir le tenon. Ce mode d'assemblage a pris le nom d'*enfourchement*.

Cette disposition présentait le grave inconvénient de mettre en saillie les têtes des boulons et les écrous. Il en résultait fréquemment que les écrous se dévissaient sous l'influence des vibrations énergiques de la tige de sonde, et tombaient au fond du trou, où ils faisaient obstacle à l'action des outils.

M. Mulot para à cet inconvenient en supprimant les écrous, ou plutôt en les pratiquant dans le trou même que les boulons devaient traverser.

Plus tard, il fit ces mêmes ajustements cylindriques, et entailla la tête des boulons dans le cylindre; ce qui para à un autre inconvénient, celui de la rupture des têtes des boulons dans leur rencontre avec les portions du tubage qui font saillie dans les points où on a été obligé de diminuer son diamètre.

Les ajustements à vis, tels qu'on les fait généralement, et avec lesquels on ne peut faire tourner la sonde que dans un sens, présentent l'inconvénient d'un renflement près duquel s'opère toujours la rupture de la sonde.

Dès 1839, M. Mulot avait fait des ajustements à vis dont les bouts n'étaient pas épaulés, et qui venaient s'adapter les uns sur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

les autres sans renflement ni diminution de diamètre. Depuis, il a encore substitué le filet de vis rond au filet triangulaire, qui présente beaucoup moins de solidité contre la rupture, et s'use beaucoup plus vite. Ce mode d'ajustement présente en outre l'avantage d'être moins coûteux que le premier.

Enfin, pour avoir la faculté de tourner la sonde dans tous les sens avec ces ajustements à vis, M. Mulot a adapté à chaque écrou d'assemblage un petit cliquet logé dans l'épaisseur du fer, et qui rencontre les dents d'un rochet terminant le pas de vis de l'autre tige, condition qui permet le vissement, mais non le dévissement des deux tiges, quel que soit le sens dans lequel on fasse tourner la sonde. Lorsqu'en remontant la sonde, un assemblage est arrivé au niveau du sol, on peut agir sur le cliquet, et dévisser la tige supérieure.

Cette disposition est d'une grande importance lorsque la tige de la sonde vient à se rompre dans le trou. Le moyen le plus ordinaire qu'on emploie pour remonter la portion inférieure consiste d'abord à en amener le haut vers le centre du trou au moyen d'un outil appelé *caracolle*, et dont je parlerai plus loin, puis à coiffer le sommet de la tige d'un cône taraudé intérieurement et formant filière, qu'on fait tourner au moyen d'une autre tige pour fileter le bout de la tige cassée, et le visser solidement dans le cône pour le remonter avec lui. On comprend que le filet de vis à exécuter sur le bout de cette tige se fera d'autant mieux qu'on pourra faire tourner alternativement le cône à droite et à gauche, condition qui serait à peu près impraticable si les ajustements des tiges n'étaient pas maintenus par l'encliquetage décrit plus haut, les tiges pouvant se dévisser pendant le mouvement à gauche du cône, qui alors ne tarauderait plus assez profondément le bout cassé de la tige pour pouvoir l'enlever du trou où elle est quelquefois arc-boutée par d'autres fragments, la rupture de la tige pouvant se faire à la fois dans plusieurs points.

La caracolle, dont j'ai parlé plus haut, est formée d'une tige terminée par une espèce d'hélice dont le plan est perpendiculaire à la tige. Quand une sonde est cassée, on remonte sa partie supérieure, et on descend la caracolle, dont l'hélice, en tournant, s'engage derrière la portion de la sonde appuyée sur la paroi du trou, et la ramène au centre pour permettre de la coiffer du cône qui doit la tarauder.

Mais il arrive quelquefois que le trou n'est pas encore tubé dans la portion où se trouve le haut de la tige cassée qui s'est logée dans une cavité d'un diamètre plus grand que le tube dans lequel doit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

descendre la caracolle, ce qui rend très difficile de saisir avec celle-ci la tige de sonde.

M. Mulot a imaginé, pour parer à cet inconvénient, une caracolle à articulation qui, se repliant sur elle-même, peut descendre dans un tube étroit, et s'agrandir quand elle est au-dessous de ce tube. Son mouvement de rotation dans un sens ou dans l'autre détermine ses dimensions, et lui permet de rentrer dans le tube après qu'elle a fonctionné au-dessous.

Les tubes destinés à empêcher les éboulements dans le trou de sonde sont réunis entre eux, tantôt par des rivets, tantôt vissés les uns au bout des autres. Il est souvent nécessaire de remplacer un tube détérioré par les chocs de la sonde, et, pour cela, il faut de toute nécessité enlever ceux qui se trouvent au-dessus de lui. Voici comment M. Mulot y procède lorsque ces tubes sont assemblés à vis.

Il descend, à la profondeur à laquelle il veut opérer, un taraud d'un diamètre un peu moindre que le diamètre intérieur du tube. Ce taraud est à charnière, et, au moyen d'une vis manœuvrée par une tige latérale à celle qui suspend le taraud, on force celui-ci à s'ouvrir et à imprimer ses filets dans le tube, au moyen d'un mouvement de rotation. Cela fait, on coiffe le tube supérieur d'un taraud conique, fileté en sens contraire. On maintient fortement le premier taraud dans sa position pendant qu'on fait tourner le second, dont le mouvement dévisse le tube attaqué par lui, et avec lequel on le ramène au sol, soit isolément, soit avec ceux qui le suivent, si la constitution du terrain le permet.

Quand l'assemblage des tubes est formé par des rivets, il est souvent nécessaire, quand on veut en enlever, de les couper à la profondeur convenable. M. Mulot a imaginé plusieurs appareils pour atteindre ce but.

L'un d'eux se compose de deux tiges, dont l'une porte une pièce sur laquelle est placé un couteau ou burin destiné à couper le tube, l'autre est terminée par un cône qu'on fait descendre plus ou moins en tournant cette tige, dont une partie est filetée et traverse un écrou fixé à l'autre tige. Ce cône, dans son mouvement de descente, fait avancer le couteau à mesure qu'on fait tourner tout l'appareil. Lorsque le tube est coupé, on remonte le cône, et le couteau, revenant sur lui-même, peut remonter dans le tube.

M. Mulot a depuis notablement simplifié le coupe-tube de la manière suivante. Il se compose uniquement d'un crochet taillé en dents de scie, terminant la dernière tige de sonde qu'on a courbée de manière à lui faire faire ressort dans le tube. Lorsqu'on est des-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cendu au point où doit se faire la section, on fait tourner la sonde, et l'élasticité de la tige suffit pour couper le tube.

M. Mulot s'est souvent servi de ce principe pour agrandir le trou de sonde au-dessous du tube, et faire descendre celui-ci à de plus grandes profondeurs.

Il a également imaginé, dans le même but, une cuiller à charnière verticale qui peut descendre fermée dans le tube, et s'ouvrir quand elle est au-dessous. Le sens dans lequel on la fait tourner détermine sa condition d'ouverture et de fermeture, et permet de la faire rentrer dans le tube, chargée des matières qu'elle a détachées au-dessous.

On comprend que, dans beaucoup de cas, l'enlèvement des tubes à de grandes profondeurs où ils sont énergiquement retenus par la poussée latérale des argiles et des sables, présente de grandes difficultés. Voici comment M. Mulot y parvient.

Il descend, au-dessous du tube à arracher, une espèce de pince dont les branches tendent à s'écarter sous l'action de ressorts. Ces branches, rapprochées pendant la descente dans le tube, s'écartent quand leur extrémité est au-dessous, et viennent placer, sous les bords du tube, deux épaulements qui les terminent.

Si une circonstance quelconque ne permet pas alors l'arrachement du tube, et qu'il soit nécessaire de remonter la pince, on fait tourner la sonde dont l'extrémité porte une vis terminée par un cône, ce qui rapproche les branches de la pince, qui peuvent ainsi rentrer dans le tube et remonter sur le sol.

Un autre arrache-tube est formé d'une barre méplate, plus large à son extrémité inférieure que vers le haut. Deux autres barres, terminées en bas par un épaulement, glissent sur les deux côtés de la première, et y sont retenues par deux brides qui enveloppent le tout. Ces deux barres sont elles-mêmes retenues par une corde qui, pendant la descente dans le tube, les tient soulevées et appliquées contre la partie la plus étroite de la barre centrale. Mais, lorsque le tout est arrivé au-dessous du tube, on laisse descendre les deux barres latérales, qui sont alors obligées de s'écarter ; de sorte qu'en remontant la barre centrale, leur extrémité inférieure s'engage sous le tube pour en permettre l'arrachement.

S'il est nécessaire de remonter l'outil sans le tube, on fait descendre la barre centrale en retenant les barres latérales, qui se rapprochent, et peuvent ainsi rentrer dans le tube.

Ces dispositions s'appliquent dans certains cas à l'élargissement du trou de sonde au-dessous du tube.

La principale difficulté de l'arrachement des tubes est dans leur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

premier ébranlement, qu'on obtiendrait difficilement à l'aide du manége ou des moteurs ordinaires du sondage. M. Mulot détermine ce premier ébranlement à l'aide d'un appareil qu'il nomme un *varin* : il se compose de deux fortes vis traversant un écrou en bronze, et auxquelles on imprime le mouvement à l'aide de leviers agissant sur un encliquetage, de sorte qu'on n'a pas besoin d'un grand espace pour la manœuvre, le levier pouvant ne parcourir que de petits arcs de cercle alternatifs. L'appareil comporte deux encliquetages en sens contraire, ce qui permet de serrer et de desserrer les vis par la même action du levier, un cliquet étant seulement en prise pour chacune de ces opérations. On sait quelle énorme puissance procure l'emploi des vis, et l'on se rendra compte par là de la résistance qu'opposent quelquefois les tubes à leur arrachement.

Il est souvent utile de remonter du fond du trou des fragments de roches assez gros pour permettre d'en reconnaître la stratification, l'inclinaison des couches tendant à faire dévier la sonde de la direction verticale, qu'il est toujours essentiel de conserver. Dans ce but, M. Mulot descend au fond du trou une espèce de trépan en couronne, dont le mouvement de rotation produit une entaille circulaire laissant au milieu un téton, qu'une pince à charnière va ensuite arracher, et qu'on remonte avec beaucoup de soin, pour qu'il conserve aux couches la même direction qu'au fond du trou.

Autrefois, les élargissoirs ou alézoirs destinés à grandir et à dresser le trou étaient d'une seule pièce, et l'usure de leurs arêtes les mettait rapidement hors de service. M. Mulot les a remplacés par des alézoirs dont les lames peuvent se remplacer, soit quand elles sont usées, soit pour augmenter le diamètre du trou ; on peut encore leur donner une certaine obliquité, pour former un alézoir conique, qui présente beaucoup d'utilité dans certains cas.

M. Mulot est le premier qui, dès 1827, ait fait usage de cuillers à soupape à boulet. Il les a depuis perfectionnées en les formant de plusieurs tubes vissés les uns au bout des autres, et portant plusieurs boulets à distance. Il en résulte qu'on ne remonte jamais une cuiller à vide, ce qui arrive fréquemment lorsque la cuiller n'est munie que d'une seule soupape ; car si un fragment de roche se place sous le boulet du bas, et empêche les autres débris de rester dans la cuiller, il est bien rare qu'il s'en place un en même temps sous le boulet du haut. Ces cuillers ont l'avantage de s'allonger à volonté. C'est ainsi qu'au puits de Grenelle, pour économiser les manœuvres qui étaient longues et dispendieuses, on descendait des cuillers de 20 à 25 mètres de longueur, et qu'on nettoyait le trou en une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

seule fois, aussi bien qu'on aurait pu le faire en six manœuvres avec des cuillers ordinaires.

Les tiges de pompes employées par M. Mulot pour les épuisements sont en bois, et raccordées comme les sondes à vis, au moyen de viroles filetées qui en enveloppent les extrémités contiguës. Dans cette condition ces tiges ne peuvent pas prendre de jeu dans leur assemblage; M. Mulot applique encore cette disposition de virole extérieure filetée, à l'assemblage des tubes en fonte douce.

A mesure qu'on retire la sonde du trou, il faut en démonter successivement les diverses tiges, et pour cela, il est indispensable de retenir suspendue la portion de la sonde restée dans le trou. Pour y parvenir rapidement et avec sécurité, M. Mulot a fait usage d'un appareil plus connu en théorie qu'en pratique sous le nom d'*encliquetage Dobo*. Il consiste en deux segments de cercle, montés excentriquement en face l'un de l'autre, de manière que leur mouvement de rotation vers le bas diminue graduellement l'espace qui les sépare, et que cet espace augmente en les faisant mouvoir vers le haut. Si donc on suppose la tige de la sonde placée entre ces deux segments, ils s'écarteront l'un de l'autre, lorsqu'on tendra à la soulever, et lui livreront passage. Si, au contraire, on la laisse livrée à son propre poids, les deux segments se rapprocheront, s'arc-bouteront contre elle, et la serreront d'autant plus que le poids de la sonde sera plus considérable, condition qui oppose un obstacle invincible à sa descente, et permet de démonter facilement les portions de la tige amenées au-dessus de l'encliquetage.

Les dispositions mécaniques employées par M. Mulot, soit pour monter, soit pour descendre la sonde, sont d'une extrême simplicité; car lorsqu'il s'agit de sondages ordinaires et à bras d'hommes, l'appareil se compose d'un treuil en bois, sur lequel s'enroule une chaîne qui passe dans des poulies pour faire moufle.

Pour agir par percussion, un simple levier soulève la sonde et la laisse retomber.

L'équipage de sonde établi au puits de Grenelle comportait un manége disposé de manière à monter la sonde ou à la faire tourner, disposition qui économise un emplacement considérable, en supprimant la nécessité d'un second manége.

M. Mulot a commencé ses travaux de sondage en 1825, à Epinay, chez madame de Groslier. C'est le premier sondage fait dans le département de la Seine. Il donne de l'eau jaillissante au-dessus du sol à 17 mètres des basses eaux de la Seine.

Depuis cette époque, M. Mulot a exécuté, soit par lui-même, soit par ses fils, deux cent cinquante sondages importants, tant en

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

France qu'à l'étranger ; et si l'on y comprenait les travaux de simple exploration, ces sondages dépasseraient un millier. M. Mulot est le seul sondeur qui puisse dire qu'il n'a jamais renoncé à un sondage que du consentement du propriétaire, qu'il n'a reculé devant aucun obstacle, et qu'il a surmonté toutes les difficultés qui se sont présentées, fréquemment à ses propres dépens.

Parmi les nombreux sondages exécutés par M. Mulot, je citerai les onze puits jaillissants de Saint-Denis, les dix puits du même genre obtenus à Elbeuf, ceux qu'il a forés tant à Tours que dans les environs, où il a obtenu des masses d'eau assez considérables pour servir de force motrice dans plusieurs manufactures, et enfin le puits de l'abattoir de Grenelle, percé à 558 mètres de profondeur, et dont les eaux s'élèvent à plus de 33 mètres au-dessus de la surface du sol.

Un vote du conseil municipal de Paris vient d'affecter une somme de 400,000 fr., pour la part de la ville, dans le creusement d'un autre puits artésien au Jardin des Plantes, et a désigné M. Mulot pour l'exécution de ce travail. En ne mettant pas ce puits en adjudication, le conseil municipal a voulu reconnaître le désintéressement de M. Mulot, qui avait refusé une indemnité de 40,000 fr. montant des dépenses qu'il a faites personnellement pour l'achèvement du puits de Grenelle, en dehors de l'allocation votée pour le percement de ce puits.

L'intention du conseil est que le puits du Jardin des Plantes soit percé à la profondeur de 8 à 900 mètres, dans le but d'obtenir des eaux plus abondantes et plus chaudes encore que celles qui coulent à Grenelle (1) ; de pouvoir, au moyen de la circulation de cette eau, non seulement remplacer le chauffage des serres, et celui des loges des animaux qui vivent dans un climat plus chaud que le nôtre, mais encore fournir des bains chauds aux hospices environnants, la Pitié et la Salpêtrière ; établir des lavoirs publics clos, où l'eau, d'une température constamment chaude, ferait disparaître toute espèce de danger pour la santé d'une nombreuse classe de femmes occupées sur les bateaux au travail du blanchissage. Enfin, on pourrait également par ce moyen chauffer en hiver les salles d'asile, et établir des bains chauds publics pour la classe indigente dans le quartier Mouffetard, où cette institution serait un bienfait inappréciable.

M. Mulot, voulant toutefois utiliser la nappe d'eau atteinte par le puits de Grenelle, a l'intention de commencer son sondage à un

(1) On sait que la température des couches terrestres s'élève graduellement à mesure qu'on descend plus profondément.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mètre de diamètre, et d'amener cette eau à la surface du sol entre deux tubes, dont le tube central serait seul descendu jusqu'à la profondeur demandée.

Il se propose d'employer une machine à vapeur comme force motrice, et de se servir, pour tiges de sondes, soit de fer plein, doublées de bois de faible densité, soit de tubes ordinaires assemblés à vis et remplis de liége, afin de déplacer, la force des tiges restant la même, un volume d'eau considérable, pour diminuer d'autant le poids de ces tiges dans le trou de sonde, qu'il est utile de maintenir toujours plein d'eau.

Il a également l'intention de se servir, pour nettoyer le trou de sonde, du procédé chinois dont je parlerai plus loin, avec la cuiller à soupape à boulets, suspendue à une corde moitié chanvre, moitié fil de fer, ainsi que pour opérer dans les *sables tertiaires de l'argile plastique* et dans les *sables des grès verts inférieurs à la craie*, dont les travaux du puits de Grenelle ont fait connaître l'énorme épaisseur dans le bassin parisien.

Les notes que m'a remises M. Degousée ne sont pas, en certains points, aussi explicites que celles de M. Mulot. Elles se rattachent plus aux conditions générales des sondages qu'aux conditions particulières dues à M. Degousée lui-même, de sorte qu'il m'est très difficile de faire ici sa part et celle des autres. M. Degousée est assez riche de son propre fonds pour n'avoir pas beaucoup à perdre dans l'élimination que j'aurais désiré faire des conditions de sa pratique qu'il a pu emprunter à autrui.

La principale de ces conditions est l'emploi, pendant la plus grande partie du sondage, de colonnes de tuyaux descendant avec lui et destinées à prévenir les éboulements dans le trou de soude. A l'aide de cette méthode, on peut en quelques jours, avec une colonne de tuyaux et une soupape à boulet, traverser les terrains les plus coulants, eussent-ils une épaisseur de 20 mètres, tandis que si l'on ne descend les tubes qu'après l'attaque des sables, comme dans la méthode ordinaire, le succès du forage n'est rien moins que certain, et sa durée peut atteindre plusieurs mois.

C'est dans ce but que M. Degousée ne commence pas de forage sans joindre à l'équipage de sonde un ou plusieurs jeux de tuyaux. Chaque colonne de tubage rétrécissant le diamètre du puits au moins de la double épaisseur des tuyaux, il en résulte que la méthode de M. Degousée entraîne la nécessité de commencer le forage sur un plus grand diamètre que dans la méthode ordinaire, et c'est pour éviter autant que possible l'abandon de ces forges, lorsque des colonnes successives en ont rétréci le diamètre, que M. De-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

gousée s'est particulièrement attaché à l'emploi d'outils élargisseurs, destinés, comme ceux que j'ai décrits d'après les renseignements de M. Mulot, à augmenter le diamètre du trou de soude au-dessous des tubes pour pousser le plus loin possible la descente de ceux-ci, avant de rétrécir le trou par la descente d'une nouvelle colonne de tubes.

Il désigne, sous le nom de trépan élargisseur, un outil agissant par percussion, et dont l'extrémité est une espèce de ciseau très fort. Deux lames latérales sont articulées au-dessus, leur extrémité inférieure tendant à s'écarter du ciseau sous l'impulsion de deux ressorts qui cèdent pendant le passage de l'outil dans le tube. Le trépan, arrivé au-dessous de la colonne de tubes, reçoit un mouvement vertical alternatif, accompagné d'un mouvement de rotation qui fait parcourir aux lames latérales tous les points de la circonférence du trou, qu'elles élargissent suffisamment pour permettre la descente ultérieure de la colonne de tubes, qui peut filer ainsi tant que la pression latérale n'est pas trop forte. Ce trépan s'emploie dans les couches de roches; mais, lorsqu'à la base de la colonne il rencontre soit une couche de craie, soit une couche de marne ou d'argile, M. Degousée emploie un outil qu'il appelle une *patte d'écrevisse*, parce qu'il est effectivement formé de deux mâchoires ayant cette forme, articulées à leur extrémité supérieure, et tendant à s'écarter sous l'action de ressorts qui, comme pour le trépan, cèdent pendant le passage de l'outil dans le tube.

Plus récemment, M. Degousée a renversé les conditions de cet outil en plaçant en bas l'articulation des branches de la patte d'écrevisse, et en déterminant leur écartement dans les conditions employées par M. Mulot depuis 1827, c'est-à-dire en faisant descendre entre elles, au moyen d'une vis, un cône qui augmente de plus en plus cet écartement. Il a également fait l'application de ce cône aux branches d'un trépan destiné à agir par percussion.

Dans la partie supérieure du trou de sonde, M. Degousée fait usage d'une tarière terminée par une lame contournée en hélice et plus étroite à l'extrémité qu'au point où elle se joint à un tube renfermant une soupape à boulet. Cette tarière se manœuvre en rodant. Sa pointe remue les sables entassés, et l'hélice les force à remonter jusque dans le tube en soulevant le boulet, qui s'oppose à leur chute lorsqu'on remonte l'outil.

M. Degousée retire quelquefois les tiges de sonde brisées au moyen de la caracolle, lorsque la rupture a eu lieu au-dessus d'un épaulement d'assemblage. Dans ce but, il fait tourner la caracolle au-dessous de cet épaulement jusqu'à ce que la tige occupe tout

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'intervalle qui sépare deux révolutions de la caracolle, intervalle qui, comme celui d'un ressort de montre, va toujours en diminuant de la circonférence au centre. Cette condition permet alors de remonter la tige, dont l'épaulement s'appuie sur les contours de la caracolle.

Lorsque la tige est cassée au-dessous de l'épaulement, M. Degousée se sert aussi de la cloche taraudée décrite plus haut; mais il y adapte quelquefois un gobelet renversé d'un plus grand diamètre, au moyen duquel il a plus de chances de coiffer la tige.

Il se sert aussi quelquefois d'un outil, qu'il appelle *cloche à galets*, qui est ici une nouvelle application du principe de l'encliquetage Dobo. Il se compose d'une cloche, dans l'intérieur de laquelle sont deux segments de cercle mobiles sur un axe horizontal, mais non concentrique à leur circonférence, qui est dentelée comme un rochet. Lorsqu'on coiffe la tige cassée avec cette cloche, les segments se meuvent de bas en haut et laissent passer la tige; mais si l'on fait remonter l'outil, les segments se rapprochent; leur denture s'imprime dans la tige, et la serre d'autant plus que la résistance que toute la masse oppose à son soulèvement est plus grande.

L'arrachement des tuyaux ou leur section s'opère souvent au moyen d'un même outil, dont la base est une masse en fer terminée par un cône. Dans cette masse sont pratiquées deux cavités horizontales qui reçoivent diverses pièces mobiles autour d'un boulon vertical. Il résulte de cette disposition qu'en faisant tourner l'outil dans un sens, les pièces mobiles restent dans leur cavité, d'où elles sortent si on fait tourner l'outil en sens contraire. Ces pièces peuvent être à volonté des outils tranchants pour couper le tube, ou des griffes qui, se plaçant dans la section faite par les premiers, permettent l'enlèvement de la portion supérieure de la colonne, ou enfin de forts crochets venant se placer sous l'extrémité inférieure de la colonne, si on veut enlever celle-ci tout entière. Le même outil peut encore servir d'élargisseur du trou de sonde.

Avant de descendre une colonne de tuyaux, il est important de s'assurer que le sondage est parfaitement vertical et cylindrique, et qu'il n'est resté dans les parois des roches traversées aucune esquille pouvant faire obstacle à la descente des tuyaux. Pour y parvenir, M. Degousée se sert d'un outil d'environ 2 mètres de hauteur, formé d'une forte barre de fer centrale portant à ses deux extrémités deux rondelles. Quatre barres de fer aciéré, présentant une courbure d'un assez grand rayon, sont fixées autour de ces rondelles au moyen d'écrous. On descend l'outil dans le trou de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sonde, qui s'équarrit parfaitement au moyen d'un mouvement de rotation imprimé à l'outil.

M. Degousée signale un avantage important dans l'emploi de cet équarrissoir : c'est que, lorsque l'angle de l'une de ses tiges est usé, la seule tige à réparer est mise au feu, tandis que précédemment il fallait une espèce de four à réverbère pour chauffer tout l'outil, qui, après plusieurs épreuves semblables, est mis hors de service. Enfin le même équarrissoir peut servir à plusieurs diamètres. Il suffit pour cela de changer les rondelles.

Nous avons vu plus haut que l'équarrissoir à lames de rechange de M. Mulot peut atteindre les mêmes résultats.

Les tuyaux de retenue employés par M. Degousée sont assemblés par des colliers en tôle qui enveloppent l'extrémité supérieure de l'un et l'extrémité inférieure de l'autre, extrémités qui doivent être exactement en contact sur toute la circonférence pour éviter, lorsqu'on enfonce la colonne à coups de mouton, qu'elle se déforme aux points de jonction.

Les colliers sont fixés après les tubes au moyen de rivets, dont la tête, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, est en goutte de suif : à l'extérieur, pour qu'une trop grande saillie de ces rivets ne gêne pas la descente de la colonne ; à l'intérieur, pour que l'outil qui travaille dans le trou de sonde ne puisse porter sur les têtes de ces rivets, les détacher, et, par suite, déchirer les tôles.

Cet assemblage s'exécute d'abord dans l'atelier sur plusieurs bouts, formant ainsi des sections d'environ 6 mètres de longueur. Ces sections sont réunies sur place par les moyens suivants : Lorsque la portion déjà descendue de la colonne de retenue n'a plus qu'un mètre hors de terre, on l'empêche de descendre au moyen d'un fort collier en bois qui repose sur le plancher placé au-dessus du trou ; on ajuste au-dessus une nouvelle section de tubes, dont la partie inférieure porte le collier déjà rivé après elle, et qui est percée à l'avance de trous correspondant à ceux du tuyau inférieur. Un ouvrier, placé au haut de la colonne, y descend alors un boulon taraudé, terminé par un petit crochet qui permet de le suspendre à une ficelle. Un autre ouvrier, placé à la hauteur de la frette, introduit, par l'un des trous, un crochet en fil de fer qui saisit la ficelle, et l'attire à travers le trou, puis après elle le boulon. Lorsqu'il tient celui-ci, il coupe la ficelle, qui est remontée pour y accrocher un nouveau boulon. Pendant ce temps, l'ouvrier visse l'écrou sur le boulon placé, le serre fortement, abat avec une scie le crochet, et rive ensemble le boulon et l'écrou. Cette opération

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

se répète pour chacun des rivets qui doivent réunir deux sections de tuyaux.

Plus récemment, M. Degousée a imaginé, pour maintenir à l'intérieur la tête du rivet pendant qu'on le rive à l'extérieur, de descendre au point convenable une espèce de cône sur l'arrête duquel glisse une pièce de fer guidée par une tige, et qui vient s'appliquer contre la tête du rivet, qu'elle soutient contre la poussée du marteau.

M. Mulot se contente, pour cette opération, de tarauder les trous de la frette et du tuyau, et d'y visser des tiges de fer taraudées qu'il coupe et qu'il rive sur place.

Les mêmes conditions d'assemblage s'appliquent aux tuyaux d'ascension.

Dans les sondages profonds où les roches nécessitent un battage constant, la tige de sonde, en frappant les parois du forage, les dégrade et creuse de grandes cavernes, ou, si ces parois sont garanties par des tuyaux, ne tarde pas à détérorier ceux-ci. D'un autre côté, les tiges, en acquérant une masse et une longueur trop considérables, se courbent par leur propre poids et par l'effet de chocs trop violents.

Lorsque les cavernes qu'elles ont creusées latéralement augmentent d'étendue, les courbures et les oscillations des tiges y acquièrent une très grande amplitude, circonstances qui amènent des ruptures si compliquées des tiges qu'on est quelquefois obligé d'abandonner le travail.

Ces graves inconvénients ont disparu dans les dispositions imaginées par M. d'OEynhausen, ingénieur allemand, qui en a fait la première application au sondage de Neusalzwerk (Prusse), dans lequel les oscillations latérales des tiges corrodaient tellement les couches tendres déjà traversées, que le diamètre du trou, foré primitivement a 0m,10, s'y trouvait augmenté jusqu'à 0m,30 et au-delà, et que les ruptures de tiges étaient tellement fréquentes, qu'on fut souvent sur le point d'abandonner le forage.

Dans ces dispositions, la tige de sonde se divise en deux parties. La portion inférieure est, par son poids, entièrement indépendante de la portion supérieure. Elle peut, toutefois, varier de poids, et on lui donne celui qui convient à la nature des terrains à attaquer, soit en frappant, soit en rodant. Son extrémité supérieure a la forme d'un T dont la tête est engagée dans une assez longue mortaise longitudinale pratiquée dans la dernière tige de la partie supérieure de la sonde, de manière que quand l'outil touche le fond du trou, cette partie supérieure peut encore descendre en glissant le long de la tige verticale du T qu'elle reçoit dans un trou carré, tandis que

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

la tête de ce même T, ne pouvant passer par ce trou, sert à remonter l'outil et la portion de sonde qui lui appartient.

On conçoit que, lorsqu'il s'agit de battre le fond du trou, si, de quelque hauteur qu'on laisse tomber l'outil, on s'arrange de manière à retenir la tige supérieure de la sonde au-dessus du point où le haut de sa mortaise viendrait toucher la tête du T, le choc de l'outil contre le fond du trou ne produira aucun ébranlement dans cette portiou supérieure de la tige, et qu'il n'en pourra résulter aucun des inconvénients signalés plus haut.

La portion inférieure de la tige se trouve, il est vrai, soumise à l'ébranlement produit par le choc de l'outil ; mais elle n'a jamais une longueur assez grande, même dans les sondages les plus profonds et les terrains les plus durs, pour se rompre, et même pour se courber d'une manière nuisible au forage.

Le mouvement de rotation donné à la tête des tiges se transmet à l'outil, malgré l'indépendance partielle des deux portions de tige, parce que l'engagement du T dans l'extrémité inférieure de la première rend les tiges solidaires dans le mouvement de rotation imprimé à l'une d'elles.

On pourrait penser, au premier aperçu, que les avantages que je viens de signaler sont compensés en partie par un inconvénient, celui de rendre inutile, dans l'action exercée par le choc de l'outil, toute la quantité de mouvement que recèle la partie supérieure de la tige à l'instant où la chute de la sonde se termine. Cette perte est réelle ; mais, loin d'être un inconvénient, elle n'offre que des avantages. L'expérience indique, en effet, que la quantité de mouvement nécessaire à l'action la plus utile de l'outil a une limite qui est considérablement dépassée dès que le sondage acquiert une certaine profondeur. Quand cette limite est dépassée, l'excès de la quantité de mouvement, loin de servir aux progrès du forage, a pour effet de détruire le nerf des tiges, de faire jouer les vis dans leurs écrous, de courber les tiges, de les faire battre contre les parois, de les rompre, etc., etc.

On conçoit, d'ailleurs, que cette disposition permet de régler la puissance du choc de l'outil par l'allongement ou le raccourcissement de la tige inférieure, et qu'on peut en outre réduire considérablement le poids de la tige supérieure.

Au surplus, les faits suivants sont plus concluants que tous les raisonnements.

Le forage, qu'on ne pouvait continuer avec l'ancien système, lorsque l'outil n'avait encore atteint que la profondeur de 263 mètres, est parvenu sans accident jusqu'à celle de 403 mètres. Une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

grande économie dans le travail résulta immédiatement de la diminution du poids des tiges. Dès l'origine, on donna 93 mètres à la tige supérieure, et 170 mètres à la tige inférieure ; on conserva aux barres de cette dernière $0^m,052$ d'équarissage, mais on réduisit immédiatement à $0^m,026$ l'équarissage de la tige supérieure. La diminution de son poids, par mètre courant, fut de $17^k,50$, et la diminution totale du poids de la sonde fut, dès l'origine, de 1,760 kil.

Plus tard, on acquit la conviction que la tige inférieure pouvait être encore considérablement raccourcie, sans que l'outil perdît rien de son action sur le terrain ; à une profondeur de 310 mètres la tige inférieure était déjà réduite à 96 mètres.

Enfin, lorsque le soudage fut parvenu à 403 mètres, la longueur de la tige inférieure variait seulement entre 37 et 47 mètres, en sorte que la tige supérieure avait toujours au moins 356 mètres. Dans l'ancien système, le poids total des tiges eût été de 10,144 kil. Dans le nouveau système, ce poids était réduit à 3,405 kil., et par conséquent sa diminution s'élevait à 6,739 kil.

M. Degousée, pénétré des avantages des dispositions que je viens de décrire, s'est empressé de les appliquer à ses sondages, en les modifiant d'une manière très ingénieuse, pour diminuer, autant que possible, l'effort nécessaire au relèvement de la sonde dans les battages.

Dans ce but, il a disposé un levier d'environ 10 mètres de longueur, pouvant se mouvoir dans le sens vertical, et dont le petit bras supporte l'extrémité de la sonde, tandis que le grand bras reçoit un contre-poids qui équilibre le poids de la portion supérieure de celle-ci, dont la tête s'élève à une petite distance au-dessus de ce même levier pour s'articuler à un autre levier dont le grand bras reçoit un mouvement alternatif des cames d'un treuil. La sonde, soulevée par les cames, retombe, entraînant dans sa chute le premier levier, qui fait l'office d'un balancier ou d'une romaine. Mais, aussitôt que l'outil foreur a frappé le fond du sondage, le balancier, violemment dérangé de sa position normale, tend à la reprendre ; le contre-poids, pesant sur son grand bras, réagit, à l'autre extrémité, sur la sonde entière, qu'il redresse instantanément, de sorte que le fouet des tiges devient impossible.

En combinant les choses de manière que le balancier tienne en équilibre toute la partie supérieure des tiges au-dessus de la coulisse de M. d'Œynhausen, il arrive, pendant le travail, que chaque fois que l'outil touche le fond du trou, le balancier tient cette partie suspendue. Le treuil n'a plus alors à soulever que la partie infé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rieure à la coulisse, et par là son action devient beaucoup plus facile et plus simple.

Pour faciliter l'action du balancier lui-même, M. Degousée a imaginé de composer la partie supérieure des tiges en bois ou en fer creux. Les tiges en bois ne peuvent, à la vérité, servir au rodage; mais elles peuvent avoir un grand diamètre, et elles perdent dans l'eau une partie de leur poids égale au volume d'eau qu'elles déplacent, et, dans les battages, elles permettent de diminuer considérablement le contre-poids qui les équilibre.

Les tiges en fer creux permettent le battage et le rodage, et leur volume peut être tel par rapport à leur poids qu'elles perdent dans l'eau la moitié de celui-ci. Mais, sous la pression énorme qu'elles éprouvent à de grandes profondeurs, il est bien difficile de rendre leur assemblage assez étanche pour empêcher l'eau de s'introduire dans leur intérieur, et par conséquent d'augmenter d'autant le poids à soulever.

J'avoue que, sous ce rapport, je donnerais la préférence aux tiges de fer revêtues de bois, ou aux tiges en fer creux remplies de liége imaginées par M. Mulot.

Les travaux de sondage exécutés par M. Degousée sont considérables : au 15 mai 1844, leur nombre s'élevait à 333, mesurant en profondeur 19,014 mètres, ayant coûté 1,246,288 fr., donnant, pour prix moyen du mètre, 65 fr. 60 c.

Les résultats obtenus à cette époque par M. Degousée étaient :

75 fontaines jaillissantes,

49 puits intarissables,

24 exploitations de mines, ou carrières souterraines,

10 puits absorbants.

111 sondages pour exploration de terrain, etc.

24 sans obtenir les résultats cherchés. Une partie de ces insuccès doit être attribuée au manque de persistance des propriétaires.

10 sondages enfin étaient en cours d'exécution.

J'ai parlé plusieurs fois du sondage chinois; et vos lecteurs ne me pardonneraient pas sans doute de négliger de leur en faire connaître les conditions.

Malheureusement, il ne m'a pas été donné d'en voir l'outillage, et encore bien moins l'application ; et je n'ai à cet égard d'autres renseignements que ceux publiés par M. Jobard, de Bruxelles, qui non seulement considère cette méthode comme la meilleure, mais qui encore ne comprend pas qu'on puisse raisonnablement recourir à une autre. C'est donc à M. Jobard que je vais en emprunter la description.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'originalité des arguments de M. Jobard, et sa verve dans la discussion, me font, en outre, un devoir de conserver à mon analyse le plus qu'il me sera possible du caractère de l'auteur. C'est donc presque toujours lui qui parlera dans les descriptions qui vont suivre, et que j'emprunte à son Compte-rendu de l'exposition de 1839.

Énumérant les appareils du sondage ordinaire, M. Jobard les décrit ainsi :

« MM. Mulot et Degousée se sont mis à pratiquer à l'envi des jeux d'outils tellement gigantesques, tellement nombreux et variés, que Jules Janin feignait de les prendre pour les nécessaires de Briarée et de Polyphème. Figurez-vous en effet des espèces de cure-oreilles de quatre à cinq quintaux, des arrache-poils gros comme le corps, et des cuillers de douze pieds de hauteur et d'un pied de diamètre; des tire-bouchons que quatre hommes ne porteraient pas, des ciseaux, des tenailles, des forets à l'avenant. Ajoutez-y les énormes encliquetages à la Dobo, les tourniquets, les clefs et tout l'attirail de rechange pour chaque espèce de terrain, et chaque variation dans le diamètre du trou, sans oublier les outils d'accident ou de reprise, et vous en aurez dix fois plus qu'il n'en faut pour faire désespérer de posséder jamais un équipage de sonde au grand complet, coûtât-il 80,000 fr.

» Il faut néanmoins rendre justice à l'intrépidité ou plutôt à la témérité de ces hommes, qui, après s'être rendu compte des contresens que présente un procédé dont les difficultés croissent en progression géométrique de l'avancement des travaux, n'ont pas reculé tout d'abord ou cherché quelque moyen plus rationnel d'arriver au but.

» Mais on dirait vraiment que personne n'a pris la peine d'y penser un instant.

» Le premier qui aura vu un ouvrier forer, avec une tarière, un trou dans une pièce de bois, n'aura pas eu plus d'efforts de génie à faire que l'inventeur du mortier monstre; c'est-à-dire qu'il lui a suffi d'augmenter les dimensions de la vrille pour percer la terre, sans songer que cette vrille doit augmenter d'épaisseur à mesure qu'elle s'allonge, ce qui ne l'empêche pas de se tordre en forant et de fouetter en frappant, bien qu'elle pèse de 15 à 20,000 kilogrammes, pour atteindre à une profondeur de 4 à 500 mètres. Jugez de l'épaisseur des barres de fer, et des difficultés que l'on éprouve à faire danser une tige de 20,000 kilogrammes, à assembler et à désassembler des tiges de cinquante pieds, vissées bout à bout, et ce, à peu près tous les jours, pour opérer le nettoyage du trou, dont on ne ramène quelquefois rien du tout.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

. . . . . .

» Comme l'histoire de l'introduction en Europe de cette importante invention (le sondage chinois) est chose assez curieuse, et que personne ne la connaît aussi bien que nous, on nous permettra d'entrer dans quelques détails à ce sujet.

» Vers 1824 ou 1825, deux jeunes élèves des missions de Paris, s'apprêtant à partir pour la Chine, avaient prié un de nos confrères, M. Motte, de leur donner quelques leçons de lithographie, afin d'emporter dans le céleste empire une découverte qui est appelée à lui faire subir une révolution semblable à celle que la typographie a perpétrée en Europe.

» Ces jeunes abbés demandèrent, à leur départ, à M. Motte, ce qu'il désirerait qu'ils lui envoyassent de là-bas. M. Motte leur répondit qu'il voudrait bien avoir un peu d'encre de la *petite vertu chinoise*. Pour nous qui savons la faire (1), nous recommandâmes à ces messieurs de s'occuper surtout des procédés industriels de ce peuple, qui nous a toujours semblé plus avancé et plus sage qu'on ne le croit en Europe.

» Mais deux ans plus tard, M. Motte, qui ne s'y attendait guère, reçut une boîte d'encre de Chine, première qualité. Ce fut le même navire qui apporta les premières nouvelles des puits de sel et de gaz, nouvelles que nous publiâmes dans *l'Industriel*, et qui furent traduites dans toutes les langues de l'Europe.

» Voici comment s'exprime, au sujet de cette lettre, l'homme le plus compétent en fait de puits forés, M. le vicomte Héricart de Thury, dans ses *Considérations géologiques :*

« On voit que l'abbé Imbert a recueilli de bonne foi, mais sans » discernement, tous les détails qui lui ont été donnés, et que, ne » pouvant en vérifier l'exactitude, il a dû nécessairement être induit » en erreur. Quoique les procédés soient mal décrits, cela suffit » néanmoins pour être convaincu que les Chinois connaissent de- » puis longtemps l'art de forer les puits avec la sonde du mineur. » Mais il est difficile de croire qu'avec une sonde telle que l'a » décrite M. l'abbé Imbert, on puisse forer à 1000, 2000, 3000 » pieds, et même au-delà. Je pense qu'il y a erreur dans ce nombre,

(1) « Dans les nombreux essais de cuisine chimique que nous avons été obligé de faire pendant les quinze années que nous avons consacrées au perfectionnement de la lithographie, il nous est arrivé de découvrir ce que pas un chimiste n'avait trouvé jusque là, c'est que l'encre de Chine véritable n'est pas autre chose qu'un savon de gomme laque. Nous n'en dirons pas davantage pour les bons entendeurs. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

» ou que les Chinois sont beaucoup plus avancés que nous dans cet » art. »

» On voit que l'opinion du savant spécial en fait de puits forés n'était pas de nature à encourager les amateurs à avoir foi dans les paroles de l'abbé Imbert, et nous pensons que celui qui, sur des lueurs aussi douteuses, a porté le sondage de la corde au point de perfection que nous allons décrire, peut réclamer sans remords de conscience les trois quarts au moins de l'invention; surtout pour l'avoir rendue applicable à toute espèce de terrains, sans reculer devant la condamnation si précise de ce procédé, ni devant les nombreux obstacles qui lui ont été suscités, tant par les hommes du génie qui n'en avaient guère, que par les journalistes qui n'en avaient point.

» Le père Langlois, supérieur du collége des missions, rue du Bac, ayant fait connaître à l'abbé Imbert les doutes que les savants élevaient sur sa véracité, l'abbé Imbert répondit, en somme, qu'il était peiné de ces soupçons injurieux, et que, craignant de s'être trompé, il venait de faire exprès un nouveau voyage aux puits salants, pour vérifier ses premières mesures. Voici ses propres termes :

« Le cylindre ou tambour, sur lequel s'enroule la corde de *ro-* » *tangh*, qui sert à remonter le bambou plein d'eau salée, a 50 » pieds de circonférence; la corde s'enroule soixante-deux fois au- » tour de cylindre, comptez vous-même. »

» Lorsque M. Langlois nous montra cette réponse, nous venions lui faire part nous-même des essais que nous avions tentés sur la parole de M. Imbert, essais qui nous avaient pleinement confirmé la bonté de l'invention.

» Ceci se passait en 1830, et notre premier puits a été exécuté en 1828, près de Marienbourg, dans un banc de phylade, ou ardoise dure. Quand nous eûmes atteint une profondeur de 75 pieds, éprouvé l'accident de la rupture de la corde, nous eûmes la pleine conviction que si les outils que nous avions imaginés n'étaient pas exactement semblables à ceux des Chinois, ils *vidaient* également bien leur tâche.

» Nous sommes persuadé que cette méthode est appelée à devenir aussi populaire en Europe qu'elle l'est dans la province de *Ou-Tong-Kiao*, où il existe, au dire du père Imbert, qui n'est point un imposteur, *quelques dizaines de milliers de puits* d'huile, de sel, d'eau et de feu, dans un espace de dix lieues, sur quatre à cinq de large.

» La postérité sera sans doute enchantée de connaître l'emplace-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment du premier puits chinois foré en Europe, et les archéologues pourront, à cette occasion, faire la remarque que cet essai nous a coûté plus de dix mille francs, dont le montant et les intérêts composés auraient fait la fortune de nos descendants. Nous profitons de l'occasion pour leur retenir une place à l'hospice des inventeurs ruinés, que la postérité finira par établir un jour. »

Ici M. Jobard raconte qu'en 1830, sur l'invitation de M. de Humboldt, il fait connaître à l'Académie des sciences de Paris les procédés qu'il avait appliqués.

« Malgré la publicité donnée à cette prise de date certaine, le baron de Sello, ingénieur des mines de Saarbruck, qui avait fait une tournée vers notre sondage, sans apercevoir néanmoins la forme de nos outils, en avait imaginé de fort défectueux, qu'il se hâta de publier, dans le seul but d'assurer à son pays un titre à la revendication d'une industrie qui appartient sans contredit à la Belgique, comme on n'en doutera plus désormais.

» La publication précipitée du livre de M. de Sello donna à ses outils la plus funeste vogue; car tous ceux qui s'en servirent furent obligés d'y renoncer, et se formèrent une triste opinion du sondage chinois.

. . . . . .

» Nos outils ne sont à proprement parler qu'au nombre de trois : le *mouton*, l'*emporte-pièce* et l'*alézoir*.

» Le mouton de sondage est un cylindre en fonte de 20 centimètres de diamètre, plus ou moins, et d'environ 1 mètre de hauteur, pesant de 1 à 2 quintaux. Ce cylindre porte des cannelures extérieures de 1 centimètre de flèche et de 3 centimètres de corde. On réserve, dans la partie supérieure, un cône vide à base renversée, ce qui lui donne la forme d'un seau à parois épaisses, portant deux anses, l'une au-dessus de l'autre. Si la première, où se fait l'attache, vient à se rompre, la seconde sert à retenir la corde. La partie inférieure de l'outil est préparée pour recevoir différentes têtes et ciseaux d'acier, qui se fixent avec une large clavette transversale. Du reste nous recommandons de composer les outils du plus petit nombre de pièces possible ; car, si bien qu'on les attache, la percussion finit toujours par les détacher et les laisser au fond du trou. C'est faute d'avoir suivi ce conseil que beaucoup de forages ont été abandonnés, et entre autres celui de l'École militaire, entrepris par M. Selligue. Nous donnerons l'historique des énormités qui s'y sont commises, la publication des sottises accomplies étant à nos yeux beaucoup plus utile que celle des succès obtenus; comme une collection de machines manquées se-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

rait plus précieuse qu'une collection de bonnes machines, parce que les premières sont comme des manuscrits sans copie.

» Dans les entreprises industrielles, il est bon de connaître, avant de juger un procédé nouveau, si les essais ont été conduits avec prudence ou avec étourderie.

» Nous sommes persuadé, pour notre part, que les trois quarts des inventions échouent pour avoir été mises en œuvre par des individus n'ayant pas la moindre idée de ce qu'ils vont entreprendre, ni de la quantité de soins, d'attentions, de vigilance, qu'il faut apporter pour réussir dans le plus simple et le plus aisé, en apparence, des procédés mécaniques.

» Nous ne nous tromperions peut-être pas en attribuant la chute de presque toutes les sociétés formées pour l'exploitation d'un procédé industriel, à l'incapacité des faiseurs qui se sont mis à leur tête, soit comme directeurs, soit comme gérants. L'ignorance ne doute de rien. Un épicier, un avocat, un poëte, et le plus souvent un homme du monde, sans profession, se charge de conduire un atelier de machines, une exploitation houillère, une sucrerie, une fabrique de produits chimiques, un éclairage au gaz ou un sondage, avec un laisser-aller qui nous a souvent déconcerté, nous qui savons par expérience ce qu'il en coûte pour mener à bien la moindre opération manuelle en dehors de la routine ordinaire.

» La France n'est pas le seul pays où l'on semble avoir oublié qu'il ne faut pas mettre un danseur à la place d'un physicien, d'un dessinateur épuriste, qui sont à peu près les seules spécialités qu'on puisse indifféremment charger d'une branche quelconque de la manufacture, dont ils finiront toujours par se bien tirer; car ils savent du moins *expérimenter et prendre des mesures*... Mais ne nous écartons pas davantage; il y aurait trop à dire avant d'épuiser un pareil sujet.

» Le meilleur moyen de se procurer de bons moutons de percussion est de les fondre en coquille, tout d'une pièce, avec les anses en fer battu, prises à crochets dans la fonte. Ces anses doivent être très élevées pour faciliter l'extraction de la pierre moulue qui s'accumule dans la partie vide du mouton.

» La tête de l'outil doit former un champ de pointes pyramidales, d'un pouce au moins de saillie, et taillées en diamant pour mieux entamer la pierre. La fonte en coquille leur donne la dureté de l'acier trempé, et les fait tenir très longtemps. Un mouton de 300 kil. ne coûte pas 100 fr. Quand il est usé, la fonte sert à en faire couler d'autres. On peut donc en avoir plusieurs de rechange et modifier les têtes de toutes sortes de manières. Nous en avons essayé de sept

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou huit espèces qui, les unes et les autres, ont donné des résultats à peu près similaires, c'est-à-dire que la roche était creusée journellement à la profondeur d'au moins un mètre.

» Voici la méthode que nous avions adoptée pour faire jouer cet instrument. Un arbre fort long, dont le pied avait été solidement affermi par une charpente, se prolongeait obliquement à 12 ou 15 pieds au-dessus du trou de soude. Cette extrémité portait une poulie, sur laquelle passait la corde qui allait s'enrouler sur un treuil placé vers le pied de l'arbre. A l'autre bout de cette corde était le mouton, suspendu à 15 ou 20 pouces du fond du trou. En cet état, il suffit d'appuyer le pied sur l'extrémité de l'arbre-ressort, en se tenant sur un échafaudage, pour faire battre le mouton, qui se relève à l'instant par l'élasticité de l'arbre.

» Une autre manière, qui permet d'employer plusieurs hommes à la frappe, est de les faire travailler en tirant des cordes attachées à l'arbre.

» On peut aussi employer des pédales fixées par un bout sur des longrines de bois placées par terre. On peut encore, à l'aide du mécanisme fort simple d'une roue à cames, employer toutes sortes de moteurs à la frappe. Une petite machine portative, de 2 ou 3 chevaux, nous paraît ce qui conviendrait le mieux. On ne saurait convenablement adopter ce moteur au sondage à la barre à cause de la perte de temps qu'exigent le démontage et le remontage des tiges. On y emploie seulement quelquefois des chevaux en nature.

» Tandis qu'il faut quatre ou cinq heures pour retirer la sonde ordinaire, vider ou changer les outils et les redescendre, il ne faut que huit à dix minutes dans le sondage à la corde pour faire la même opération aux plus grandes profondeurs, opération qui se pratique ordinairement deux fois par jour dans l'ancien sondage, ce qui fait perdre huit heures sur vingt-quatre au moins.

» Avec le procédé chinois, l'avancement du travail est donc à peu près toujours le même à 100 pieds comme à 3,000 pieds. Il n'en est pas ainsi avec l'ancienne sonde, qui, faisant 25 pieds le premier jour, n'en fait plus que 3 à 500 pieds, et finit par faire à peine autant de pouces quand elle approche de 1,500 pieds.

» Au sondage chinois, le même nombre d'hommes suffit pour toutes les profondeurs, tandis qu'il semble s'accroître, pour le sondage ordinaire, dans la même proportion que l'effet utile tend a diminuer. M. Flachat y employait un régiment tout entier, bêtes et gens, à Odessa.

» S'il a fallu trois hommes le premier jour pour creuser 25 pieds,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

il en faudra cent plus tard pour creuser 3 pouces. Le sondage à la barre est un péché continu contre le bon sens.

» Voici maintenant ce qui se passe au fond d'un puits creusé dans le roc par le nouveau procédé : le mouton, tombant vingt-cinq à trente fois par minute de 2 à 3 pieds de haut, brise et pile la pierre assez promptement.

» La poussière qui en résulte tendrait bientôt à amortir le coup, s'il n'y avait pas d'eau dans le puits ; mais il y en a toujours, sinon l'on doit y en jeter.

» L'eau et la poussière forment donc un magma, un mortier ou une boue, qui jaillit par les cannelures tracées autour du mouton. Cette boue retombe nécessairement sur la tête du mouton, et comme elle est creuse, il y en entre une partie à chaque coup. Cette poudre de pierre se tasse dans l'intérieur du cône par le travail, au point qu'on est quelquefois obligé d'employer la force pour en retirer le pain de sucre pierreux qui s'y trouve concrété après quelques heures de frappe.

» Ne pas retirer l'instrument à moitié plein, et ne pas travailler plus longtemps qu'il ne faut pour l'emplir, paraissait un problème fort utile et fort difficile à résoudre. Rien n'était plus simple cependant, et c'est cette simplicité que nous avons voulu donner à tous nos outils pour leur conserver le caractère de naïveté chinoise, qui est le propre de toutes les inventions bien étudiées avant d'être mises en œuvre.

» Décrire toutes les extravagantes complications qui nous sont passées par l'esprit avant d'arriver là remplirait plusieurs in-folio (1).

» Pour revenir à notre problème, nous dirons qu'il suffit de faire une marque sur la sonde avec de la craie au niveau de la margelle du puits.

» En continuant de travailler, la marque descend petit à petit, et lorsqu'elle est arrivée 6 pouces plus bas, on est en droit de se dire : il y a 6 pouces de matière passée de dessous l'outil au-dessus ; et,

(1) « Nous rappelons, à ce propos, qu'il ne nous a pas fallu moins de deux ans de réflexions avant de trouver le moyen d'opérer la dégradation insensible d'un ciel tracé par des lignes parallèles sur une pierre lithographique. Que de chemin n'avons-nous pas dû parcourir avant d'arriver au plomb de chasse que nous avions sous la main !

» Chaque ligne, en recevant le poids d'un grain de plus, faisait pénétrer insensiblement la pointe dans la pierre, et les ciels se teintaient de la sorte mécaniquement et d'une admirable manière. On peut voir cet effet dans la gravure du palais d'Amsterdam. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

comme on sait bientôt quelle est la contenance de l'instrument, on le retire tout juste quand il est plein. Cette indication ne saurait tromper.

» Il est bon, avant de retirer le mouton, de le laisser en repos pendant une ou deux minutes pour permettre aux plus lourdes molécules de boue qui se trouvent en suspension dans le fond du puits de se déposer dans le seau ; mais il faut bien se garder de la laisser tout au fond pendant longtemps, car le mouton pourrait se trouver incrusté. Il suffit de le relever de 7 à 8 pouces plus ou moins.

» *L'emporte-pièce*. Voici l'instrument le plus compliqué de notre système, et cependant on verra combien il est encore simple et peu coûteux. Le mouton parait suffire aux Chinois qui ne travaillent que dans la roche du canton d'*Ou-Tong-Kiao*, où ils forent des puits de 1,800 pieds pour la somme de mille et quelques cents taëls, équivalente à 10,000 fr. de notre monnaie... Le mouton, disons-nous, qui leur suffit pour traverser les terrains durs, assez solides pour ne pas exiger de tubage, ne vaudrait rien dans les argiles plastiques et les sables boulants. Il a donc fallu trouver un outil approprié à cette espèce de terrains. Nous sommes tombé d'abord sur un cylindre à soupape qui doit avoir été inventé par tout le monde, mais dont on ne comprend pas bien l'effet. En voici un exemple :

» M. Alvin, qui conduisait notre forage de Marienbourg, ayant laissé tomber le trépan au fond du puits, était parvenu, en essayant de le retirer, à produire un éboulement qui avait enterré cet outil sous 12 pieds de galets roulés, dont plusieurs avaient la grosseur du poing.

» Il nous écrivit pour nous informer de la piteuse circonstance qui le forçait à réclamer assistance.

» Nous partimes aussitôt, et grâce au cylindre à soupape que nous fimes jouer sur l'éboulement, nous parvinmes, en moins de huit heures de travail, à enlever tout ce dépôt et à saisir le trépan par une de ses anses de réserve, que la prudence nous avait inspiré d'y placer pour ne pas être obligé, comme les Chinois, à piler notre outil dans son trou.

» Un vieux sondeur à la barre qui, à un quart de lieue de nous, était occupé à un autre forage, était présent quand nous vidions notre outil à soupape. Son étonnement fut au comble lorsqu'il en vit sortir jusqu'à 15 à 20 livres de gros cailloux, lui qui n'avait jamais pu retirer de ses trous que de la poudre de pierre concassée. Il conçut dès lors une si haute opinion de notre procédé, qu'il nous proposa d'abandonner le sien pour diriger le nôtre. Nous com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mimes, en cette circonstance, la faute que nous reprochons aux sociétés et aux gouvernements eux-mêmes, celle de ne pas mettre un homme d'expérience à la place d'un écolier.

» Voici pourquoi notre cylindre fonctionnait avec tant d'avantages : il portait à sa base des soupapes faisant charnière avec le diamètre, et s'ouvrant en ailes de papillon. Nous avions pensé que, dès l'instant où quelques pierres seraient entrées, les soupapes ne pourraient plus s'ouvrir pour en laisser pénétrer d'autres. Il en fut tout autrement. C'est qu'en faisant tomber l'instrument dans l'eau, qui ôte une forte partie de son poids spécifique à la pierre, les cailloux, repoussés d'ailleurs en haut par le courant d'eau ascendante qui traversait le cylindre de fer creux au moment de sa chute, permettaient aux soupapes de s'ouvrir très librement pour laisser passer d'autres cailloux, de sorte qu'on pouvait au besoin l'en remplir presque entièrement.

» On voit déjà suffisamment de quoi se compose cette espèce de cuiller, bonne pour le sable, pour la boue et pour les cailloux, mais inutile pour les argiles et autres terrains non mobilisés d'avance par d'autres outils laboureurs. Voici comment nous avons approprié cet instrument à une infinité d'usages en le changeant en emporte-pièce, c'est-à dire en le déposant au fond du puits et en le faisant pénétrer dans le terrain par percussion médiate. Nous avons attaché un mouton d'une trentaine de kil. au service de cet emporte-pièce. Ce mouton, percé dans son centre, glisse le long d'une tige de fer de quelques pieds de long, qui se trouve solidaire avec l'emporte-pièce.

» Quand on soulève le mouton, il arrive jusqu'au bouton de la tige qui l'empêche de sortir, et retombe sur l'emporte-pièce qui s'enfonce à chaque coup, et dont les soupapes s'ouvrent pour laisser entrer tout ce qui se présente. Quand on croit l'instrument suffisamment enfoncé, on le retire, et il revient avec un lingot de terre, ou rempli de boue, de sable, etc. Mais il faut avoir le soin de ne pas le faire entrer trop profondément dans l'argile plastique; il serait alors trop difficile à retirer.

» Dans tous les cas, il faut prendre grand soin de ne pas laisser tomber d'objets dans le trou; car, outre la peine qu'il y a souvent à les retirer, la difficulté s'accroit de beaucoup s'ils viennent à s'engager entre le mouton et les parois du trou, de manière à faire coin...

» *Alézoir*. Nous avons jusqu'ici voulu parler d'un puits foré dans un terrain ferme et résistant, qui n'exige pas de tubage; mais ce cas n'est pas le plus commun, et l'on est presque toujours obligé

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de soutenir les terres, ne fût-ce que par précaution contre les éboulements. Il faut alors descendre des tubes, soit en fonte, soit en tôle; car le bois est abandonné.

» C'est ici que s'offrit un problème important, qui n'avait jamais été résolu, du moins d'une manière simple et satisfaisante : *pratiquer avec un instrument, qui est obligé de passer à l'intérieur d'un tube, un trou plus large que l'extérieur de ce tube*, afin qu'il ne reste au tube nul obstacle à franchir en continuant de descendre.

» Notre première idée a été, comme celle de tout le monde, de faire un outil capable de se dilater, avec force ressorts, vis et boulons; mais nous avons dit déjà la raison qui nous engageait à rejeter toute espèce d'instruments composés de pièces et de morceaux.

» Voici le simple et naïf artifice employé pour alézer le puits, quand il est tubé. Il s'agit de soutenir le tube par le haut à l'aide de bretelles ou d'une ceinture solidement arc-boutée, à environ deux longueurs de mouton du fond du puits. Ce mouton porte une anse carrée et non circulaire à sa partie supérieure. On conçoit que si on attache l'armature de la corde au point milieu de l'anse qui correspond au centre de gravité et au centre de figure, le mouton frappe droit, et ne forme qu'un trou égal au diamètre de l'instrument ou au diamètre intérieur du tube. Mais, si l'on porte le point d'attache de la corde à quelques centimètres du point milieu de l'anse, le centre de gravité se déplace, et la partie inférieure du mouton se porte à droite ou à gauche, position qui lui permet de gratter et d'user pour ainsi dire les parois du trou avec sa couronne, en même temps qu'il en attaque le fond avec ses dents d'acier.

» Quand on retire cet outil légèrement conique, il se redresse de lui-même, et remonte dans le tube avec un léger frottement contre les parois. Cet instrument doit, comme le trépan, avoir un réceptacle pour la boue. N'oublions pas de dire qu'il faut avoir soin d'imprimer un léger mouvement de torsion à la corde pour que le mouton travaille tout autour du trou, en changeant de place à chaque coup. On emprisonne à cet effet la corde dans un tourniquet de bois entaillé d'une queue d'aronde dans son milieu, et on la serre avec un coin de bois dans cette entaille. Ce tourniquet a environ 2 pieds de long. Un ouvrier le manœuvre aisément, en faisant passer, à chaque coup, une extrémité du levier d'une main dans l'autre. Après avoir tourné quelque temps dans un sens, on laisse la corde se détourner vivement, et l'on recommence. De cette manière le trou ne peut jamais manquer d'être cylindrique et surtout exactement vertical. Nous avons eu mille peines à faire com-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

prendre tout ceci à de célèbres ingénieurs, auprès desquels nous avions la naïveté d'aller chercher des lumières et des encouragements, deux choses dont ils ont pris le plus grand soin de nous sevrer. L'un d'eux nous disait avec sa brusque franchise : « Si vous faites jamais un trou avec vos outils, ce sera dans votre bourse, mais jamais dans la terre. » Il veut bien convenir aujourd'hui que nous avons fait un trou dans les deux. Nous répétons aux *hommes de génie* qu'ils ne feront jamais rien s'ils s'en rapportent à l'avis des *hommes du génie*.

» C'est par le moyen dont nous venons de parler qu'on est parvenu à descendre un seul tube en tôle rivée, de 10 pouces de diamètre, à 600 pieds de profondeur, dans le puits de l'École militaire, tube qui se trouvait tellement à l'aise qu'un seul homme pouvait aisément le faire mouvoir circulairement. Ce puits avait été entrepris par M. Selligue, notre associé, contre notre avis formel, parce que nous savions qu'il ne pouvait y donner ses soins, occupé, comme il l'était, à la mise en pratique de notre invention du gaz à l'eau dans la ville de Saint-Vallier. Mais la manie de l'ubiquité devait perdre cet homme, comme elle en a perdu tant d'autres. Il a voulu soumissionner, à un prix ridiculement bas, une entreprise des plus chanceuses, et s'est imaginé qu'il suffisait de la donner à conduire à un teneur de livres en partie double pour la voir réussir. Néanmoins la méthode est si fondamentalement bonne, que ses gens étaient déjà parvenus sans encombre à 600 pieds de profondeur en moitié moins de temps et de frais qu'on ne l'eût fait par la méthode ordinaire.

» Lorsque nous allâmes visiter ces travaux, abandonnés à quelques ouvriers maladroits, il y avait un mois, disaient-ils, qu'ils étaient ensorcelés; car ils n'avaient pas avancé d'un pouce.

» A la première inspection des outils fabriqués par M. Selligue, nous aperçûmes que nos plans avaient été tronqués dans l'exécution de la manière la plus irrationnelle, et que la couronne, que nous voulions avoir, et pour cause, d'une seule pièce, était composée de 12 dents d'acier, attachées sur une rondelle de fer par de petites vis de fusil. Nous nous récriâmes sur le danger qu'il y avait de les voir se détacher ; et, en apercevant de la limaille de fer dans les déblais, nous ajoutâmes que ce serait un miracle qu'il n'y en eût pas quelques unes au fond. Les ouvriers nous firent honteusement l'aveu qu'il n'y en avait pas moins de 11 en ce moment, et nous en présentèrent une qu'ils venaient de retirer par hasard. Cette dent avait été si longtemps pilée qu'elle se trouvait déjà réduite à moitié. Nous découvrîmes ainsi la cause pour laquelle on n'avan-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

çait plus. C'était le cas de le dire : les malheureux étaient sur les dents.

» En continuant notre inspection, nous vîmes avec effroi que M. Selligue avait substitué, à notre moyen d'attache, le plus dangereux de tous, c'est-à-dire un gros boulon transversal avec un seul écrou, chose que nous avions soigneusement interdite, dans la crainte que ce boulon, venant à s'échapper, ne se logeât entre l'instrument et les parois du trou, de manière à faire coin et à s'opposer au retrait de l'outil.

» Nous nous rendîmes chez cet ingénieur *in partibus*, auquel nous ne pûmes cacher nos appréhensions ; il n'en tint compte. Mais, le lendemain même, l'accident, tel que nous venons de le décrire, était arrivé. On croira peut-être qu'il se hâta de se transporter sur les lieux pour remédier au mal? Nullement... Il y envoya un droguiste de Lille, son associé, qui ne voulut pas même nous permettre de l'accompagner. Il fallait à cet intéressant jeune homme tout l'honneur du succès. Mais, en le quittant, nous lui prédîmes ce qu'il allait faire : « Vous accrocherez l'instrument ; puis vous mettrez quatre hommes au cabestan, puis dix, puis vingt. — Sans doute, nous répondit-il ; j'ai toute l'École militaire à mon service, et j'en mettrai autant qu'il en faudra. — Oui ; mais, comme la corde est à moitié pourrie, vous la casserez, et puis il n'y aura plus de remède. Allez donc, et que Dieu vous bénisse ! » L'ingénieux négociant fit précisément ce que nous avions prévu, mais avec douze hommes seulement. Et voilà ce qui prouve que le sondage à la Selligue, comme on l'appelle, ne vaut rien. Nous appuyons sur cela, parce que c'est l'histoire de la plupart des entreprises de ces dernières années.

» Dans cette fâcheuse occurrence, il fallait un homme de génie pour réparer la sottise de ces habiles foreurs : il s'en présenta un. M. Thilorier fit offrir par notre entremise ses services gratuits à M. Selligue, qui les rejeta... Mais ce fut en vain que M. Selligue tripota de toutes les façons au fond de son puits, et qu'il fit faire à grands frais des chaînes en fer ; jamais il ne put obtenir par force ce que M. Thilorier aurait obtenu par adresse. Voici quel était son projet : descendre au fond du puits quelques bouteilles d'acide hydrochlorique et les briser sur l'outil : nul doute que l'acide n'eût, en peu de temps, rongé les parois du trou, formées de craie dure, et que l'instrument, dégagé de toute étreinte, ne fût sorti triomphant une demi-heure après. Nous n'avons pas osé lui présenter un moyen aussi simple. Il l'aurait sans doute rejeté, parce qu'il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lui serait venu d'un autre ; mais nous espérions qu'il l'eût trouvé lui-même (1).

. . . . . .

» Sans cet échec impardonnable, les hauts sondages se fussent probablement répandus dans tous les coins de l'Europe ; car on ne douterait plus de leur incontestable supériorité sur la méthode ancienne.

» N'est-il pas pénible que l'amour-propre d'un seul individu ait privé la France d'une foule de richesses qu'elle renferme dans son sein ? A l'heure qu'il est, peut-être, on aurait découvert beaucoup de houillères, de carrières et de minières, qui eussent changé la face de l'industrie. Ici du sel, là du marbre, ailleurs du pétrole, et presque partout de l'eau ou du gaz ; car, nous le répétons, ce procédé est le seul qui soit à la portée de la fortune et de l'intelligence du simple fermier, tandis que l'autre n'est à la portée que des princes ou des souverains, lorsqu'ils ont, toutefois, des millions à exposer.

» Que l'on ne croie pas cette digression inutile : il fallait expliquer franchement les causes de l'échec du sondage de l'École militaire..... Il est bon que tout le monde sache à quoi s'en tenir sur un procédé dont les uns disent du bien et les autres du mal, chacun d'après son intérêt ou ses préventions. »

Plus loin M. Jobard raconte qu'en 1830, l'archiduc Régnier, de Milan, lui envoya son ingénieur Gaetano Brey, pour prendre des renseignements auprès de lui. Cet ingénieur creusa un puits à Monza, campagne de l'archiduc, et fut ensuite appelé à Vienne, d'où il a répandu les procédés chinois dans ces contrées, et jusque dans la Saxe, qui, en 1841, époque de la publication de M. Jobard, était déjà peuplée de sondages à la chinoise.

« Un pays, continue M. Jobard, ne pourra pas dire qu'il connait sa richesse, tant qu'il ne sera pas couvert, dans toute son étendue, d'un réseau de puits forés de 2 à 3,000 pieds.

» Gardons-nous d'oublier de recommander l'usage de la corde de fil de fer galvanisé, essayée en Saxe dans les mines de Hartz, à Cologne, et en dernier lieu dans les houillères de Rolduc : elle a parfaitement répondu à ce qu'on en attendait. Un brevet vient d'être accordé en Belgique pour une corde plate de fil de fer ; nous la croyons excellente pour le service des houillères ; mais la corde ronde de 2 centimètres nous paraît préférable pour le sondage. Il

(1) Cette application a été faite par M. Mulot, en 1834, dans un forage à Bourges.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

faut seulement qu'on l'enroule sur des tambours d'environ 2 mètres. De la sorte on ne dépasse point l'élasticité naturelle du métal, qui ne souffre aucunement d'une aussi minime flexion.

» Pour commencer un forage économique, le propriétaire peut faire jouer le mouton de la même manière que l'on bat un pilotis : il lui suffira d'une grue à trois pieds, munie d'une poulie d'un mètre ; quelques hommes tirant à la hie pourront déjà faire beaucoup d'ouvrage en un jour.

» Un serrurier de village est capable de composer un mouton avec un faisceau de barres d'acier réunies par des cercles en fer, pourvu qu'il ait soin de réserver un creux en dessus pour que la boue vienne s'y loger : mais il faut qu'au besoin on puisse séparer les barres d'acier pour les aiguiser.

» M. Brey a construit un mouton entouré de chapelles latérales dans lesquelles entre la terre du trou. On peut d'ailleurs donner carrière à son imagination dans la composition des outils, pourvu qu'ils restent analogues à ceux que nous avons indiqués comme bases fondamentales d'un système que nous livrons pour la première fois au public, avec tous les détails nécessaires pour opérer sans maître. Notre brevet n'a plus que deux ans à courir (1), et nous pouvons assurer qu'il ne nous a pas rapporté une obole. C'est d'ailleurs une règle générale : une invention est comme un enfant qui coûte beaucoup à élever, et qui nous est enlevé par la conscription au moment où il pourrait nous indemniser de nos soins et de nos peines. La conscription des inventions arrive à quinze ans au plus, sans que l'inventeur ait l'espoir de voir revenir son enfant pour le soulager dans ses vieux jours : heureux encore si les succès qu'il obtient de par le monde ne lui font pas oublier et dédaigner celui qui lui a donné l'être, et qui s'est ruiné pour son éducation.

» ..... Montrez-nous un inventeur sur mille qui ait tiré parti de ses inventions, nous creuserons un puits de 3,000 pieds en son honneur.

» Il y a évidemment une lacune immense à combler dans le code des nations, relativement à la propriété intellectuelle. C'est seulement après cette révolution-là que l'Europe commencera à sortir de la barbarie et à faire de solides progrès dans la civilisation ; c'est-à-dire après qu'elle aura régularisé la propriété intellectuelle avec le même soin qu'elle a mis à réglementer la propriété matérielle, ou plutôt qu'elle les aura assimilées l'une à l'autre de ma-

(1) Le brevet français a expiré en 1839.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nière à pouvoir flétrir du nom de *vol* ce qu'on ose à peine qualifier d'indélicatesse aujourdh'hui....

» Les gouvernements se permettent aisément des sacrifices d'argent quand il s'agit d'entreprises généreuses, parce que la nation s'unit volontiers à toutes les nobles pensées. Personne ne s'est plaint, en Angleterre ni en France, des dépenses faites par les capitaines Ross et Parry, Freyssinet et Durville, bien qu'elles n'aient eu pour but que d'explorer des mers où il reste à peine quelques îlots à glaner.

» Pourquoi ne ferait-on rien pour envoyer une sonde à la découverte dans les entrailles de la terre?

» On ne connait pas d'excavation plus profonde que les mines de *Guanaxuato*, au Mexique, et ces mines n'ont que 1,800 pieds; celles de Liége en ont 12 à 1,500. Ne serait-il pas curieux de commencer, au fond de ces houillères, un forage de 2 à 3,000 pieds de plus? Car la chose est aujourd'hui devenue très praticable, soit avec la méthode chinoise, soit avec la sonde artésienne perfectionnée, comme elle vient de l'être à Cessingen par la substitution des tiges de bois à celles de fer.

» En commençant le forage à 1,500 pieds perpendiculairement au-dessous d'une ancienne bure, l'opération doublerait de vitesse, puisqu'on n'aurait plus besoin de démonter la sonde; on la retirerait tout d'une pièce à l'aide d'une machine à vapeur et d'un câble, aussi rapidement qu'on remonte un cuffat...

» Qui pourrait dire qu'on ne rencontrera pas des bancs de houille assez considérables pour rassurer la postérité la plus reculée? Qui pourrait nier qu'on puisse frapper une source d'huile de pétrole suffisante pour servir à l'éclairage de toutes nos villes, quand on sait que le royaume de Siam possède deux sources semblables qui forment un des principaux revenus de l'empire, et qu'en Chine on rencontre une grande quantité de ce bitume minéral, produit de la distillation souterraine des houilles?

» Qui pourrait affirmer qu'on ne tombera pas sur un banc inépuisable de sel gemme qui rapporterait des millions au trésor, sans qu'il soit nécessaire de creuser des villages, comme aux mines de Wielicka.....?

» Qui pourrait dire qu'on ne donnera pas issue à un courant violent et perpétuel de gaz hydrogène carboné, comme il s'en trouve plusieurs en Chine, dont un seul fournit le combustible nécessaire à la mise en ébullition des 300 chaudières de la grande saunerie de Tsélicou-Tsing?

» Outre ces richesses, qui sont au bout de la sonde des Chinois,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne peut-il pas s'en rencontrer d'une autre nature sous notre sol? Si les métaux les plus pesants se sont déposés les premiers, n'est-il pas possible qu'on les retrouve à l'état natif, à une profondeur où ils auraient été mieux préservés de l'oxidation que les éjections répandues à la surface, qui nous donnent tant de peine à réduire?

» Si l'on venait à pénétrer dans les entrailles du volcan qui fournit les eaux thermales d'Aix-la-Chapelle et de Chaud-Fontaine, volcan que les Romains ont vu en éruption, n'aurait-on pas l'espoir d'obtenir une fontaine jaillissante d'eau thermale bouillante, ou de vapeurs à une grande tension?

» Nous ne croyons aucune de ces espérances, quelque hardies qu'elles paraissent, en désaccord avec la science géologique, et nous faisons des vœux pour que le gouvernement et les hommes de cœur que la Belgique renferme se cotisent pour faire les frais d'une aussi glorieuse expérience. Nous pouvons certifier, d'après l'état actuel des moyens que nous possédons depuis peu, qu'elle ne coûtera pas la moitié, pas le quart du sondage dont la ville de Paris fait les frais à Grenelle. »

Plus loin, M. Jobard fait l'historique d'un certain nombre de sondages, et restitue à M. Kind l'idée de l'indépendance de la tige et de l'outil foreur, attribué à M. d'Œyenhausen par M. Leplay, à la note duquel j'ai emprunté plus haut quelques détails; puis il raconte ainsi l'origine de la substitution des tiges de bois aux tiges de fer :

« Un charpentier ayant laissé tomber son mètre dans le puits rempli d'eau jusqu'au haut, l'ingénieur s'écria : — Encore un outil à retirer! — Ne vous en inquiétez pas, dit l'ouvrier, mon mètre est en bois, il reviendra.

» En effet, le mètre reparut un instant après, et il le saisit au sortir de l'eau. — Si nos tiges pouvaient revenir ainsi! murmura l'ingénieur. — Mais elles reviendraient de même si elles étaient en bois, reprit le chef mineur Kind, homme d'un génie si puissant dans sa spécialité, qu'il a mérité, dans la Saxe, où il a conduit de nombreux sondages, le glorieux surnom de *Napoléon des foreurs*. »

Après une délibération longuement méditée entre MM. Kind, l'ingénieur Rost et le docteur Biver, il fut convenu qu'on essaierait de substituer les tiges en bois aux tiges en fer pour continuer le forage du puits de Cessingen, qui marcha alors avec beaucoup de rapidité et sans accidents sérieux jusqu'à 534^{m},85 de profondeur. Mais, arrivés à ce point, les actionnaires refusèrent les fonds nécessaires pour la continuation du sondage, bien qu'on fût dans la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

couche qui recouvre le sel, et qui possède même un degré marqué de salure.

Parmi les nombreuses conditions de détail dues au génie inventif de M. Kind, M. Jobard cite l'arrache-tout dont voici la description.

« Il se compose d'un morceau de chêne ayant la coupe d'une navette représentant deux cônes réunis par leur base, mais fortement cerclés par le milieu.

» Cet instrument est descendu dans le tube, qu'il remplit à une ligne près. Lorsqu'il est arrêté à la place voulue, il suffit de verser un panier rempli de gravier dans le trou de sonde ; ce gravier va se loger autour de la navette, et forme un encliquetage si parfait avec le tube, que celui-ci est forcé d'obéir à la traction, ou de se déchirer sous l'effort.

» Quand il s'agit de dégager la navette, il suffit de la faire descendre au-dessous du tube, le gravier, trouvant passage, tombe au fond du trou, et la navette remonte ensuite sans le moindre obstacle.

» On voit que cette invention est d'un observateur plein de finesse. La pratique de Kind se trouve remplie de petits procédés analogues dont l'un dérive souvent de l'autre, comme le suivant :

» En faisant descendre sa navette dans le puits plein d'eau, Kind s'aperçut que cette eau faisait résistance, parce que la navette faisait piston, et que toute l'eau inférieure devait passer entre la navette et les tubes, ce qui retardait la descente de cet instrument.

» Cette remarque fut un trait de lumière pour Kind, qui s'écria : *Plus de bris!* comme Archimède s'était écrié *Eureka!*

» Il venait de trouver, en effet, le moyen de détruire l'attraction newtonienne pour la sonde, c'est-à-dire qu'il pouvait la laisser choir au fond du puits sans accélération de vitesse, par conséquent sans danger de rupture.

» Il fit placer, à cet effet, sur l'avant-première tige du fond, une navette en bois, ou, si l'on veut, un gros grain de chapelet oblong, susceptible de se mouvoir librement sur l'espace d'un mètre, afin de ne pas entraver l'effet de la sonde pendant la frappe.

» On sent que lorsqu'on soulève la sonde pour opérer la percussion, ce parachute reste mobile dans la partie qui lui est assignée sur la tige ; quand celle-ci retombe, elle glisse dans le centre de cet ovoïde, qui n'oppose aucune résistance. Mais quand on la retire pour le curage, s'il arrive qu'elle échappe aux câbles qui la remontent ou aux engins qui l'assujettissent, la chute n'est rapide que pendant le premier mètre, c'est-à-dire jusqu'à ce que le parachute ait rencontré son point d'arrêt supérieur. Mais, de ce moment jus-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'au bas du puits, la sonde, quel que soit son poids, descend avec une lenteur uniforme, et va plutôt se déposer que s'abîmer au fond du trou, parce que toute l'eau est forcée de se laminer autour du parachute. »

. . . . . .

» Quelques personnes nous ont fait, contre le sondage à la corde, une objection que nous tenons à détruire avant de passer outre.

» Les Chinois, dit-on, peuple patient, mettent un temps infini à creuser un puits. L'abbé Imbert dit qu'ils y passent de deux à sept années. Cela est vrai; mais combien croyez-vous que nos pétulants Européens y consacrent de temps avec leurs barres? Nous allons vous le dire.

» Voici bientôt huit ans que le puits de Grenelle est commencé (1), et M. d'Œyenhausen est occupé depuis quinze ans à celui de Minden, sans pouvoir dépasser 14 à 1500 pieds, en y employant quarante à cinquante hommes.

» M. de Dechen, savant géologue, a consacré neuf années à son puits d'Arteren, entrepris au compte du gouvernement, et qu'il a eu le courage d'achever à ses frais. M. Glenck a employé seize ans aux différents forages de Schweitzerhal, près de Bâle, où il a réussi de même à trouver le sel à 400 pieds. Mais tous ces puits ont coûté des sommes considérables. L'habile saliniste dont nous parlons a fait une foule de sondages en Saxe, à Slotternheim, à Gera, à Pouffleben et à Hanau. En Suisse, MM. Langsdorff et d'Alberty ont aussi travaillé de longues années sur un même endroit, tandis que deux paysans chinois qui s'associent savent creuser des puits de 1,800 à 3,000 pieds pour 10 à 20,000 fr. Qui de nous ou des Chinois a le droit de rire aux dépens de l'autre?

» Le puits de Cessingen est fait néanmoins pour nous relever un peu aux yeux des Chinois; car, enfin, on est parvenu, en vingt-cinq mois, à creuser un trou à 1,787 pieds pour la somme de 116,500 fr. seulement (2). N'est-il pas bien dommage qu'on l'ait abandonné lorsqu'on touchait au succès? car l'argile salifère, que nous avons

(1) Le percement du puits de Grenelle a été commencée le 24 décembre 1833; l'eau a jailli le 26 février 1841, à 2 heures et demie. Le forage a donc duré sept ans, un mois et vingt-six jours.

(2) « Il y a des gens qui se font de singulières idées sur le prix d'un sondage. Nous avons reçu dans le temps la visite d'un riche baron qui venait nous commander un puits artésien, comme on commande un habit neuf. Mais il voulait auparavant connaître les différents prix pour un jet d'eau de dix à cent pieds. Nous lui fîmes observer qu'il y avait eu des puits de faits

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

goûtée, nous a fait l'effet du sel pur. Il est à espérer que les actionnaires se raviseront, et qu'ils auront le courage de traverser ce dernier banc qui recouvre un trésor. *Perseverantes fortuna juvat.*

. . . . . .

» Pendant que nous sommes en voie d'indiscrétion sur le chapitre des sondages, nous allons en exposer un nouveau qui nous sourit depuis longtemps, mais que nous sommes las de garder en portefeuille, en attendant les moyens de l'essayer à nos frais...

» *Forage à sonde forée.* — Notre sonde, au lieu de se composer de barres de fer plein, est formée de tubes creux, étirés, de 3 à 4 pouces de diamètre, réunis par des manchons; les mêmes tubes enfin que l'on trouve tout faits pour les conduites de gaz.

» La partie inférieure travaillante consiste en une couronne d'acier d'un diamètre un peu plus grand que celui des manchons de réunion. Il est certain que cette sonde frapperait le sol avec plus d'avantage que les barres, car elle n'aurait pas l'inconvénient de fouetter comme elles; mais elle n'attaquerait le terrain que circulairement, et laisserait le centre intact. Voici le complément que nous y ajoutons :

» Une tige d'une certaine longueur et d'un certain poids serait introduite dans l'intérieur des tubes, et manœuvrée à l'aide d'une corde en fil de fer galvanisé. L'extrémité inférieure de cette tige serait terminée par un petit trépan d'acier à quatre cannelures. Entre le trépan et la tige serait une rondelle de fort cuir faisant piston et soupape dans le tube. Cette rondelle recevrait quatre coups de ciseaux correspondant aux sommets des quatre cannelures saillantes.

» En faisant jouer ce trépan, la boue produite par la poudre de pierre soulèverait ces quatre oreillettes pour aller se loger au-dessus de la rondelle; on retirerait alors la corde, et la sonde ramènerait à jour les déblais sans avoir besoin de retirer les tubes, que l'on ferait jouer alternativement avec le trépan intérieur.

. . . . . .

» *Forage horizontal pneumatique.* — Il est des circonstances où

depuis 50 fr. jusqu'à un million. — Eh bien ! dit-il, un de 50 fr. me suffira. — Vous n'irez pas loin avec cela. — S'il faut aller jusqu'à 100 fr., j'irai; car j'ai le moyen de faire une pareille dépense. Mais je ne tiens pas au luxe; pourvu que j'aie un jet d'eau passable dans mon jardin, c'est tout ce que je demande. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'on voudrait percer un trou de reconnaissance dans le flanc d'un rocher. Les tubes creux dont nous venons de parler pourraient être parfaitement employés avec une tringle intérieure qui ramènerait les déblais au dehors, en la faisant glisser sur une ligne de trétaux munis de petits rouleaux. Mais nous ne passerons pas sous silence un effet pneumatique qui pourrait fort bien être utilisé quelque jour dans des circonstances analogues : c'est la possibilité de faire agir un ciseau de mineur, d'un pied environ, à 1,000 ou 2,000 pieds de l'ouvrier, sans autre intermédiaire que l'air mis en mouvement par une pompe aspirante et foulante. Il suffit que le ciseau soit entouré de drap ou qu'il porte un piston touchant à peine les parois du tube.

» En aspirant, le ciseau est attiré, et en foulant il est lancé avec une force accélératrice dont on n'a pas d'idée, force que nous croyons susceptible d'être substituée à celle de la poudre.

» Nous avons fait un trou dans la pierre à l'aide d'un tube d'un demi-pouce de diamètre et de 10 pieds de long, à l'extrémité duquel nous avions lié le col d'une grosse bouteille de gomme élastique. Il suffisait de la presser entre les mains pour aspirer et lancer avec force une baguette de bois entourée de coton et armée d'un outil d'acier.

» Chacun peut répéter cette expérience à l'aide d'une sarbacane ; mais nous ne conseillons pas d'aspirer la flèche avec la bouche quand elle est à l'extrémité du tube, elle pourrait bien casser les dents à l'imprudent expérimentateur.

» *Des courants héliçoïdes.* — Nous ne devons pas oublier de prévenir les sondeurs qui vont se servir de tiges en bois d'un accident singulier dont ils pourraient être longtemps victimes avant d'en connaître la cause : c'est le dévissement spontané des tiges pendant le travail.

» On sait qu'à mesure qu'on pénètre dans l'épiderme du globe, la chaleur augmente. Au puits de Cessingen, par exemple, on a constaté 33 degrés centigrades au thermomètre à déversement. Il s'ensuit donc un mouvement d'ascension de l'eau chaude du fond, qui est remplacée par l'eau froide du haut. Mais ce double courant n'a pas lieu parallèlement ni concentriquement, comme on pourrait le croire ; il est héliçoïde ou en tire-bouchon, et sa puissance est assez grande pour dévisser les tiges en suspension dans le liquide.

» Voici comment la marche de ces courants a été constatée :

» Un jour que l'on descendait, à l'aide d'une corde et d'un plomb, un thermomètre à côté de la sonde, Kind annonça qu'on ne trou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

verait jamais le fond, et que la corde s'entortillerait autour de la barre; ce qui eut lieu, en effet, dans le sens qu'il avait indiqué, c'est-à-dire *sinistrorsum*, sens du dévissement des tiges... »

Arrivé en ce point de mon travail, les nombreuses notes qui me restent encore sur certaines industries présentent de si fréquentes lacunes dans ce qu'elles ont de technique, et se composent en revanche de tant d'assertions peu ou point justifiées, que je ne me sens pas le courage de démêler, dans cette masse indigeste de documents incomplets, les quelques vérités qui peuvent s'y trouver enfouies.

Je terminerai donc par l'examen de quelques produits que des renseignements tardifs ne m'ont pas permis d'apprécier en même temps que leurs similaires, ou qui n'ont pu trouver place dans le classement que j'ai adopté.

Instruments de chirurgie. — Les instruments de chirurgie avaient plusieurs représentants à l'exposition; mais je n'ai pu me procurer de renseignements que sur ceux de M. Charrière (1). Vos lecteurs ne s'attendent pas sans doute que j'entre ici dans les nombreux détails des modifications ou des perfectionnements que cet habile artiste a fait subir à l'immense arsenal de la chirurgie pratique. La seule nomenclature de ces instruments occupe une brochure de 80 pages in-8°, et j'avouerai en outre bien franchement mon incompétence en pareille matière; je me bornerai à quelques indications qui, si elles ne donnent pas une idée complète des travaux de cet homme vraiment remarquable, pourront cependant, jusqu'à un certain point, faire apprécier son intelligente activité.

M. Charrière ne fut d'abord qu'un simple ouvrier coutelier qui, dévoré de l'amour de son art, ne tarda pas à se faire distinguer des chirurgiens par les ingénieuses dispositions des instruments qu'il leur fournissait. Pour être plus à même d'exécuter ces appareils dans les conditions les plus utiles, il s'attacha assidûment à suivre la clinique chirurgicale de nos principaux hôpitaux; et, fréquemment, il y puisa d'heureuses idées sur la forme et les dispositions à donner aux instruments dans des cas donnés. De cette manière, il a pu, pour ainsi dire, saisir l'instant où l'instrument manquait au génie chirurgical, et souvent il a été assez heureux pour mettre celui-ci dans la possibilité d'obtenir des résultats inespérés. Plus

(1) Rappel de médaille d'or et décoration de la Légion-d'Honneur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fréquemment, il est parvenu à réaliser, dans des conditions de simplicité remarquables, les données qu'il recevait des praticiens sur l'exécution de cette foule d'instruments dont la chirurgie française s'est enrichie de nos jours.

La trempe, cette condition si essentielle d'un bon instrument, a été étudiée par M. Charrière avec un succès remarquable (1), et, sous ce rapport, il a fréquemment donné la preuve que la prétendue supériorié de la trempe anglaise n'est qu'un préjugé qui, malheureusement, persiste encore, même chez beaucoup de personnes que leur position aurait dû en affranchir. Je citerai à ce sujet les faits suivants.

En 1837, M. Charrière fit le voyage d'Angleterre pour y étudier les procédés de nos voisins, et il ne fut pas peu surpris d'entendre les Anglais parler de la qualité de nos tranchants avec autant d'éloges que nous parlons des leurs.

Son séjour tout entier fut consacré à la visite des ateliers de Londres et de Sheffield. Là, initié par les plus habiles ouvriers à tous les secrets de leurs ateliers, il a rapporté dans les siens toutes les données pratiques que l'expérience lui a fait juger utile d'adopter.

Comme, en étudiant dans leurs moindres détails les procédés de la fabrication anglaise, il avait pu se convaincre qu'il y a en France, sur la qualité des tranchants anglais, plus de préjugés que de données exactes, M. Charrière a voulu résoudre cette question par l'expérience, et plusieurs chirurgiens l'ayant chargé de faire pour eux, dans son voyage, quelques acquisitions, il leur donna, comme achetés en Angleterre, quelques instruments de sa fabrique, mais parfaitement imités et marqués de son nom sous la châsse. Ces messieurs, qui ne pouvaient trouver de termes pour exalter la bonté des tranchants, furent très surpris quand il leur donna la preuve que tous ces instruments anglais avaient été fabriqués à Paris.

Il a répété bien des fois cette épreuve, et il s'est convaincu de la force de ce préjugé, en voyant des chirurgiens habiles, trompés seulement par la marque, établir une différence entre les mêmes bistouris, forgés, trempés, aiguisés par les mêmes ouvriers, mais marqués, à dessein, les uns d'un nom français, les autres d'un nom anglais.

Parmi les heureuses applications de M. Charrière, je citerai la suivante. Dans un grand nombre de cas, il est important que cer-

(1) On doit à M. Charrière l'article TREMPE dans l'*Encyc. du XIXe siècle.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

taines parties d'un organe présentent successivement des conditions de rigidité et de souplesse qui semblent incompatibles dans une même matière. M. Charrière y est parvenu en s'attaquant à l'ivoire, qui, comme on le sait, peut s'assouplir par son immersion dans l'acide chlorhydrique étendu. C'est ainsi qu'il a pu amollir partiellement certaines portions d'un instrument en conservant aux autres la solidité de la matière première. Mais c'est surtout aux bouts de sein artificiels que M. Charrière a fait la plus heureuse application de ce principe. Exécutés sur le tour, ces mamelons conservent à leur base toute la dureté de l'ivoire, et peuvent se fixer sur le biberon avec la plus complète solidité. L'extrémité ramollie offre à la bouche de l'enfant une substance assez élastique pour n'être point aplatie, ou assez dure pour n'être point entamée ni brisée pendant l'allaitement, qualités qui la rapprochent assez du bout de sein maternel.

On doit également à M. Charrière de nombreux perfectionnements aux appareils à injection dans lesquels entrent, comme parties essentielles, des corps de pompe et des pistons, soit pour en faciliter le nettoyage, soit pour éviter qu'avec les liquides ils injectent l'air qui se place si facilement sous le piston, soit dans les conditions des soupapes des appareils à ventouses qui étaient formées autrefois d'un morceau de baudruche, appliqué sur une large surface, et dans lequel on pratiquait trois incisions pour le passage de l'air. Mais, d'un côté, la baudruche se putréfiait bientôt par son contact avec les corps gras, ou bien se déchirait par suite du mouvement fréquent des lèvres de ces incisions ; et, de l'autre, la large surface sur laquelle elle était appliquée devenait le réceptacle de toutes les malpropretés que la pompe pouvait aspirer, et qu'on ne pouvait enlever sans détruire la soupape.

M. Charrière a remplacé cette soupape par un ruban de soie gommé très étroit, appliqué sur une petite surface légèrement arrondie sur les bords, et disposée de manière à conserver parfaitement libres les parties latérales par où s'introduit l'air. Cette disposition dispense de pratiquer des incisions et conserve au tissu toute son intégrité. Ainsi perfectionnées, les soupapes ne se détériorent plus, les malpropretés y séjournent beaucoup moins, et, d'ailleurs, rien n'est plus facile que de les enlever sans détruire le ruban de soie.

Les ateliers de M. Charrière sont aujourd'hui les plus considérables qui existent en Europe pour la fabrication des instruments de chirurgie et la coutellerie fine. Ils contiennent jusqu'à quatre-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vingt-dix ouvriers ; et plus de deux cents, tant en ville qu'en province, sont exclusivement occupés à la confection des instruments dont M. Charrière fait de nombreuses et importantes expéditions à l'étranger.

Eau de Seltz. — La fabrication des eaux minérales factices n'avait à l'exposition qu'un représentant dont j'aie pu étudier suffisamment les procédés pour en donner une idée précise à vos lecteurs.

Mais avant de faire connaître en quoi consistent les perfectionnements introduits dans cette industrie par M. Savaresse, dont j'ai déjà signalé les importantes modifications apportées à la fabrication des cordes à boyaux, il ne sera pas inutile d'indiquer rapidement les procédés appliqués avant lui.

Je prendrai pour type l'eau factice de Seltz, qui, pour être parfaite, ne doit contenir que de l'acide carbonique, et qui, comme on le sait, est spécialement destinée à l'usage de la table. Les autres eaux minérales, étant plutôt des remèdes que des boissons domestiques, sont du domaine de la pharmacie, qui devrait s'en réserver exclusivement la fabrication et provoquer de la part de l'autorité des mesures de répression contre l'emploi dangereux de certaines poudres, qui, à la vérité, rendent gazeux les liquides dans lesquels on les fait dissoudre, mais qui y laissent aussi des sels qui peuvent avoir une action délétère sur l'économie.

La bonne fabrication des eaux gazeuses doit consister en deux opérations bien distinctes. L'une est le dégagement de l'acide carbonique ; l'autre est la dissolution de ce gaz dans de l'eau pure. Ces deux opérations s'exécutent de diverses manières dans les quatre systèmes employés aujourd'hui, et qu'on désigne sous les noms de système de Genève, de Bramah ou système continu, de Vernaut et Baruel, et enfin de système Savaresse.

Celui de Genève paraît le plus ancien, bien qu'on prétende que la fabrication de l'eau de Seltz factice ait commencé à Lyon. Le mystère dont les premiers fabricants ont enveloppé leurs procédés rend difficile la solution de cette question historique.

Mais avant d'exposer les conditions particulières de chaque système, je décrirai une condition qui leur est à peu près commune, et qui s'applique dans la production de l'acide carbonique.

Dans les premiers temps de cette fabrication, on opérait le dégagement de l'acide carbonique au moyen de l'acide chlorhydrique mis en contact avec du marbre concassé. On donnait la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

préférence à cet acide à cause de son prix peu élevé, et surtout parce qu'il dispensait d'un agitateur pour renouveler les surfaces de contact entre l'acide et le marbre, attendu que les sels résultant de sa décomposition par cet acide sont très solubles, et qu'ils ne s'opposent pas à la continuité du dégagement de l'acide carbonique.

Mais un inconvénient assez grave a fait renoncer à l'emploi de cet acide. Il contient toujours un peu d'acide sulfureux que ne retenait pas entièrement le liquide des vases laveurs. D'un autre côté, comme l'acide chlorhydrique repasse facilement à l'état de gaz, il était presque impossible qu'il ne pénétrât pas jusqu'à l'eau destinée à dissoudre l'acide carbonique, et ne lui communiquât pas des propriétés désagréables ou même délétères. On lui a donc substitué l'acide sulfurique, qui peut s'employer avec tous les carbonates; mais parmi ceux-ci on donne la préférence à la craie bien lavée, qu'on se procure à bas prix presque partout.

Mais, de l'action de l'acide sulfurique sur un carbonate de chaux, résulte un sel insoluble, le sulfate de chaux, circonstance qui exige l'emploi d'un agitateur pour renouveler les points de contact et rendre le dégagement de l'acide carbonique continu. Sans l'emploi de l'agitateur ce dégagement s'arrêterait, le sulfate insoluble de chaux enveloppant les particules de carbonate et les soustrayant à l'action de l'acide sulfurique.

L'appareil où s'opère le développement de l'acide carbonique se compose ordinairement d'un tonneau doublé en plomb, muni à l'intérieur d'un agitateur, et dans lequel se trouve un mélange de craie en poudre et d'eau. Sur le fond hermétiquement fermé du tonneau, est un vase en plomb contenant de l'acide sulfurique; un robinet de verre règle l'ouverture par laquelle l'acide sulfurique s'écoule dans le tonneau; un petit tube de plomb établit une seconde communication entre le tonneau et la partie supérieure du vase pour équilibrer la pression au-dessus et au-dessous de l'acide, et déterminer la chute de celui-ci uniquement par son propre poids.

Du tonneau où il s'est développé, l'acide carbonique passe dans un tonneau laveur, également fermé, mais dans lequel il ne pénètre que par un double fond percé d'un grand nombre de petits trous qui le divisent en petites bulles. Enfin, du vase laveur, le gaz se rend sous la cloche d'un gazomètre.

Dans le système dit de Genève, le gaz est extrait du gazomètre par une pompe qui le refoule dans un tonneau rempli d'eau. Mais comme l'acide carbonique n'a que très peu d'affinité pour l'eau, il

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ne suffit pas de l'y comprimer pour le dissoudre, il faut encore agiter l'eau au moyen d'un agitateur manœuvré de l'extérieur, et dont l'axe doit être fortement retenu dans une boîte à étoupe. Cette double opération se fait alternativement. Après avoir pompé dix minutes, on fait mouvoir l'agitateur; puis on recommence à pomper, et ainsi de suite jusqu'à ce que le manomètre accuse 5 ou 6 atmosphères de pression dans le tonneau.

On procède alors à l'embouteillage. Mais on comprend qu'à mesure que le tonneau se vide, la tension intérieure du tonneau diminue, que l'acidité de l'eau s'affaiblit de plus en plus, et que ce système ne peut donner des produits réguliers.

Si l'on veut obtenir des eaux très chargées d'acide carbonique, cet appareil devient tout-à-fait inefficace. A partir d'une certaine pression, la pompe semble refuser tout service, et le gaz ne pénètre plus dans le tonneau, dont le manomètre ne varie plus.

La seule explication logique qu'on ait donnée de ce phénomène singulier est, jusqu'à présent, celle-ci :

On sait que, pour une pression donnée, tous les gaz abandonnent une certaine portion de leur calorique latent, qui, passant à l'état libre, échauffe les parois où le gaz est comprimé. Comme la manœuvre de la pompe, pour être industrielle, est nécessairement rapide, l'échauffement du cylindre devient considérable. Le piston ne pouvant, dans un appareil industriel, toucher la totalité du fond du corps de pompe, il y reste, ainsi que dans le siége des soupapes, une certaine quantité de gaz, dont la tension, augmentée par la chaleur, égale, lorsque le piston remonte, celle du gaz sous le gazomètre. Il en résulte, par conséquent, que le mouvement du piston n'a d'autre effet que de comprimer et de dilater successivement le même gaz, et que rien ne peut plus sortir du gazomètre ni entrer dans le tonneau.

Ce grave inconvénient n'existe pas dans l'appareil dit continu de Bramah, parce que le piston de la pompe, formé d'un cuir embouti, comme celui que le même ingénieur a si heureusement appliqué à la presse hydrostatique, aspire et refoule en même temps de l'eau et du gaz, et que le corps de pompe ne peut plus s'échauffer; car les choses sont disposées de manière que le piston marche de bas en haut pour refouler dans le récipient le gaz et l'eau qui, au moment de l'aspiration, ne se sont pas encore combinés. Il résulte de cette disposition que le gaz qui occupe la partie supérieure du corps de pompe n'est jamais en contact avec le piston, qu'il est chassé par l'eau dans le récipient, et que cette

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

même eau vient immédiatement refroidir les parois du corps de pompe, échauffées par la mise en liberté du calorique latent du gaz. Il en résulte un autre avantage, c'est que la pression reste la même pendant l'embouteillage, la pompe introduisant une nouvelle quantité de liquide sous la même pression, à mesure qu'on en retire pour remplir les bouteilles. Un agitateur, mû par le même moteur que la pompe, force le gaz à se combiner à l'eau.

Ce mode de fabrication bien dirigé a un avantage réel dans les grands établissements; mais il exige un matériel considérable et l'emploi de trois ouvriers, lors même qu'on n'aurait qu'une bouteille d'eau gazeuse à faire. Il exige, en outre, un travail de tous les jours. Quand on laisse reposer l'appareil, le cuir du piston se dessèche et ne fonctionne convenablement qu'au bout d'un certain temps. Il contracte, en outre, un goût désagréable qu'il communique à l'eau, et qui ne disparait entièrement qu'après plusieurs jours d'un travail continu.

Le troisième système, connu sous les noms de MM. Vernaut et Baruel, se compose des dispositions suivantes :

La portion de l'appareil servant au dégagement du gaz est formée d'un grand récipient en métal, contenant un agitateur. Sur la paroi supérieure est une boule en cuivre doublée en plomb, contenant l'acide sulfurique. Cette boule communique, à la fois par sa partie supérieure et sa partie inférieure, avec le récipient, pour permettre à l'acide de tomber par son propre poids dans le mélange de craie et d'eau placé dans le récipient.

Le gaz, au sortir du récipient, passe dans plusieurs vases laveurs, et arrive enfin dans un cylindre saturateur contenant l'eau qui doit s'en emparer, et avec laquelle on détermine sa combinaison, soit au moyen d'un agitateur, soit par un mouvement d'oscillation imprimé au cylindre.

Tous ces vases se communiquant par des tuyaux hermétiquement joints, il en résulte qu'à mesure de la production du gaz dans le premier, la pression augmente dans tous, ce qui supprime l'action mécanique de la pompe. Lorsque cette pression est arrivée au point convenable, on procède à l'embouteillage.

Ces dispositions ne sont pas sans danger. Le vase en métal où s'opère le dégagement du gaz est nécessairement attaqué à la longue par l'action de l'acide sulfurique, dont la projection dans l'eau élève fortement la température du liquide, condition qui permet même au plomb d'être attaqué.

L'explosion du même vase est également possible, quoiqu'à un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

moindre degré, dans l'appareil de Bramah. Les matières solides y sont fréquemment soulevées par l'action aspirante de la pompe. Elles viennent obstruer les conduits, et le dégagement du gaz continuant d'avoir lieu, la pression y peut devenir assez grande pour faire éclater l'appareil.

L'appareil de M. Savaresse obvie aux divers inconvénients des trois autres. Ses dimensions sont réduites des trois quarts; la manœuvre en est facile même pour un seul homme, et les explosions y sont impossibles, à moins qu'on ne le fasse exprès, parce que les quantités de gaz produites y sont constamment déterminées, et que la résistance de l'appareil est dix fois supérieure à la plus forte pression qu'on doive lui faire supporter.

Il se compose en principe d'un premier récipient, dans lequel on met une certaine quantité d'acide sulfurique étendu de quinze fois son poids d'eau et refroidi à l'avance, de sorte que la température ne peut jamais s'élever pendant l'opération.

Ce récipient est surmonté d'un tube, dans lequel on introduit un certain nombre de cartouches de papier remplies de craie pulvérisée, et dont le poids détermine la quantité de gaz produit par chaque cartouche. Une pointe traversant une boîte à étoupe retient toutes les cartouches au-dessus du liquide. En tirant cette pointe, toutes les cartouches descendent; mais la plus inférieure s'arrête sur un point déterminé de l'agitateur placé dans une position convenable. La pointe, lâchée par la main de l'opérateur, retient toutes les autres cartouches; l'agitateur, qui est armé de pointes, déchire en tournant le papier de celle qui est tombée, et multiplie les points de contact entre l'acide sulfurique et la craie.

L'acide carbonique développé se rend de là dans deux vases laveurs (1), où il n'arrive cependant qu'après avoir traversé deux flanelles chargées d'arrêter les matières solides, qu'une trop grande effervescence aurait soulevées dans le développement. De là le gaz se rend dans un grand cylindre contenant de l'eau, avec laquelle

(1) Dans quelques appareils, M. Savaresse, du consentement de l'acquéreur, supprime les vases laveurs qui en augmentent notablement le prix, et qui, d'après sa longue expérience, n'ont aucune utilité réelle. En effet, aucun des carbonates auxquels on peut recourir pour la fabrication industrielle de l'eau de Seltz ne contient de matière susceptible d'être entraînée, soit à l'état gazeux, soit à l'état de vapeurs, jusque dans le récipient où l'acide carbonique doit se combiner à l'eau, et qu'il soit nécessaire de faire absorber par l'eau des vases laveurs.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

on détermine sa combinaison par un mouvement oscillatoire. Un manomètre placé sur l'un des vases laveurs indique la pression générale de l'appareil, et avertit du moment où l'embouteillage est convenable.

Ce manomètre, qui est à air comprimé, diffère des manomètres ordinaires par une condition remarquable. Comme il a pour but d'indiquer constamment une pression maximum qu'on ne doit pas dépasser, M. Savaresse a pensé à le raccourcir par les moyens suivants.

La partie inférieure du tube de verre porte un renflement, dans lequel le mercure s'accumule sans donner d'indications, tant que la pression n'approche pas des limitées déterminées. Mais cette condition appartient à beaucoup de manomètres dont on veut diminuer les dimensions. Ce qui distingue plus particulièrement celui de M. Savaresse, c'est qu'un renflement semblable termine l'extrémité supérieure du tube. Il résulte de cette disposition que lorsque le mercure atteint ce second renflement, il cesse de donner des indications; mais aussi c'est que la pression a dépassé le maximum voulu, et qui se trouve sur la portion du tube intermédiaire entre les deux renflements. Il en résulte, en outre, que la capacité du tube étant une très petite portion de la capacité totale, les indications données par ce même tube sont très sensibles, puisque plusieurs décimètres peuvent ne pas équivaloir à une atmosphère, et qu'on atteint la pression déterminée avec une très grande précision (1).

L'embouteillage se fait ordinairement en plaçant la bouteille sous un ajutage du récipient contenant le liquide comprimé, et disposé

(1) Puisque je me trouve ramené sur le terrain des manomètres, permettez-moi d'indiquer ici un principe que j'ai appliqué à la mesure de très hautes pressions, lorsque je m'occupais de gaz comprimé. Mon manomètre se compose de trois capacités de dimensions très différentes, communiquant ensemble et surmontées chacune d'un tube de verre. La première (la plus petite) sert à indiquer les premières atmosphères de pression; mais lorsque les divisions commencent à se rapprocher au point de ne plus donner d'indications convenables, le second tube, dont la capacité est alors entièrement remplie, commence à donner les atmosphères suivantes. Il en est de même du troisième, dans lequel le mercure n'arrive que lorsque le second cesse de donner des indications suffisamment précises. On peut, en multipliant ainsi les capacités, indiquer, avec une extrême précision plusieurs centaines d'atmosphères de pression.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de manière qu'un bouchon, placé dans une douille au-dessus de cet ajutage, puisse être chassé dans le goulot de la bouteille au moyen d'un levier, la bouteille étant maintenue contre l'ajutage à l'aide d'une pédale. Mais cette bouteille contient de l'air qu'il faut nécessairement en chasser, ce qu'on fait en lâchant un peu la pédale qui détache la bouteille de l'ajutage ; mais, si rapidement qu'on fasse ce mouvement, la pression a cessé sur le liquide de la bouteille, et une partie du gaz s'est échappée.

Dans ces conditions, il n'est pas possible de remplir complétement une bouteille d'un liquide mucilagineux, tel qu'un sirop, de la bière, etc., parce que, si on veut faire sortir l'air, le gaz du liquide le soulèvera à l'état de mousse, et rien au monde ne pourra la faire disparaître.

M. Savaresse a imaginé une disposition ingénieuse qui pare entièrement à cet inconvénient. L'ajutage, auquel s'applique la bouteille, a une communication avec la partie supérieure du récipient contenant le liquide. L'air de la bouteille s'échappe par cette communication, et va occuper la partie supérieure du récipient, où, trouvant un matelas d'acide carbonique plus lourd que lui, il ne peut arriver en contact avec le liquide, et par conséquent s'y dissoudre.

Les liquides mucilagineux ne peuvent pas non plus se convertir en mousse, parce que la pression reste la même dans la bouteille qui se remplit complétement. Enfin comme, à mesure que le récipient se vide de liquide, il se remplit d'acide carbonique fourni par le premier vase, la saturation du liquide reste la même, puisqu'on peut maintenir tout l'appareil sous une pression sensiblement constante.

Chacun sait qu'en débouchant une bouteille de champagne ou d'eau de Seltz, il se fait une véritable explosion, qui non seulement projette une portion du liquide au dehors, mais que, pour l'eau de Seltz surtout, le premier verre est seul sapide, les derniers ne conservant qu'une très petite portion d'acide carbonique.

Cet inconvénient a donné lieu à l'invention d'un petit appareil, imaginé par M. Deleuze et appelé *vide-champagne*. Il se compose d'une tige creuse, filetée à l'extérieur comme un tire-bouchon. Cette tige est ensuite recourbée, et reçoit, dans sa courbure, un robinet ou une soupape à levier.

On enfonce la portion filetée dans le bouchon, jusqu'à ce que l'extrémité inférieure de la tige atteigne le fond de la bouteille ; puis on ouvre le robinet ou la soupape, et le liquide s'élance par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'extrémité recourbée de la tige avec une vitesse mesurée par la pression intérieure de la bouteille.

Cet appareil n'a pas eu de succès, parce que le vin de Champagne ou l'eau de Seltz perd une quantité considérable d'acide carbonique, dégagée par le frottement du liquide contre les parois du tube étroit qu'il est obligé de traverser. Il en résulte que l'eau y perd presque toute sa sapidité, et que le champagne le plus chargé d'acide carbonique est à peine mousseux, malgré ses propriétés légèrement mucilagineuses.

Il ne faut pas songer à augmenter le diamètre du tube dans le vide-champagne, parce qu'alors il serait impossible de l'introduire dans la bouteille à travers le bouchon; mais on peut, comme l'a fait M. Savaresse, rendre l'appareil permanent sur le vase qui contient le liquide et lui donner un diamètre suffisant pour rendre le frottement beaucoup moins considérable. Il résulte de cette disposition que le liquide conserve une quantité suffisante d'acide carbonique pour avoir toute la sapidité désirable au moment où on le boit. Une expérience faite par M. Soubeiran, et signalée dans un rapport fait par lui à l'Académie de médecine, a été concluante à cet égard.

On a retiré, de deux heures en deux heures, d'une *bouteille siphoïde* de M. Savaresse un verre d'eau gazeuse, puis on a déterminé la quantité de gaz contenue dans chaque verrée, et l'expérience a donné, pour chacune, un volume de gaz sensiblement égal.

A la vérité, cette même expérience a aussi démontré que chacune des verrées est moins chargée de gaz que la première verrée d'une bouteille débouchée à la manière ordinaire, mais que la quantité qu'elle en contient est plus que suffisante pour donner à l'eau toute la sapidité convenable.

L'emploi des vases siphoïdes de M. Savaresse diminue notablement la main-d'œuvre de la fabrication de l'eau de Seltz, puisqu'il dispense des bouchons et de la ficelle, et qu'il permet l'exclusion complète de l'air renfermé dans le vase, condition qui porte le prix de revient d'une bouteille d'eau gazeuse à 1 ou 2 centimes au plus. A la vérité, le prix de ces vases est de beaucoup supérieur à celui des bouteilles; mais c'est un inconvénient tout-à-fait indifférent au consommateur, qui ne paie à l'établissement, auquel M. Savaresse a cédé son brevet, que le prix de l'eau, et non celui du vase, qui est repris par l'administration. Ajoutons que la substitution du grès au verre, en diminuant la fragilité du vase, est encore une nouvelle cause d'économie.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Glacière des familles.—Cet utile et ingénieux appareil, qui ne date guère que de l'exposition, a déjà acquis une popularité qui ne peut que s'accroître avec le temps, et que vient, tout récemment, de sanctionner un rapport à l'Académie des sciences, d'une commission composée de MM. Pouillet, Francœur et Babinet. J'ai vu naître cet appareil et j'ai acquis personnellement la certitude de son efficacité dans les circonstances les moins favorables au résultat. Mais, comme l'autorité de l'Académie des sciences est de nature à porter plus de conviction dans l'esprit de vos lecteurs que mes assertions, c'est en grande partie au rapport de M. Babinet que je vais en emprunter la description.

« L'Académie nous a chargés de lui faire un rapport sur un appareil destiné à faire de la glace, et auquel M. Villeneuve, qui le présente, donne le nom de *congélateur* ou *glacière des familles*, pour indiquer que par son moyen on peut, en toute saison, dans toute localité, au moyen d'ingrédients d'une manipulation facile, et fournis en grande abondance et à bas prix par le commerce, se procurer plusieurs kilogrammes de glace très pure et très compacte, et, si l'on veut en même temps, confectionner toutes les préparations rafraîchissantes que, dans l'art du limonadier, on appelle des *glaces*.

» Sans rappeler ici tous les procédés que les arts ont empruntés aux sciences pour faire de la glace, procédés qui ont été plutôt proposés que pratiqués en grand, il nous suffira de dire que c'est au moyen du sulfate de soude du commerce, mélangé avec de l'acide chlorhydrique non concentré, que M. Villeneuve obtient un mélange réfrigérant capable de produire, dans son appareil, en moins d'une heure de temps (1), et avec une dépense d'environ 2 francs, 3 à 5 kil. de glace. Le principe de la production du froid par le mélange de l'acide et du sel n'offrant scientifiquement rien de nouveau, il est évident que c'est par un succès infaillible à toute température que l'appareil de M. Villeneuve se recommande à l'attention de l'Académie.

» On en aura une idée exacte en se figurant un cylindre creux destiné à recevoir le mélange réfrigérant, et enveloppé lui-même d'une capacité cylindrique destinée à recevoir l'eau, qui devient un cylindre creux de glace par l'effet du réfrigérant intérieur. Dans le mélange même plonge un autre vase cylindrique, fermé par le bas, que l'on fait tourner au moyen d'une manivelle, et qui, par des

(1) J'ai vu fréquemment l'opération terminée en une demi-heure.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

saillies convenables, agite le mélange et renouvelle les points de contact du corps réfrigérant avec ce vase intérieur comme avec le vase extérieur. Ce vase creux, et fermé au fond, porte, dans l'art du glacier, le nom de *sarbotière*. Si on le remplit d'eau, cette eau se gèle elle-même comme l'eau environnante, et l'on obtient deux cylindres de glace d'environ 4 kil., l'un creux, l'autre plein. Mais, si l'on veut préparer des glaces, la sarbotière, ou cylindre intérieur, est chargée avec la préparation alimentaire qui doit être glacée et l'on opère comme avec le mélange ordinaire de glace et de sel.

» L'appareil a fonctionné un grand nombre de fois devant vos commissaires, et généralement à des températures de 15 à 20 degrés centigrades (1), et toujours avec un succès complet. La glace était compacte, abondante, et le prix de revient était de 30 à 40 cent. le demi-kil. Ce prix s'abaisse lorsque l'on opère sans trouble, et que l'on ne tient pas à économiser le temps, parce qu'alors on ne renouvelle les mélanges qu'après qu'ils ont produit tout leur effet. Chaque opération donnant de 3 à 4 kil. de glace, exige environ une heure de temps. L'acide et le sel se débitent à bas prix et en grandes masses, et n'atteignent pas 20 fr. les 100 kil.

» Nous n'insisterons pas sur les usages hygiéniques et thérapeutiques de la glace, pas plus que sur son emploi comme objet de luxe et d'agrément dans les diverses préparations alimentaires. Les usages scientifiques de ce précieux produit, quand on peut se le procurer à volonté dans toute localité, ne sont pas douteux. Votre commission a surtout été frappée de l'utilité du *congélateur* pour les habitations isolées, les localités éloignées des glacières, et les pharmacies des petites villes et bourgades. L'appareil de M. Villeneuve répond à tous les besoins et à toutes les exigences; aucun des réactifs qu'il emploie n'est classé parmi ceux dont la vente est entourée de précautions contre les accidents possibles, résultant de leur distribution à des personnes inexpérimentées.

. . . . . .

» La commission propose donc à l'Académie de donner son approbation à l'appareil de M. Villeneuve, tant sous le rapport de la congélation de l'eau que sous celui du confectionnement des glaces. »

J'ajouterai que le mélange frigorifique indiqué par le rapport n'est

(1) J'ai vu faire l'opération, avec le même succès, en plaçant l'appareil devant une cheminée alimentée par un grand feu de houille qui portait la température de la pièce au moins à 35° centigrades.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pas le seul dont on puisse se servir avec l'appareil de M. Villeneuve ; qu'un mélange d'eau et de nitrate d'ammoniaque produit le même résultat, avec cette différence importante, toutefois, qu'en faisant évaporer sur un feu doux l'eau de ce mélange, on reconstitue au nitrate d'ammoniaque ses propriétés primitives, et qu'il peut indéfiniment servir à de nouvelles opérations, tandis que le mélange d'acide chlorhydrique et de sulfate de soude ne peut servir qu'une fois. Le choix à faire est dans la dépense première, qui est plus considérable pour le nitrate d'ammoniaque, mais qui ne se renouvelle pas.

Dans les plus petits appareils, outre le cylindre de glace extérieur, on obtient, pour les frais indiqués dans le rapport, de vingt-cinq à trente glaces aussi volumineuses et aussi compactes que celles des cafés ; et si l'on considère que dans ces établissements, pour congeler les sorbets, fromages, bichoffs, le punch à la romaine, etc., pour faire toutes sortes de glaces, pour frapper l'eau et le vin ou toute autre espèce de liqueur, on emploie un mélange de glace ordinaire, de sel marin et de salpêtre, et que dans les localités où la glace est abondante ce réfrigérant occasionne une dépense plus forte de temps et d'argent que le congélateur, on donnera nécessairement la préférence à celui-ci, puisqu'il produit des résultats plus prompts, plus considérables et moins coûteux.

Capsules pour bouteilles. — Une fabrication dont les Parisiens, du moins les consommateurs, connaissent à peine les produits, qui en revanche sont singulièrement appréciés dans l'Inde et dans les pays chauds, est celle des capsules pour bouteilles de M. Dupré. Ces capsules, qui sont destinées à remplacer la ficelle et le fil de fer, ainsi que le goudron si malpropre et si peu conservateur dont on a encore trop fréquemment l'habitude de coiffer les bouteilles des meilleurs vins, sont en étain pur. On les place sur le bouchon, qu'elles enveloppent, ainsi que le goulot des bouteilles jusqu'au-dessous du cordon, où elles sont étranglées, par une forte ficelle qu'on tient serrée au moyen d'une pédale, pendant qu'on imprime à la bouteille un mouvement de rotation qui achève de sertir l'étain contre le goulot avec une énergie suffisante pour empêcher toute fuite, soit de liquide, soit de gaz, dans le cas où le bouchon serait défectueux, la résistance de la capsule étant plus que suffisante pour supporter l'effort du gaz sans se déchirer, lors même que cet effort serait assez puissant pour faire rompre la bouteille.

Exécutée avec le cachet du fabricant, pour les produits spéciaux,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ou, pour les vins, avec la marque du propriétaire de vignoble, cette capsule prévient en outre la fraude si commune chez les détenteurs de seconde main, qui savent parfaitement, au moyen d'une empreinte de plâtre, se procurer un cachet qui reproduit suffisamment une marque quelconque sur la cire dont ils coiffent les bouteilles falsifiées.

Depuis un assez grand nombre d'années, le vin de Château-Laffite ne s'expédie plus dans l'Inde ou dans les colonies sans la garantie de la capsule Dupré, parce que, outre la sécurité qu'elle présente contre le coulage, elle garantit les vins de l'odeur du rat musqué, qui, en attaquant le bouchon seulement goudronné, y laisse une trace tellement indélébile de son passage, que les habitants prétendaient autrefois que cette odeur traversait le verre.

D'autres ont successivement suivi cet exemple, tant en Bourgogne qu'en Champagne, et avant peu il est probable que cette utile fermeture sera appliquée à tous les vins destinés à l'exportation.

Les procédés de fabrication de M. Dupré ne sont pas moins ingénieux que ne sont utiles les résultats qu'il en obtient.

Vers 1834, il débuta par fabriquer ses capsules au moyen du tour. La main-d'œuvre était d'un prix élevé, et il avait choisi le plomb pour pouvoir livrer ses produits à bon marché. Mais ce métal présentait l'inconvénient de s'oxider par le contact du vin qui suinte à travers le bouchon, inconvénient que les ennemis de toute innovation ont exagéré et qui a failli tuer cette industrie naissante. M. Dupré n'a pas perdu courage, et a cherché dans l'économie de la main-d'œuvre la possibilité de substituer au plomb l'étain pur, qui est d'une innocuité parfaite. Il a alors remplacé le tour par le balancier; et comme, par ce dernier outil, il voyait de fréquentes et graves blessures arriver aux doigts de ses ouvriers, il a substitué au balancier une machine qui, dans un seul jour, confectionne de 18 à 20,000 capsules d'étain. Elle se compose, en principe, d'une série de matrices au-devant de chacune desquelles est une espèce de piston qu'un mouvement alternatif fait entrer et sortir de la matrice. Pistons et matrices vont en décroissant de diamètre, d'une extrémité de la machine à l'autre.

Une disposition qu'il serait impossible de bien décrire sans figures a pour résultat de déterminer, dans le sens transversal de la machine, le mouvement alternatif d'une série de godets chargés de faire passer chaque capsule de la première matrice à la seconde, de celle-ci à la troisième, et ainsi de suite. Il suffit donc de présenter un disque d'étain à la première matrice, dont le poinçon dé-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

termine, sur le pourtour de ce disque, un rebord très peu élevé; de là, la capsule commencée passe devant la seconde matrice, qui, étant plus étroite, oblige son poinçon à augmenter la hauteur du rebord, de sorte que la capsule, cheminant de matrice en matrice, se rétrécit de plus en plus, en même temps que la hauteur de son bord augmente jusqu'à la dernière, dont le poinçon est disposé de manière à rogner ses bavures, et à lui laisser une hauteur constante. Dans cet état, elle vient s'aboucher avec celles qui sont déjà terminées et qui glissent sur un plan incliné.

Il est bien entendu qu'aussitôt qu'une capsule commencée a quitté la première matrice, une ouvrière la remplace par une nouvelle rondelle, et que les treize poinçons qui composent la machine sont simultanément occupés.

L'usine d'Arcueil, où M. Dupré fabrique ces capsules, occupe constamment quatre de ces machines, dont le nombre ne tardera probablement pas à être doublé, tant la consommation augmente chaque jour.

Le prix de ces capsules en étain pur est peu élevé eu égard au prix du métal et au coup d'œil agréable qu'il donne à la bouteille. Il varie de 10 fr. le mille, pour les liquides non gazeux, à 55 fr. pour ceux qui peuvent développer une pression intérieure considérable.

Je regrette de ne pas être autorisé à décrire à vos lecteurs un procédé aussi simple qu'ingénieux au moyen duquel M. Dupré parvient à couler, avec une extrême précision, des bandes d'étain brillant, d'un décimètre de large sur 13 mètres de long, et 2 millimètres d'épaisseur.

Sommiers élastiques. — Puisque je me trouve revenu sur le terrain de l'économie domestique, je crois utile de signaler ici les sommiers élastiques de M. Larivière.

On sait que depuis quelques années l'ancienne paillasse est remplacée, dans beaucoup de couchers, par un sommier composé d'un certain nombre de ressorts à boudin formant deux cônes tronqués opposés par la petite base. Ce progrès, car c'en est un, est cependant accompagné d'un inconvénient qui s'accroit en raison de la douceur du coucher. En effet, cette flexibilité ne peut s'augmenter qu'en augmentant la longueur des ressorts, qui prennent alors un mouvement latéral ondulatoire qui, dans certains cas, et j'en ai vu des exemples, peut produire le mal de mer. Ajoutons que quelques uns de ces ressorts se fatiguent toujours plus que les autres, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

qu'avant qu'on songe à les remplacer, on est souvent et longtemps fort mal couché, en raison des creux que forment les matelas sur les ressorts affaiblis.

Ces inconvénients ont complétement disparu dans les sommiers élastiques de M. Larivière, qui se composent de bandes d'acier trempé placées transversalement sur une caisse occupant le bas de la couchette, et retenues à leurs deux extrémités par des lanières à boucles qui permettent de les courber plus ou moins, et par conséquent d'augmenter ou d'affaiblir leur élasticité aux points convenables, suivant les goûts des personnes qui occupent le lit.

Je fais depuis longtemps usage d'un sommier de ce genre, dont j'ai pu ainsi régler l'élasticité sur tous les points, de la manière la plus commode. Ajoutons que, quelle que soit la place qu'on occupe dans le lit, on trouve, sur chaque ligne transversale, le même degré d'élasticité, et qu'on est aussi bien sur l'un des deux bords qu'au milieu.

Les ressorts de M. Larivière s'appliquent avec le même avantage aux siéges de toute espèce, à leurs dossiers, aux coussins des voitures, etc., etc.

Distillation de l'eau de mer. — Je ne puis parler, comme l'ayant personnellement expérimenté, de l'appareil auquel MM. Peyre et Rocher, de Nantes, donnent le nom de *cuisine distillatoire*, pour rendre, sans frais, l'eau de mer potable à bord des navires; mais j'ai sous les yeux un si grand nombre de certificats émanés de personnes compétentes, et constatant les immenses avantages que présente cet appareil, que je n'ai pas cru pouvoir me dispenser de le signaler ici. Malheureusement, ces mêmes certificats n'énumèrent qu'un très petit nombre des conditions techniques de l'appareil, et se bornent à en décrire les nombreux avantages qui le font adopter avec empressement par les armateurs, surtout pour les bâtiments qui transportent des passagers ou des bestiaux; car, à l'importante condition d'avoir constamment de l'eau fraiche à bord, s'ajoute, comme conséquence forcée, une grande augmentation du fret que les bâtiments peuvent prendre, débarrassés qu'ils sont des caisses à eau, dont l'emplacement est occupé par des marchandises.

Mon principal but, en appelant l'attention sur cet appareil, a été d'en indiquer l'utilité dans une foule d'établissements où l'eau distillée pourrait remplacer avec avantage l'eau de puits et même celle de certaines rivières. Dans Paris, par exemple, les expérimentateurs qui n'ont pas à leur disposition un laboratoire dont le gou-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vernement fait les frais d'entretien, sont fréquemment arrêtés par la dépense que nécessite l'eau distillée à laquelle on a depuis longtemps renoncé pour le daguerréotype, au grand détriment des épreuves qu'on altère fréquemment par l'emploi de l'eau ordinaire, à laquelle on a recours, parce qu'on ne se soucie pas de la payer chez les pharmaciens de 40 à 50 centimes le litre.

Si l'appareil Peyre et Rocher, comme cela parait constaté par de nombreuses expériences, fournit abondamment de l'eau distillée, sans augmentation de combustible, tout en faisant la cuisine des navires, et même en y cuisant le pain, il y aurait, ce me semble, un avantage notable à l'employer dans de grands établissements comme les hôpitaux, les prisons, les pensionnats, où la vente de l'eau distillée compenserait rapidement les frais d'acquisition, qui, au surplus, ne paraissent pas plus considérables que ceux de la plupart des fournaux employés dans ces établissements.

Tuyaux en fer étirés à froid. — Ces tuyaux, dont les emplois sont très nombreux, sont exécutés par un procédé remarquablement simple et ingénieux, qui, sans exiger de soudure, donne à l'arête de jonction une solidité beaucoup plus grande que dans les autres parties du tube. Voici comment opère M. Hector Ledru, inventeur de ce procédé. La bande de tôle destinée à la fabrication du tuyau est d'abord relevée de quelques millimètres sur ses deux bords, puis courbée de manière à mettre les deux plis en contact. Une autre bandelette, très étroite, et dont les deux bords sont également relevés, est introduite dans le tuyau de manière à prendre les plis de celui-ci entre ses lèvres. A l'aide du marteau ou d'une pince, on aplatit, à l'un des bouts du tuyau, ces quatre plis de manière à les agrafer réciproquement, et l'on introduit, dans ce même tuyau, un mandrin sur une arête duquel est pratiquée une rainure dont la largeur et la profondeur sont en rapport avec l'épaisseur de la tôle et la largeur de l'agrafe. On passe le tout dans une filière, dont la pression comprime énergiquement ces plis et donne à la jonction une extrême solidité.

La rapidité avec laquelle s'exécute cette opération permet de livrer ces tuyaux, pour poêle et cheminée, au même prix que les tuyaux ordinaires, et à un prix beaucoup inférieur au plomb pour les conduites de gaz. Dans cette application, outre une économie considérable, ces tuyaux présentent, sur le plomb, l'avantage de n'être pas mangés par les rats, qui s'attaquent fréquemment aux soudures, à cause de la graisse ou de la résine employée par les

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plombiers, et dont ces animaux se contentent faute de mieux. On sait que de nombreuses explosions de gaz sont dues à cette cause longtemps inconnue, mais qu'on a, dit-on, constatée d'une manière positive.

Les tuyaux de M. Ledru sont galvanisés, et peuvent, par conséquent, résister indéfiniment dans les endroits humides où s'oxiderait le fer ordinaire. On peut, en outre, les exécuter en cuivre ou en tout autre métal, et y ajouter, dans certains cas, la garantie d'une soudure pour éviter les fuites de gaz.

En tôle, ces tuyaux résistent à dix atmosphères de pression; mais, dans certains cas spéciaux, on peut fabriquer des tuyaux à parois doubles solidaires, composés de deux tubes retreints l'un sur l'autre, et dont les surfaces sont parfaitement adhérentes sur tous les points, chaque portion de tôle ayant été galvanisée à l'avance, c'est-à-dire recouverte d'une couche de zinc, dont la fusion, déterminée par une dernière immersion dans le bain de zinc, après la confection du double tuyau, forme une soudure indestructible.

Nouvelle machine à vapeur rotative. — Bien que cette machine ne figurât pas à l'exposition, et que même elle n'existât à cette époque qu'à l'état très rudimentaire, elle présente, dans ses dispositions, un tel degré de simplicité originale que je ne puis résister au désir d'en consigner ici le principe général, qui appartient à M. Isoard, dont j'ai déjà eu occasion de signaler les ingénieux travaux en traitant des *instruments de musique*, tome XVII, page 308 et suivantes.

Qu'on se figure un anneau creux en cuivre rouge d'une épaisseur suffisante pour résister à l'énorme tension de la vapeur qui doit s'y engendrer. Cet anneau mobile, sur un axe également creux, communique avec lui au moyen d'un canal pratiqué dans l'épaisseur de l'un des rais qui réunissent l'anneau à son axe. Sur un point de la circonférence extérieure de l'anneau est un ajutage dont l'orifice est perpendiculaire au rayon de l'appareil.

Enfin, une petite pompe mise en mouvement par la rotation même de l'anneau injecte, à chaque tour, dans l'axe creux, une certaine quantité d'eau qui va se convertir en vapeur dans l'anneau, au-dessous duquel est un foyer circulaire incandescent. Dans l'expérience à laquelle j'ai assisté, le diamètre de l'anneau ne dépassait pas 30 centimètres, et le combustible était de l'alcool. Rapidement échauffé par la flamme de l'alcool, l'anneau a pris un mouvement de rotation réellement effrayant, produisant sur la flamme, par

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

l'effet de la force centrifuge, une action énergique qui en faisait un magnifique soleil d'artifice. Dans ces petites dimensions, l'appareil produisait une force motrice très notable, et qu'une grossière expérience m'a permis d'évaluer à près d'un demi-cheval vapeur.

Cette machine est, comme on le voit, du genre de celles qu'on désigne sous le nom de *machine à réaction*, qui, jusqu'à présent, n'ont présenté aucun avantage réel sur les machines ordinaires. Mais si l'on considère que, dans celles-là, la vapeur, en passant de la chaudière dans la roue, y subit une détente considérable qui en diminue singulièrement l'action, tandis que, dans l'appareil de M. Isoard, la vapeur, engendrée dans la roue elle-même, y acquiert immédiatement une tension énorme, sous laquelle elle opère à sa sortie de l'ajutage, l'on se rendra compte de la différence bien tranchée qui existe entre les deux systèmes.

Un phénomène assez remarquable, c'est qu'il ne faut injecter, à la fois, qu'une très petite quantité d'eau dans l'appareil, dont le mouvement se ralentit aussitôt qu'on a dépassé certaines limites dans la quantité de l'injection, qu'il faut régler avec une très grande précision pour obtenir le maximum d'effet.

Une autre machine de beaucoup plus grandes dimensions est en construction et doit marcher à la houille. Essayée dans des conditions très défavorables, c'est-à-dire en injectant l'eau par une pompe manœuvrée à la main, elle a cependant dépassé l'attente des personnes présentes à l'expérience.

Dans cette machine, le foyer est fixé après l'anneau, et tourne avec lui, condition qui, en obligeant l'air à se précipiter violemment sur le combustible, active le feu avec une extrême énergie et brûle toute la fumée au grand profit de la machine, qui peut, par conséquent, employer directement la houille, sans qu'il soit nécessaire d'établir ces immenses cheminées dont la construction est si dispendieuse.

J'ajouterai que tout fait présumer la possibilité d'appliquer aux machines de petites dimensions le gaz d'éclairage comme combustible, et, par conséquent, de les introduire dans de nombreux ateliers parisiens, obligés de recourir au service des roues manœuvrées à bras d'homme, force motrice encombrante et coûteuse, surtout lorsqu'elle n'est pas permanente, et qui manque fréquemment au moment du besoin.

La promptitude avec laquelle la machine pourrait être mise en train, l'instantanéité de la suppression de toute combustion devenue inutile serait, ce me semble, une compensation plus que suffi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sante du prix plus élevé du combustible, si tant est qu'il doive y avoir une différence.

Je ne saurais trop engager M. Isoard à faire des expériences dans cette direction. En cas de succès, il aura rendu un immense service à une foule d'industries auxquelles manque une force motrice toujours prête, et ne coûtant rien lorsqu'on n'en fait pas usage.

Marteau à vapeur. — Ceux de vos lecteurs qui ont pris la peine de parcourir ces *Études* se rappeleront sans doute la grande discussion dont j'ai rendu compte, tome XVII, page 138 et suivantes, entre M. Nasmith et M. Schneider, du Creuzot, au sujet du marteau à vapeur, dont l'invention était réclamée à la fois par M. Bourdon et M. Nasmith, et qui définitivement s'est trouvée être de M. Cavé. Eh bien, M. Cavé n'était pas plus l'inventeur de cet appareil que MM. Bourdon et Nasmith, ainsi qu'il résulte d'une patente prise le 6 juin 1806, par W. Deverel, et publiée dans le tome IX du *Repertory of Arts*, seconde série, page 387, que j'ai en ce moment sous les yeux, et dont je vais donner une traduction aussi littérale que possible.

« Je forme de la vapeur dans une chaudière à la manière ordinaire. J'ai un cylindre à vapeur contenant un piston et sa tige. A l'extrémité de la tige qui sort du cylindre est un marteau qui y est soudé ou fixé d'une manière quelconque. La vapeur de la chaudière est introduite sous le piston au moyen de l'ouverture d'un robinet ou d'une valve ; l'air, au-dessus du piston, se trouve comprimé par la pression plus grande de la vapeur admise au-dessous. Lorsque le piston a été élevé à une hauteur donnée, on ouvre au-dessous du piston une communication avec un vide opéré à la manière ordinaire, ou bien on laisse la vapeur s'échapper dans l'atmosphère. L'air comprimé au-dessous du piston chasse le marteau avec une vitesse égale à sa compression. Il peut y avoir un vase en partie rempli d'eau, dont le haut communique avec le cylindre. A la partie supérieure du piston peuvent être des soupapes, ou robinets, ou autres dispositions pour régler l'eau, de manière que l'air soit comprimé en raison de la vitesse à donner au marteau. Le marteau peut être mû par la vapeur ou quelque autre ressort qui convienne au but qu'on se propose, ou par la vapeur seule. Le poids du marteau peut être égal à la pression de la vapeur, de manière à fonctionner sans ressorts. Le poids du marteau peut être réglé suivant le besoin, en enlevant le marteau et en le remplaçant par un autre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de dimensions différentes. Le marteau peut avoir un *still* (1), et le piston peut être adapté au marteau ou au *stilt*, selon que l'occasion le requiert; ou bien il peut y avoir un levier ou des leviers; l'un ou l'autre peut être adapté à la tige du piston, de manière à donner le mouvement au marteau ou aux marteaux; car on peut en faire travailler plus d'un de cette manière. Il peut y avoir des marteaux mis en mouvement par les deux extrémités du cylindre, parce que la tige du piston peut sortir par ces deux extrémités, et l'air peut être comprimé dans le cylindre ou toute autre voie convenable. Le marteau ou les marteaux peuvent recevoir leur mouvement de la tige, sans être réunis avec elle en faisant frapper la partie postérieure du stilt du marteau, ou autrement en agissant sous le stilt à l'extrémité où est le marteau. Mais cela peut s'exécuter de plusieurs manières qu'il n'est pas nécessaire de décrire.

» Les étampes peuvent être mues de la même manière que les marteaux. La méthode dont je fais usage pour faire travailler les *presses* est la suivante : j'ai un levier ou des leviers composés, dont une extrémité est mobile sur un axe, et la tige du piston est adaptée à une extrémité de ces mêmes leviers; et, lorsque la vapeur est admise contre le piston, celui-ci soulève ou comprime ces leviers, comme on peut le désirer. Le levier ou les leviers peuvent être fixés de manière à agir perpendiculairement, horizontalement, ou dans une direction donnée. La forme, les dimensions de la presse peuvent varier suivant les circonstances. Les tranchants peuvent être adaptés à la tige du piston; toute autre chose convenable peut y être adaptée; ou bien la tige du piston peut être adaptée à plusieurs leviers ou à plusieurs tranchants, ou d'autres leviers peuvent être employés pour agir sur les tranchants. Mais ces tranchants peuvent être fixés de diverses manières, pour déchirer le fustet, le bois de Campêche ou d'autres bois. On peut aussi adapter à certains points de la tige du piston toute chose convenable qu'elle puisse faire agir. On peut faire travailler les cisailles en adaptant la tige du piston à l'extrémité du levier des cisailles, ou bien on peut employer un second levier ou plusieurs si cela est nécessaire, de manière que la tige du piston soit attachée à quelque partie convenable pour donner le mouvement aux cisailles.

» J'applique aussi la méthode ci-dessus à donner le mouvement aux soufflets. Dans ce cas, la tige du piston peut être adaptée à la

(1) Mon peu d'habitude de la technologie des grandes forges ne m'a pas permis de trouver l'équivalent français de cette expression, dont le sens propre est *béquille*, et que je serais tenté de traduire par *manche*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

partie postérieure du soufflet, ou on peut employer des leviers séparés adaptés à certaines parties du soufflet. »

On voit que cette patente, à laquelle j'ai voulu conserver toute la naïveté qui constitue ordinairement une patente anglaise, signale non seulement le principe et toutes les applications que j'ai décrites au commencement de ces *Études*, mais encore les pousse beaucoup plus loin, en indiquant un grand nombre de conséquences auxquelles les contendants *n'avaient nullement songé*.

Arrivé au terme d'une tâche aussi longue et aussi pénible que celle que je viens d'accomplir, je crois pouvoir, sans craindre d'être démenti par aucun de ceux de vos lecteurs qui ont bien voulu me suivre dans mes laborieuses investigations, que, sur quelque terrain qu'elles m'aient conduit, quels qu'aient été les noms qui se sont trouvés sous ma plume, je n'ai pas failli un seul instant à la loi d'impartialité, qui seule pouvait donner quelque valeur à mon travail. Si, dans quelques circonstances, j'ai pu sembler me départir de la modération de mon langage habituel, si le *moi* a quelquefois paru dominer dans quelques unes des pages qui précèdent, on me rendra, j'espère, la justice de m'accorder que les faits qui les ont motivées sont plus que suffisants pour justifier un peu d'émotion, et qu'il est tout simple que mon style s'en soit ressenti.

Au moment où j'écris ces dernières lignes, 500 pages de mon travail ont subi l'épreuve de la publicité, et une seule réclamation s'est formulée contre une de mes assertions. Cette réclamation est de M. Barker, dont j'ai dit, page 415 et 416 du tome XVII de la *Revue*, qu'avant de breveter l'appareil employé dans les orgues de de la maison Girard, pour produire l'expression, il avait vu, dans les ateliers de MM. Cavaillé-Coll, un régulateur que je leur avais confié pour produire le même résultat, et que même il avait coopéré aux expériences qui y ont été faites avec cet appareil.

« Il est vrai, dit M. Barker, que j'ai vu dans les ateliers de M. Cavaillé-Coll, il y a quatre ans, cet appareil, et que j'ai assisté à des expériences faites pour constater son efficacité, en déterminant l'écoulement de l'air comprimé à une pression constante, *mais aucunement comme moyen pour obtenir de l'expression dans les orgues.* Si, plus tard, puisant dans un principe déjà et depuis fort longtemps dans le domaine public, j'ai pu, par des modifications essentielles, en faire une application nouvelle, à quel titre M. Boquillon trouve-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

t-il là une infraction à ses droits, restés stériles à cet égard, ne fussent-ils même illusoires, comme je vais le démontrer?

» Ceux de vos lecteurs qui connaissent le régulateur à gaz, breveté par M. Boquillon, en 1836, trouveront dans *The Repertory of patent inventions*, etc., la description, accompagnée d'un dessin, d'un appareil identique dans tous ses rapports, inventé et breveté, en 1826, par M. Samuel Crosley, etc. etc. »

Il paraît que M. Barker s'est borné, pour apprécier l'étendue de mes droits, à recourir au titre de mes brevets, sans prendre connaissance de leur texte : autrement, il eût vraisemblablement hésité à déclarer l'identité de mon appareil avec celui de M. Crosley, dont je donne moi-même la description dans un certificat d'addition du 3 août 1838, en indiquant que la description originale se trouve tome VIII, page 275, de la collection précitée ; et un peu de réflexion l'eût averti qu'il n'était guère vraisemblable que j'eusse été assez niais pour constater moi-même l'identité de cet appareil avec celui dont je prétendais m'assurer la propriété exclusive, si cette identité eût été aussi évidente que l'affirme M. Barker, auquel je ne pense pas qu'il me soit possible de faire comprendre une différence qu'il n'a pas aperçue en faisant fonctionner mon appareil lui-même, mais que je vais essayer de rendre intelligible pour vos lecteurs.

L'appareil de M. Crosley, formellement breveté pour régler l'émission du gaz courant d'éclairage, se compose d'une double capacité, cloisonnée par un diaphragme percé d'un orifice circulaire ; cet orifice est traversé par une soupape conique, suspendue par sa pointe à une membrane flexible qui ferme la capacité supérieure de l'appareil, d'où part le tuyau qui conduit le gaz aux becs. Celui-ci est introduit dans la capacité inférieure, d'où il passe, entre la soupape et son siége, dans la capacité supérieure. On comprend que la pression du gaz soulève jusqu'à un certain point la membrane flexible, et détermine la position de la soupape dans son siége ; que si cette émission devient plus grande, la membrane se soulève davantage et fait monter la soupape, ce qui diminue l'orifice annulaire par où le gaz arrive dans la capacité supérieure, et par conséquent la quantité qui s'écoulerait, si cette réduction de l'orifice n'avait pas lieu ; et, réciproquement, que, quand la pression sous la membrane diminue, celle-ci s'abaisse, et que la soupape, descendant avec elle, agrandit l'orifice d'admission qui, se réglant d'après la pression même du gaz, ne laisse passer qu'une moindre quantité sous une plus forte pression, ou une plus grande quantité sous une pres-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sion moindre; condition qui, même dans les limites très faibles de la pression du gaz courant, règle très mal la dépense aux becs, et n'a eu aucun succès en Angleterre.

Mais si, au lieu d'une pression représentée par quelques centimètres d'eau, on veut régler un écoulement uniforme pour des pressions qui, comme je l'ai dit tome XVII, page 199, peuvent varier de 60 atmosphères à 0, l'appareil de M. Crosley sera tout-à-fait inapplicable, en ce sens surtout que, dans les hautes pressions, la soupape, poussée contre son siége par le gaz qui tend à s'échapper, lui fermera hermétiquement le passage.

Mon régulateur repose sur un principe, sinon contraire, au moins notablement différent de celui de M. Crosley. Le gaz, à une pression quelconque dans le récipient, arrive dans le régulateur par une ouverture conique, au-devant de laquelle il rencontre une soupape qui marche à sa rencontre, poussée qu'elle est par un levier mû par le soulèvement d'une paroi mobile, fermant hermétiquement le haut de l'appareil, et dont le poids ou la résistance à se mouvoir détermine la pression dans l'appareil, et par conséquent celle d'écoulement, quelle que soit celle du récipient.

On voit qu'une différence matérielle entre les deux appareils consiste en ce que, dans le régulateur de M. Crosley, le gaz tend à se fermer le passage en agissant directement contre la soupape, tandis que, dans le mien, son action directe tend à éloigner la soupape de son siége. Dans tous deux, il est vrai, la position de la soupape est déterminée par celle que prend la paroi mobile sous la pression du gaz contre cette paroi, mais avec cette différence essentielle que M. Crosley, n'ayant affaire qu'à des pressions très faibles, n'a attaché aucune importance à l'action propre de sa membrane flexible, et que moi, qui avais à lutter contre des pressions énormes, j'ai dû faire une étude approfondie des fonctions de la paroi mobile de l'appareil, étude qui m'a mis à même de lui donner une foule d'applications dont la patente de M. Crosley n'indique pas la moindre trace.

Ces applications se sont successivement formulées dans mes brevets, où l'on trouve de nombreuses indications se rattachant à la propriété inhérente à l'appareil, de faire varier la pression d'écoulement, en faisant varier le poids de la paroi mobile, ou sa résistance à se mouvoir, conditions tout-à-fait négligées par M. Crosley, du moins en ce qui concerne sa patente.

C'est de cette propriété que j'ai engagé MM. Cavaillé-Coll à essayer l'application dans leurs orgues, pour obtenir l'expression,

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

en faisant varier, au moyen d'une pédale, la résistance à se mouvoir, de ma paroi mobile ; car déjà ils avaient appliqué à leurs soufflerries des conditions identiques, en principe, avec celles qui rendent la pression d'écoulement constante dans mon régulateur, lorsqu'on ne fait pas varier le résistance au mouvement de sa paroi mobile.

A qui M. Barker pourra-t-il faire croire que mon régulateur n'avait été confié à MM. Cavaillé-Coll que pour *constater son efficacité, en déterminant l'écoulement de l'air comprimé à une pression constante*, *mais aucunement comme moyen pour obtenir de l'expression dans les orgues*, lorsque son efficacité, sous le premier point de vue, avait été constatée par Savart, qui, comme je l'ai dit, avait obtenu, d'une *sirène*, un son de 16,000 vibrations par seconde, resté d'une constance absolue pour des pressions qui ont varié de 60 atmosphères à 0 ; lorsque, à l'occasion d'un procès dans lequel l'appareil Crosley était également invoqué, MM. Peclet, Francœur et Becquerel ont constaté, comme experts, que le mien réglait l'écoulement avec la précision que je viens d'indiquer ? N'est-il pas évident, au contraire, d'après ces faits irrécusables, que la présence de mon régulateur chez MM. Cavaillé-Coll n'avait et ne pouvait avoir pour but principal que d'essayer son application à l'expression ?

Les renseignements que j'avais obtenus sur l'appareil employé par M. Barker m'avaient donné la conviction qu'il y avait appliqué toutes les conditions de principes de mon régulateur, et j'ai eu le tort de ne pas m'en assurer plus complétement en recourant à son brevet, qui repose entièrement, quant aux conditions de soupape, sur le principe de M. Crosley ; c'est-à-dire que la soupape, au lieu de marcher au-devant de l'air qui pénètre dans le régulateur, est chassée par lui vers son siége, où elle s'appliquerait de manière à lui fermer passage, si la pression de cet air devenait suffisante. Sous ce point de vue, je n'aurais rien à réclamer à M. Barker, s'il s'était borné à appliquer son appareil au gaz d'éclairage ; si au lieu d'une paroi mobile, formée d'un plateau résistant, il avait fermé, comme M. Crosley, son appareil avec une membrane flexible en baudruche, dont la résistance au mouvement ne peut varier que dans des limites très bornées, et qui est par conséquent tout-à-fait inapplicable aux nombreux résultats signalés dans mes brevets ; résultats que je ne pouvais obtenir qu'en adoptant les conditions employées après moi par M. Barker. Les modifications essentielles que, dans sa réclamation, il déclare avoir apportées à l'appareil de M. Crosley, lui ont paru suffisantes pour motiver de

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sa part la prise d'un brevet. Or je viens de démontrer que ces modifications sont de moi, qu'elles sont fréquemment signalées dans mes propres brevets avec les propriétés dont M. Barker a fait l'application aux orgues. J'ai, je crois, surabondamment démontré que cette application était dans ma pensée lorsque j'ai confié mon régulateur à MM. Cavaillé-Coll ; j'ai l'aveu que M. Barker a assisté aux expériences faites avec cet appareil. Que vos lecteurs jugent entre nous (1).

Agréez, etc.,

BOQUILLON.

P. S. Vous me faites remarquer, monsieur, que beaucoup de

(1) En l'absence de M. Aristide Cavaillé, avec lequel je m'étais plus particulièrement entendu lorsque je proposai à sa maison l'essai de mon appareil, je n'avais pas cru devoir m'appuyer sur son témoignage, dont rien cependant ne me permettait de douter. Mais, au moment de mettre sous presse, je reçois de lui une lettre datée de Lorient, 30 septembre 1845, dans laquelle il confirme pleinement mes assertions, en les appuyant de faits précis, dont je ne crois pas inutile de citer quelques uns.

« . . . . En examinant chez moi, le crayon à la main, les principes de ma soufflerie et de votre appareil, nous vîmes ensemble que l'élément principal de ces deux machines avait de l'analogie, et qu'ainsi nous étions arrivés par des voies différentes à une invention qui pouvait amener de grandes améliorations dans l'alimentation des jeux d'orgues.

» Je conserve aussi le souvenir que vous me dites, dans cette circonstance, que votre appareil, outre les diverses pressions qu'il pouvait produire, en variant simplement les poids de la membrane élastique à laquelle se trouve fixée la soupape régulatrice, était encore susceptible de *faire varier la pression d'une manière continue*, puisqu'il ne s'agissait que de faire varier, dans le même rapport, la pression exercée sur la membrane, et, partant, de produire l'expression dans les instruments à anches libres.

» Vous me demandez, monsieur, si M. Barker a eu connaissance de votre appareil à l'époque où il était employé dans nos ateliers? Je vous réponds, ainsi que j'ai déjà eu l'honneur de le faire verbalement, que non seulement il en a pris connaissance, mais qu'il a assisté à quelques expériences auxquelles je l'ai soumis, dans nos ateliers de Saint-Denis, à l'époque où vous me l'avez confié, c'est-à-dire en 1841, et notamment pour mesurer la vitesse des vibrations des diapasons d'orchestre, avec la *sirène* acoustique du baron Cagniard de la Tour, laquelle était insufflée au moyen de votre appareil, et

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

vos lecteurs paraissent regretter mon silence sur les parties de l'exposition que je n'ai pas traitées, soit parce que je me reconnaissais tout-à-fait incompétent, soit parce que les renseignements suffisants m'ont manqué ; et vous me proposez, pour combler ces lacunes, de leur faire une analyse du rapport officiel qui ne peut tarder à paraître. J'accepte cette nouvelle mission, dans laquelle je ferai de nouveaux efforts pour justifier la bienveillance dont ils ont daigné honorer ces *Études*.

où la justesse d'intonation exigeait de *faire varier la pression d'une manière continue, pour trouver le point où la force motrice du vent qui la mettait en jeu répondait à l'intonation que nous avions en vue de mesurer.*

» Ces expériences furent faites à la demande du baron Blein. Elles ont été l'objet d'une lecture à l'Académie dont vous pourriez facilement retrouver la trace, etc., etc. »

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

2e partie

Aréométrie — 5
Appareils de chauffage — 21
Appareils d'éclairage — 39
Balances et appareils de pesage — 63
Serrures — 68
Organes mécaniques divers — 95
Arts de la forme — 102
Lithographie — 169
Fabrication de l'or en feuilles — 207
Verres, cristaux, vitraux — 215
Orfèvrerie — 234
Plaqué — 236
Petits articles — 245
Instrumens de chirurgie — 283
Limes de toutes — 286
Garnitures de fusils — 294
Capsules fulminantes — 296
Aimants artificiels — 296
Distillation de l'eau de mer — 299
Organes employés à froid — 300
Machine soufflante rotative — 301
Marteaux à vapeur — 303
Régulateur Bréguet — 305

1re partie

Etudes techniques — 67
Métaux à tailler — 99
Outillage — 117
Machines à vapeur — 168
Moteurs & m. hydrauliques — 217
Horlogerie — 241
Instrumens d'optique — 332
Instrumens de Musique — 367

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Métiers : Tilder — 99 —

Métier à tisser pour la toile serrée — A. Kuhlin. 99
Fabrication des chales doubles rayés de Mr Barbé Bourgnet — 100
Fabrication des chales doubles de Mr Bonnefrein — 102
Machine à séparer les chales de Mr Bourgnet — 103
remplacement des cartons par la toile metallique de Mr Pelard — 104
remplacement de carton par du papier — Guerard, 105
Battant brocheur de Mr Godemar et Meynier, 106
Battant brocheur de Mr Richard, 106
Métier à la barre de Mr Droudemont, maillons en verre 107
Battant de Mr Droudemont : 108
Notions sur Jacquart, Falcon et Vaucanson 108
rapport de Mr Seguier sur les perfectionnements apportés par Mr D'Ivernois à la Jacquart. 114 — 117

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires