

768

13



Collection honorée d'une
Subvention de l'Association
française pour l'avance-
ment des Sciences.

LA PRODUCTION 468 ÉCONOMIQUE DE LA FORCE MOTRICE

PAR

le BUREAU TECHNIQUE du M. S. I.
(Association d'Ingénieurs spécialistes)

1^{re} Partie

Collection honorée d'une Sub-
vention de l'Association française
pour l'avancement des Sciences.

LES FORCES NATURELLES

(Le soleil — le vent — l'eau)

Bibliothèque Pratique

du

MOIS SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL

2, rue Nouvelle

PARIS-9^e

et 7, passage Lemonnier. — LIÈGE

Comité de Patronage du M. S. I.

(Font également partie du *Comité de Fondation* les personnalités dont le nom est précédé d'un F et qui ont de leurs propres deniers subventionné notre œuvre à ses débuts.)

- F. † M. B. **ABDANK-ABAKANOWICZ**, ing.-conseil.
M. le professeur E. **ARNOLD** (Allemagne)
M. le docteur **D'ARSONVAL**, de l'Institut, professeur au Collège de France.
M. Henri **BECQUEREL**, membre de l'Institut.
M. André **BLONDEL**, ing. des Ponts et Chaussées, prof. à l'École nationale. des Ponts et Chaussées.
M. le professeur **BRANLY**.
F. M. Adolphe **CARNOT**, membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines.
M. Jules **CARPENTIER**, président de l'Association française pour l'avancement des sciences.
M. le professeur **COLOMBO**, président de l'Association électro-technique italienne.
M. **DAVANNE**, président de la Société française de Photographie.
M. Marcel **DEPREZ**, membre de l'Institut, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.
M. le professeur **DU BOIS** (Hollande.)
F. M. C. M. **GARIEL**, membre de l'Académie de Médecine, professeur à l'École de Médecine.
F. M. Eric **GÉRARD**, directeur de l'Institut électro-technique Montefiore, Liège (Belgique).
F. M. **HATON DE LA GOUPILLÈRE**, membre de l'Institut.
M. M. **HUTIN**, ingénieur des Ponts et Chaussées, **L'INSTITUT INTERNATIONAL DE BIBLIOGRAPHIE**, de Bruxelles.
M Paul **JANET**, directeur de l'École supérieure d'Electricité.
M. le professeur Gisbert **KAPP** (Allemagne).
Lord **KELVIN** (Sir W. **THOMSON**).
M. le professeur docteur **KITTLER** (Allemagne).
F. M. Ch. **LAUTH**, directeur de l'École de Physique et Chimie industrielles de Paris.
F. M. **LÉAUTÉ**, membre de l'Institut.
M. Maurice **LEBLANC**, à Paris.
M. Michel **LEVY**, président de la Commission des laboratoires d'essai du Conservatoire des Arts et Métiers.
F. M. G. **LIPPMANN**, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences de Paris.
F. † M. J. **MAREY**, membre de l'Institut.
M. **MASCART**, membre de l'Institut, professeur au Collège de France.
M. **MONNIER**, professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures,
M. de **NERVILLE**, ingénieur des Postes et Télégraphes.
F. † M. A. **POTIER**, membre de l'Institut, professeur à l'École nationale des Mines.
M. le **GÉNÉRAL SEBERT**, membre de l'Institut.
M. le professeur C.-P. **STEINMETZ** (Etats-Unis d'Amérique).
M. le professeur Elihu **THOMSON** (Etats-Unis).
M. **TISSERAND**, directeur honoraire de l'agriculture, conseiller d'Etat.
F. M. **VIOLLE**, membre de l'Institut.
M. le professeur H.-F. **WEBER** (Suisse).
M. le professeur **ZICKLER** Autriche-Hongrie.

Comité de Fondation du M. S. I.

- M. **BERNARD**, ex-ingénieur aux établissements Kulmann.
M. Ch. **BURTON**, ingénieur-électricien.
M. **BARDON**, ingénieur-électricien.
MM. **BLANZY-POURE** et C^{ie}.
M. **BOLLAERT**, ingénieur des Mines.
MM. **CHAUVIN** et **ARNOUX**, construct.-électriciens.
COMPAGNIE GÉNÉRALE DE CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES.
COMPAGNIE GÉNÉRALE DES PRODUITS CHIMIQUES DU MIDI.
M. W. **DE CONINCK**, professeur de chimie à l'Université de Montpellier.
MM. les fils de A. **DEUTSCH**, de la Meurthe.
M. **FLEURY DE LESSEPS**, industriel à Bordeaux.
M. Hippolyte **FONTAINE**, ingénieur-conseil.
M. Alexandre **GRAMMONT**, construct.-électricien,
M. **ITIER**, ingénieur-chimiste.
M. **JAVAUX**, administrateur de la Société Gramme.
M. E. **LABOUR**, ingénieur-électricien.
M. Aug. **LALANCE**, administrateur délégué du Secteur de Clichy.
M. **LANDRIN**, fabricant de sucre.
M. L. **LE CHATELIER**, président du Conseil d'administration de la Société des anciens établissements Caill.
M. A. **LUMIÈRE** et ses fils, de Lyon.
MM. **MENIER**, ingénieurs-électriciens,
M. Ferdinand **MEYER**, D^r du Secteur Edison.
MM. **PLEYEL, WOLF, LYON & C^{ie}**.
MM. **RADIQUET** et **MASSIOT**, constructeurs de précision.
M. J. **RICHARD**, constructeur de précision.
MM. **SAUTTER** et **HARLÉ**, constructeurs-électriciens.
M. Ed. **SAUVAGE**, ingénieur en chef des Mines.
Société des établissements **WEYHER** et **RICHEMONT**.
Société anonyme des **ANCIENS ÉTABLISSEMENTS PARVILLÉE Frères & C^{ie}**.
Société des Hauts Fourneaux, Forges et Aciéries du **SAUT-DU-TARN**.
M. **SERNET-SOLVAY**, de Bruxelles.
M. E. **SOLVAY**, de Bruxelles.
M. **SOSNOWSKI**, administrateur de la Société des Turbines de Laval.
M. **TOBLER**, professeur à l'École Polytechnique de Zurich.
M. Lazare **WEILLER**, ingénieur.

Le **Mois Scientifique et Industriel** résume, en extrayant tous les renseignements pratiques, les articles techniques publiés dans les revues du monde entier, il accompagne ses résumés des figures, schémas ou abaques utiles au lecteur. Il signale en outre tous les articles importants d'un caractère trop spécial pour être résumés, mais en indiquant toujours d'une façon absolument complète où les articles originaux ont été publiés.



Monographie
N° 13

Ray. 3

La Production Economique de la FORCE MOTRICE

NO Bib 3861401-101541

B.M.I.C.

INTRODUCTION

Généralités sur la production de la force motrice

La *force motrice* est la transformation en *mouvement*, à l'aide d'un mécanisme appelé *moteur*, de l'énergie *potentielle* d'un corps.

Cette énergie potentielle est généralement l'énergie calorifique, en tous cas, elle en est une conséquence plus ou moins directe. L'énergie potentielle du charbon est sa puissance calorifique, mais ce qu'on peut appeler l'énergie potentielle d'un lac résulte de l'action des rayons solaires sur notre planète et d'une série de phénomènes qui en découlent et sans lesquels il n'aurait pas pu se former. D'une façon générale on peut dire que l'origine de toute énergie est le *soleil* et que la force motrice n'est que la résultante d'une série de transformations plus ou moins complexes qui proviennent de son action.

Le plus simple procédé consisterait donc à transformer directement en énergie mécanique l'énergie calorifique que le *Soleil* nous envoie par ses rayons. La Nature elle-même a pris soin de le réaliser. Le mouvement des vagues, celui des marées en sont la conséquence immédiate. On peut dire que le soleil source d'énergie est aussi un moteur et la transformation de l'énergie solaire en la force des marées est l'une des plus simples que nous connaissons.

Les *êtres animés* sont également des moteurs. Ici, les diverses transformations sont complexes. La chaleur solaire intervient par les aliments pour constituer l'énergie musculaire que l'on emploie couramment pour produire la force motrice.

Les éléments, l'*air* et l'*eau*, sont également employés par l'homme pour actionner des mécanismes. Le soleil reste toujours la cause primordiale de l'existence de leur énergie potentielle : les vents et les fleuves en sont une résultante directe.

Puis, l'homme a créé les *moteurs thermiques*. Les transformations qu'exige leur fonctionnement sont nombreuses, complexes et il a fallu des siècles pour qu'elles devinssent utilisables. On eut d'abord besoin de combustible et l'on sait quelles longues périodes ont nécessité pour acquérir leur forme ultime la houille, les combustibles liquides, les gaz naturels. Puis vient une série de transformations par la chaudière et la machine à vapeur, ou par le gazogène et le moteur à explosion et personne n'ignore quelle faible portion de l'énergie que possédait le combustible, se retrouve en définitive en travail effectif.

Enfin, il est encore un accumulateur cependant considérable d'énergie calorifique et auquel on en a peu emprunté : c'est la *Terre*. A une faible distance du sol, la température croit rapidement : à 80 kilomètres elle serait d'environ 2.800° C. Il y a donc sous nos pieds des réserves incalculables d'énergie.

De ce court exposé, il est facile de voir que l'homme a à sa disposition, prête à être transformée en travail, une immense quantité d'énergie potentielle. Il est cependant remarquable que, jusqu'à ce jour, il s'est surtout adressé aux combustibles pour obtenir l'énergie mécanique dont il a eu besoin, que ces combustibles sont littéralement gaspillés et que, dans nos régions, bien que les houillères soient exploitées intensivement depuis moins d'un siècle, on est amené déjà à examiner l'éventualité de leur épuisement. En fait, le charbon est d'un transport si commode qu'il n'y a guère de région où il ne puisse parvenir et la machine à vapeur est d'une marche si certaine sinon économique qu'il n'y a pas d'industrie dont elle ne satisfasse les exigences.

Mais les perfectionnements récents apportés à l'électricité ont reporté vers d'autres sources les demandes de l'Industrie. C'est surtout à elle que la mécanique hydraulique doit son récent développement : les cours d'eau ont en eux une énergie potentielle considérable, mais elle n'est pas transportable. La transformation en électricité a permis de répandre bien loin des glaciers la force motrice qu'on leur a fait créer.

En résumé, l'homme, pour obtenir l'énergie mécanique dont il a besoin, peut utiliser quatre sources réellement intarissables : le soleil, les êtres animés, l'air et l'eau. Les autres : les combustibles, sont d'une durée beaucoup plus limitée et leur épuisement est même prévu pour certaines régions (1). Ainsi le professeur Leslie donne pour terme aux houillères de l'Etat de Pensylvanie une centaine d'années ; en Angleterre la situation est plus grave encore puisqu'elle affecte toute la Grande-Bretagne. Sans doute, d'autres régions du globe possèdent d'énormes dépôts de charbon pour ainsi dire inexploités. Rien que dans la province du Shansi (Chine) il y en aurait pour 1,200 milliards de tonnes, mais il n'en est pas moins vrai que cette source d'énergie va en s'épuisant rapidement.

Or, la prospérité des nations dépend de celle de leur industrie et celle-ci est intimement liée aux conditions dans lesquelles elle peut obtenir de la force motrice. Quelle situation navrante sera celle de ces industries de l'Etat de Pensylvanie qui, sans combustible, sont appelées d'ici un siècle à disparaître. Dans cet ordre d'idées, le prochain épuisement des houillères européennes amènera certainement un déplacement considérable des industries en divers pays. La situation actuelle peut se maintenir encore quelques générations, mais sa durée est limitée.

Ce qui est certain, c'est que d'ici peu il ne sera plus possible d'avoir aux conditions actuelles du charbon en abondance. C'est une éventualité que les industries américaines constatent non sans une pointe de satisfaction car sa conséquence immédiate est « la décadence des usines de l'ancien continent. »

En tous cas si l'on remarque à quel gaspillage se livre l'industrie quand elle utilise le charbon, puisque de 10 kilos qu'elle consomme elle en transforme à peine 1 en travail, « on peut se demander quelle impression les industriels de l'an 2100 auront de leurs ancêtres qui surent, en moins de 300 ans, détruire l'énergie accumulée pendant plusieurs siècles (2). »

(1) Les dépôts disponibles de charbon seraient :

en Allemagne.....	de 280 milliards de tonnes	(jusqu'en l'an 3000).
en Grande-Bretagne	de 193	— (estimé épuisé en 400 ans).
en Belgique.....	de 23	—
en France.....	de 19	—
en Autriche.....	de 17	—
en Russie.....	de 40	—
en Amérique du Nord	de 681	—
en Europe.....	de 700	—

(*Electrical World*, 9 juin 1906.)

(2) Arthur J. Martin. *La conservation du charbon, la transmission de la force, la suppression de la fumée.* — *Journal of the Society of Arts*, 30 mars 1906.

Evidemment, ce serait trop demander que de vouloir engager la génération actuelle à économiser le combustible dans l'unique but de permettre aux générations futures de profiter de ses bienfaits. Mais la concurrence, qui exige l'obtention de rendements de plus en plus élevés, y supplée et, en particulier, elle fait rechercher les procédés les plus économiques pour la production de la force motrice.

Cependant il n'est pas possible de déterminer d'une façon précise le mode le plus avantageux à employer dans ce but. Diverses conditions interviennent en effet dans chaque cas qui modifieraient une indication qui voudrait être trop nette. Mais, et c'est là notre intention, on peut s'efforcer d'indiquer, pour les diverses catégories de moteurs, les résultats que l'on a pu obtenir et par suite l'économie de chaque appareil. Il est intéressant de savoir la force motrice que l'on peut obtenir rien que de l'air qui vous environne ou du ruisseau qui traverse votre champ. A ce point de vue il est certain que beaucoup laissent se perdre une énergie qu'ils utiliseraient facilement. Dans chaque cas nous indiquerons les meilleures dispositions que la pratique a conduit à adopter. Nous serons amenés fréquemment à seulement signaler un organe intéressant ou important. Le cadre limité qui nous est assigné ne nous permet pas, en effet, d'entrer dans le détail d'une question aussi vaste. Mais nous signalerons chaque fois les sources où le curieux pourra trouver des renseignements complets.

Nous avons donc divisé cette étude en deux parties :

Dans la première qui suit, nous examinerons les moteurs qui empruntent leur énergie à des sources intarissables. Ce sont, nous l'avons déjà indiqué : les moteurs solaires, les moteurs animés, les aéromoteurs, les moteurs hydrauliques.

Dans la seconde, nous étudierons les moteurs thermiques, qui empruntent leur énergie à des sources éminemment tarissables, et dont l'importance justifie la monographie spéciale que nous leur consacrerons ultérieurement.

PREMIÈRE PARTIE

LE MOTEUR SOLAIRE

Le problème qui consiste à transformer la chaleur solaire en travail mécanique, s'est présenté depuis longtemps à l'esprit d'hommes illustres. Avant l'ère chrétienne, Archimède et Héron d'Alexandrie ont cherché à utiliser l'action du soleil, plus tard J.-B. Porta, Salomon de Caus, Robert Fludd, Martini-Kircher, Belidor, Descartes, Oliver Evans ont imaginé des pompes, des horloges qui empruntaient pour leur fonctionnement l'énergie du soleil (1). Plus près de nous, le Français Mouchot, l'Américain Ericsson ont repris cette question et lui ont consacré de longues études.

Pour se rendre compte du point de vue pratique que présentent de telles recherches, il faut se rappeler que les rayons solaires ne sont pas répandus sur toutes les régions du globe d'une façon intermittente et irrégulière comme en Europe. Celles qui ont à souffrir de l'excès de chaleur sont au contraire nombreuses, John Ericsson cite une région dans laquelle il ne pleut pour ainsi dire jamais et qui s'étend du nord-ouest de l'Afrique à la Mongolie, soit de 10.000 kilomètres de long sur 1.500 kilomètres de large. De même en Californie, sur les hauts plateaux du Mexique, dans le Guatemala, sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud, on souffre d'une chaleur intense et continue.

Les régions dans lesquelles peut se faire l'utilisation directe des rayons solaires sont donc immenses et nous allons voir que la quantité d'énergie que l'on peut ainsi récupérer est considérable.

Des expériences répétées ont en effet permis de déterminer avec une approximation suffisante le travail mécanique que l'on peut transformer de la chaleur solaire. Pouillet, en 1838, a déduit de ses expériences qu'à la latitude de Paris, un mètre carré de couche atmosphérique reçoit en une minute 17.633 calories. Suivant le degré de pureté de l'air et l'obliquité des rayons calorifiques, l'atmosphère absorbe jusqu'à 40 % de cette chaleur, si bien que la surface du sol ne reçoit guère que 10.580 calories par mètre carré et par minute.

De ces expériences, Mouchot a donc déduit qu'il pouvait admettre qu'une surface de 1 m² reçoit du soleil 10 calories par minute, ce qui correspond théoriquement à environ 1 cheval par 1". D'autre part, Ericsson a trouvé qu'on peut obtenir une énergie correspondant à 0,9 cheval par mètre carré de surface exposée au soleil, pour des latitudes comprises entre l'équateur et 45°. Le professeur De Volson Wood est plus optimiste et estime que l'on peut obtenir dans les conditions précitées 2,7 chevaux.

Nous constaterons que les hypothèses de Mouchot et d'Ericsson ont été confirmées par la pratique mais on voit dès maintenant que l'action solaire peut fournir, par utilisation directe, d'immenses quantités d'énergie.

A priori, il n'y a pas de difficultés d'ordre mécanique qui interdisent l'emploi des

(1) Voir pour plus de détails à ce sujet : *Les applications industrielles de la chaleur solaire*, par Mouchot.

rayons solaires, mais dans les pays où leur action est intermittente, il faudrait pouvoir trouver le moyen d'emmagasiner l'excès de puissance développé pendant les périodes d'insolation pour l'utiliser pendant la période où le soleil est caché.

Cette dernière partie du problème est encore à résoudre, mais dans les régions, considérables nous l'avons vu, où le soleil luit d'une façon continue, on pourrait employer des appareils qui ont donné de tels résultats que l'on peut considérer la première partie de cette question comme résolue. Nous examinerons dans ce but les appareils de Mouchot et ceux plus récents de la Solar Heat Power Company.

Mouchot s'est proposé en particulier d'élever l'eau par une pompe solaire et d'évaporer les liquides dans une chaudière solaire. Pour obtenir ces résultats, il met en œuvre 3 principes :

1° Le pouvoir réflecteur de l'argent poli est supérieur à celui de toutes les autres surfaces (1).

2° Le pouvoir absorbant du noir de fumée est le plus grand.

3° Le verre ne laisse pas échapper la chaleur obscure et laisse passer la chaleur lumineuse.

En effet, si les corps ne s'échauffent pas d'une manière continue sous l'action constante du soleil, c'est parce qu'il n'y a pas accumulation et que la quantité de chaleur dissipée par rayonnement, croissant avec la température, il arrive un moment où le corps échauffé perd autant qu'il reçoit (2). Par contre le verre présente cet avantage de se laisser traverser par la chaleur rayonnante qui émane d'une source calorifique *lumineuse* mais s'oppose à peu près complètement au rayonnement d'une source de chaleur *obscur*. Il est vrai que, de ce fait, on perd par son emploi les rayons obscurs émanant du soleil, si bien qu'il n'y a guère d'utilisés que les 3/5 de la chaleur incidente. On augmente celle-ci à l'aide des réflecteurs.

La pompe de Mouchot représentée fig. 1, se compose d'un tronc de cône *A*, terminé par un tube *cdef* portant à sa partie inférieure une crépine munie d'un clapet *g* et réuni à un réservoir *C* par une conduite de refoulement *B* portant une soupape *h*. Ce réservoir est muni d'un siphon *l*. Le tronc de cône *A* est fermé hermétiquement à sa partie supérieure par un disque métallique *a b* enduit de noir de fumée et qui peut être recouvert d'une plaque de verre *a₁b₁*. L'appareil étant plongé

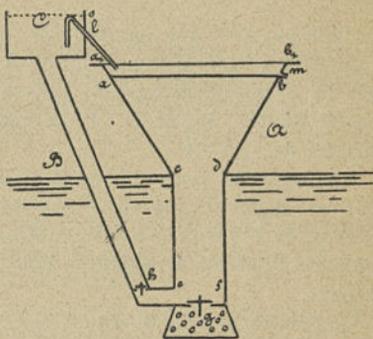


FIG. 1.

(1) Résultat des recherches de Desains et Laprovostaye :

Nature des miroirs	Pouvoir réfléchissant pour la chaleur solaire
Argent	0,92
Or	0,87
Métal des miroirs	0,64
Acier	0,60
Platine	0,60

(2) On peut se rendre compte, par ce qui suit, des effets produits par le flux de chaleur qui émane du soleil, que ce soit en été ou en hiver.

Au bout d'une heure, un disque de 200 m² de diamètre (celui du fond d'un chapeau) a reçu une quantité de chaleur capable de porter :

- à l'ébullition 1 litre d'eau prise à 24°
- à la température de fusion 0,440 gr. de fer (t. 1.500°).
- — 1.320 gr. d'argent (t. 1.000°).
- — 7.460 gr. de plomb (t. 326°).

dans l'eau, celle-ci monte à l'intérieur de l'appareil jusqu'au niveau *cd*. Sous l'action du soleil, l'air compris dans l'espace *abcd* s'échauffe, se dilate et refoule l'eau par le conduit *B* dans le réservoir *C*. Lorsque l'eau dans ce réservoir atteint le niveau *rs*, le siphon est amorcé et il s'écoule sur la feuille métallique une certaine quantité d'eau qui la refroidit, absorbe la chaleur des rayons solaires et par suite, l'air qui occupait le volume *abef* se refroidissant, il se contracte. On peut concevoir qu'il est possible de régler le débit du siphon *l* et de l'ajutage *m*, de telle sorte que l'eau coule jusqu'à ce que l'air ait repris son volume primitif *abcd*. A ce moment le cycle des mêmes opérations recommence. Cet appareil ne peut permettre d'élever l'eau que de 1 m. à 1 m. 50

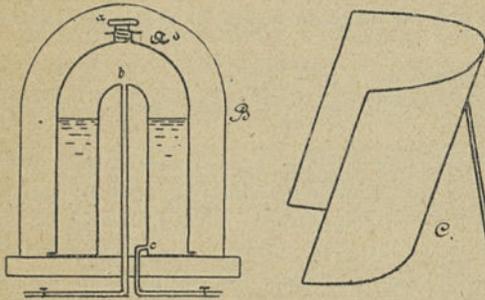


FIG. 2.

La chaudière de Mouchot est représentée par la figure 2. Elle comprend un récipient annulaire *A* fermé par un bouchon *a* et recouvert d'une cloche en verre *B*. Un miroir ou réflecteur cylindrique en plaqué d'argent *C* est disposé de façon que son foyer coïncide avec la chaudière. La vapeur formée peut se dégager par le conduit *b*, l'eau nécessaire à l'alimentation est admise par le tube *c*.

On a pu, avec des appareils de ce type, en 90 minutes, élever de 85° la température de 3 litres d'eau, le miroir avait une surface de 0,50 m²; en 35 minutes, élever de 90° la température de 5 litres d'eau, le miroir avait une surface de 2,50 m²; en 60 minutes, élever de 90° la température de 2 litres d'eau, le miroir ayant une surface de 0,50 m².

En donnant à la chaudière et au miroir des dimensions suffisantes, en permettant par un dispositif approprié que les rayons, quelle que soit la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, se concentrent toujours sur la chaudière, on conçoit qu'il soit possible d'obtenir un appareil dont la production permette d'actionner un moteur à vapeur.

Ce résultat n'a été obtenu d'une façon complète que plus récemment avec le moteur solaire installé à South Pasadena, en Californie, où règne durant l'été un soleil perpétuel (1).

Cet appareil se compose du réflecteur et de la chaudière. Le réflecteur a la forme d'un tronc de cône renversé dont le plus grand diamètre est d'environ 11 m. et le plus petit de 5 m. La surface réfléchissante est obtenue au moyen de 1.788 miroirs plans disposés sur la paroi intérieure du tronc de cône. Ils étaient en verre ordinaire sur une face duquel on avait fait déposer 3 couches d'argent pur et par-dessus une préparation ayant pour but de les rendre inaltérables à l'action des intempéries.

L'axe du cône devant toujours être dirigé parallèlement à la direction des rayons solaires, pour obtenir ce résultat, un appareil électrique déplace l'ensemble toutes les 20 minutes.

La chaudière est au foyer du réflecteur. Elle a 5 m. de longueur et peut contenir 400 litres d'eau. La difficulté à vaincre a consisté à l'établir de telle sorte que le dégagement de vapeur puisse se faire malgré les positions extrêmement diverses

(1) *Engineering News*, 9 mai 1901.

que prend la chaudière. La pression de 10,5 kgs est obtenue au bout d'une heure. Un tuyau réunit la chaudière à un moteur de 11 chevaux qui, par une courroie, actionne la pompe centrifuge. Celle-ci élève d'un puits de 4,80 m. de profondeur, 6 m³ d'eau à la minute.

Le succès de cette invention aurait permis de mettre en culture les régions de la Californie méridionale, de la Nevada, du Nouveau-Mexique et de l'Arizona qui sont pourvues de puits, mais où le combustible est si rare, qu'on préfère brûler du maïs à faire venir du charbon. Dès 1883, il s'était formé pour l'exploitation de cet appareil une Compagnie intitulée la *Solar Heat Power Company* dont le capital était constitué par 100.000 actions de 500 francs (1).

En réalité de nouveaux renseignements n'ont pas été publiés depuis cinq ans sur ce moteur, de telle sorte que, très probablement, il n'a pas continué à fournir les résultats intéressants de l'origine.

Néanmoins nous devons signaler ces premières réalisations pratiques de la transformation de l'énergie solaire en énergie mécanique car on peut prévoir que dans les siècles futurs, lorsque les combustibles seront épuisés, il faudra compléter les stations motrices hydrauliques liées au fleuve ou à la mer, par l'utilisation directe sur une échelle variable de l'énergie solaire.

LES MOTEURS ANIMÉS

Les *êtres vivants* sont les premiers moteurs qu'utilisa l'homme. D'ailleurs, du fait seul qu'ils se meuvent, ils accomplissent un travail et transforment en énergie mécanique l'énergie calorifique qu'ils ont absorbée sous forme d'aliments par la nutrition ou sous forme d'air par la respiration. Nous considérerons les *êtres humains* et les *animaux*.

Les êtres humains. — Ils sont caractérisés par ce fait qu'une grande partie de l'énergie calorifique qu'ils absorbent se transforme en énergie cérébrale : ce sont des moteurs intelligents et de ce fait d'une conduite délicate.

L'homme, considéré en tant qu'être destiné à produire du travail mécanique, est en réalité un outil de luxe. Pour qu'il donne un bon rendement, il faut qu'il contribue par du travail intellectuel au travail manuel qu'il doit produire. De ce fait s'explique naturellement une classification, une sélection réelle qui met d'un côté les purs manœuvres dont toute l'ambition et toute la faculté ne permettent que le transport des matériaux, de l'autre ceux dont le travail exige du raisonnement et une certaine réflexion, ce seront les compagnons, les contre-maitres ; enfin l'on arrive à ceux dont on ne cherche à peu près exclusivement qu'à utiliser les facultés intellectuelles et qui souvent seront peu exercés aux travaux manuels : les ingénieurs, les directeurs, les administrateurs.

Il est certain qu'au point de vue auquel nous nous plaçons, ce seront les compagnons et les contremaitres qui donneront le rendement le plus élevé. Leur travail plus raisonné, ne se perdra pas en inutilités, comme cela se produit souvent avec les manœuvres.

En tous cas, on devra s'efforcer de mettre les hommes dans les situations les plus avantageuses, celles qui leur permettent le mieux de développer leur énergie. Il est donc naturel et de l'intérêt même du patron, de donner à ses ouvriers un certain

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*, juillet 1883.

bien-être, certaines commodités qui n'auront en somme d'autre résultat que de les mettre dans les meilleures conditions pour fournir du travail. Nous ne nous étendrons pas sur cette question importante, qui mérite qu'on lui consacre une étude spéciale. Nous signalerons seulement les efforts tentés dans cette voie et les résultats que l'on pourrait encore chercher à réaliser à ce point de vue après avoir examiné les efforts que l'on peut demander à un homme suivant les conditions dans lesquelles il est placé pour les produire.

L'emploi le plus avantageux de la force de l'homme consiste à élever son propre poids, et l'on peut dans ce cas mesurer d'une manière absolument rigoureuse le travail accompli.

On a ainsi déterminé (1) qu'un homme de 69 ans pesant 97 kgs. a franchi en 16 secondes un escalier facile de 4,42 m. de hauteur, soit un travail par 1" de 26,8 kilogrammètres.

Un homme de même âge pesant 100 kgs. a pu monter 13,04 m. d'escalier en 74 secondes, soit un travail de 17,7 kgm.

Un homme plus jeune pesant 68 kgs. a monté 18,83 m. en 49 secondes, d'où un travail de 26 kgm par 1".

De ce qui précède on peut remarquer déjà que le travail diminue rapidement avec le temps pendant lequel il est produit.

Des expériences ont été faites sur l'effort qu'un homme peut exercer sur une manivelle. On a constaté qu'un ouvrier ne donne pas un effort supérieur à 5 à 6 kgm. par la moyenne d'un tour, tandis qu'un homme habitué au travail de grues peut exercer un effort de 6,5 à 7 kgs. à la vitesse de 1,10 m. par seconde. Le maximum d'effort qu'un homme habitué à ce genre de travail peut exercer pendant une durée maxima de cinq minutes est de 13,5 kgs. à la vitesse de 3,30 m., soit 44,5 kgm., donc les 6/10 d'un cheval (2).

D'après Joshua Field, ancien président de l'Institution of Civil Engineers, alors qu'un ouvrier a pu exercer pendant 2 1/4 minutes un effort de 6,8 kgs. à la manivelle, accomplissant ainsi un travail de 26,5 kilogrammètres par 1", un Irlandais très vigoureux a pu, au prix d'une fatigue excessive, exercer un effort de 15,85 kgs. sur la manivelle pendant 32 secondes, soit un travail de 63 kgm. à la seconde (3).

Le professeur Troubridge a profité de courses d'embarcation pour faire des recherches sur le travail développé par un homme agissant sur une rame. La distance parcourue était de 6.440 mètres. Le canot monté par 8 rameurs, a parcouru le trajet en 21 minutes, soit à une vitesse de 5,10 m. par seconde. La résistance du canot à cette vitesse a été trouvée égale à 34 kgs. Le travail développé par les 8 rameurs est donc de 173,4 kgm. par seconde, soit 21,7 kgm. par rameur, ce qui est assez élevé si l'on considère qu'il a été développé sans interruption pendant 20 minutes (4).

On a également recherché le travail qu'un homme pouvait développer pendant un court espace de temps. Dans ce but, au Congrès de pompiers tenu à Dresde en juin 1880, on a fait des expériences au dynamomètre sur le travail nécessaire pour manœuvrer différentes pompes d'incendie. Les machines étaient en plein air et en plein soleil, elles étaient manœuvrées par des soldats d'infanterie, chacune pendant deux minutes consécutives. Voici quelques-uns des résultats qui ont été obtenus :

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*. Mai 1885.

(2) D'après H. Adams. *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*. Février 1885.

(3) D'après Joseph Glynn. *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*. Février 1885.

(4) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils*. Décembre 1888.

NUMÉRO DE L'ESSAI	1	8	9	11	17	Moyenne de 17 expériences
Hauteur moyenne du balancier au-dessus du sol	1,00	0,98	0,97	1,25	0,97	
Longueur du balancier	1,25	1,18	1,10	1,78	1,48	
Course du balancier	0,98	0,88	0,91	1,15	0,95	
Nombre de coups doubles par 1'.	48	55	49	55	60	
Vitesse moyenne par 1"	0,13	0,13	0,12	0,17	0,16	0,145
Travail en kgmètre par homme.	24,5	17,00	30,2	23,00	29,6	22,3

Morne et Werssbach donnent 5,5 kgm. comme étant le travail moyen qu'un homme peut développer pendant une durée de 8 heures. On voit que le travail réalisable pendant un temps très court est quatre fois ce chiffre (1).

Nous avons résumé dans le tableau suivant les charges qu'un homme peut déplacer dans des conditions données :

	Poids élevé ou effort exercé, en k ^s P.	Vitesse verticale, en mètres V.	Temps, en heures t.	Travail journalier, en kgm. T.
Un homme montant une rampe douce ou un escalier	65	0,15	8	280.000
Manœuvre élevant un poids par corde et poulie (descente à vide)	18	0,20	6	77.760
Manœuvre élevant un poids à la main.	20	0,17	6	73.440
Manœuvre avec fardeau à dos, rampe ou escalier (retour à vide)	65	0,04	6	56.160
Manœuvre à la brouette sur rampe de 1/12 (retour à vide)	60	0,02	10	43.200
Manœuvre élevant des terres à la pelle, à 1 m. 60 en moyenne.	2,7	0,40	10	38.880

Le tableau suivant indique les efforts que l'homme peut exercer sur une machine :

	Poids élevé, en kgs P.	Vitesse, en mètres V.	Temps, en heures t.	Travail journalier, en kgm. T.
Un manœuvre montant sur une roue à chevilles :				
1° Au niveau de l'axe	60	0,15	8	259.200
2° A 24° au bas de la roue	12	0,70	8	241.920
Un manœuvre marchant en tirant ou poussant horizontalement d'une manière continue, ou virant au cabestan.	12	0,6	8	207.360
Un manœuvre tournant une manivelle.	8	0,75	8	172.800

Les résultats précédents sont d'ailleurs variables. Au prix d'une grande fatigue, l'homme peut momentanément soutenir les efforts indiqués ci-dessus à des vitesses $V_1 = 4 \text{ à } 6 V$ pendant un temps $t_1 = 2 \text{ à } 3 t$.

Enfin, nous reproduisons ci-dessous, fixées par l'arrêté ministériel du 31 juillet 1894, les charges maxima que peuvent porter dans des conditions diverses les jeunes gens et les jeunes filles :

(1) Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils, Juillet 1881.

	CHARGE portée	CHARGE TRAINÉE OU POUSSÉE (véhicule compris)			
		Wagonnet circulant sur voie ferrée	Voiture à 3 ou à 4 roues	Charrette à bras	Brouette
Garçons de moins de 14 ans . . .	10 ^k	300 ^k	35 ^k		
Garçons de plus de 14 ans et de moins de 18 ans	15	500	60	130 ^k	40 ^k
Ouvrières de moins de 16 ans . .	5	150	35		
Ouvriers de plus de 16 ans et de moins de 18 ans	10	300	50		

Indépendamment des efforts que peuvent transmettre les ouvriers, il est important d'indiquer les conditions dans lesquelles ils doivent se placer pour éviter les accidents (1).

Dans ce but, les travaux de force devront toujours s'exécuter sous la direction d'un chef qui doit agir avec la plus grande prudence, indiquer par avance à son personnel le résultat à obtenir, et exiger que les manœuvres s'exécutent dans le plus grand silence.

Les ouvriers doivent agir avec ensemble et il leur sera recommandé :

- 1° De saisir les objets la paume de la main tournée en dehors ;
- 2° De s'effacer sur le côté des leviers et de faire face dans une même direction ;
- 3° De se placer toujours d'un même côté et en dehors des cordes par rapport au fardeau ;
- 4° De joindre les jambes sur toute leur longueur ;
- 5° De ne jamais entourer la main ou le poignet avec le cordage sur lequel ils agissent.

Dans les manœuvres de traction, ils ne devront pas marcher à reculons, ni s'atteler directement à l'avant d'un véhicule non muni de timons ou de brancards.

Des recommandations analogues seraient à exposer également pour le cas où l'on a à manœuvrer des fardeaux suspendus, des palans, des chèvres, des crics, des échelles, etc...

Ces précautions, qui semblent parfois puériles, sont observées assez exactement. En effet l'ouvrier se rend compte immédiatement des conséquences fâcheuses, des accidents que peut risquer de causer la moindre négligence.

Il en est d'autres cependant qui, bien que moins sensibles devraient être prises aussi sérieusement, d'ailleurs dans l'intérêt du patron comme de celui de l'ouvrier : elles ont trait à l'amélioration de l'hygiène dans les ateliers.

Ainsi, dans certaines industries il conviendra de tenir compte de la nature du travail, qui provoque d'abondantes transpirations ; il importera, surtout ici, d'installer des lavabos : mais il ne faudra pas omettre, ce qui est presque généralement le cas, de procurer à l'ouvrier, en même temps que l'eau froide, le savon qui lui permettra de se débarrasser des graisses dont ses mains sont souillées.

La ventilation dans les fabriques doit être étudiée en vue de l'enlèvement des poussières. Il serait possible également, sans dépenses exagérées, d'atténuer la souffrance occasionnée par le grand dégagement de chaleur des laminoirs, des fonderies, des forges.

(1) Joly. *La Sécurité des ouvriers dans le travail*. — *Bulletin technologique des Anciens Elèves des Arts et Métiers*, Décembre 1901.

Une lumière abondante est également favorable à la bonne humeur et à la santé.

Si, pour satisfaire aux conditions hygiéniques qu'exige la santé, un renouvellement d'air suffisant en raison de l'importance de l'agglomération des individus dans une même salle est nécessaire, il faut *a fortiori* fournir cet élément indispensable au grand nombre d'ouvriers occupés dans un atelier où se trouvent généralement des machines qui dégagent de la chaleur et des poussières. Sinon, il en résulte des indispositions répétées des ouvriers, ce qui les aigrît et gêne le travail.

Une meilleure ventilation a donné dans un atelier de tissage des résultats très concluants à ce point de vue : l'air de nauséabond redevint sain et les ouvriers, au lieu d'être incommodés et d'aller fréquemment hors de l'atelier respirer l'air frais, restèrent aux métiers. Ils manquaient d'énergie, ils redevinrent courageux. Il y eut moins de malades, les absences diminuèrent, *la production augmenta* (1).

La question de la ventilation est, en effet, tellement importante qu'une commission anglaise chargée de l'étudier particulièrement a conclu que des inspecteurs devraient prélever des échantillons d'air dans les fabriques, en faire l'analyse, et indiquer aux chefs d'usine les résultats obtenus et les dispositions qu'ils doivent prendre pour obtenir une meilleure ventilation (2).

C'est un fait connu que les chambres de chauffe sont souvent sacrifiées. Cependant, de l'énergie créée, le coût de production est représenté en grande partie par le combustible brûlé et l'homme qui le manie prend de ce fait une certaine importance et devrait être traité en conséquence. De plus, peu de gens peuvent aussi aisément mésuser de la confiance que l'on met en eux que les chauffeurs. Cependant leur lieu de travail est un véritable trou sans lumière, plein de courants d'air, où l'on marche sur le charbon, où l'on respire une atmosphère chargée de cendres.

Pour un garçon de bureau, dont le pourcentage de la contribution au résultat est insignifiant, on donne au contraire tout le confort désirable.

A l'heure actuelle, des efforts sérieux sont faits pour assainir toujours plus les ateliers. En outre certains industriels non seulement mettent à la disposition de leurs ouvriers des moyens très complets d'assurer l'hygiène individuelle, mais ils en exigent l'emploi complet et régulier et infligent en cas d'infraction des amendes et même des renvois (3).

En somme on peut dire que le rendement dépend beaucoup de l'état mental des employés et celui-ci ne peut être obtenu que si les conditions dans lesquelles chacun doit faire son devoir sont telles qu'il ait le plus de confort physique possible, compatible avec le travail particulier qu'il doit exécuter.

L'ouvrier dispos et bien portant est une force dont l'industriel profite, celui-ci doit donc l'aider à développer toute l'énergie physique et intellectuelle qu'il possède. L'hygiène des ateliers est certainement le meilleur des moyens à employer dans ce but (4).

Les animaux. — Il y a peu de choses à dire à ce sujet. Les conditions d'hygiène si recommandables pour les hommes sont également à observer soigneusement avec les animaux. A ce point de vue, les traités d'hippologie seraient à

(1) L. Perreau. *Les effets hygiéniques d'une ventilation d'atelier de tissage.* — *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils.* Août 1890.

(2) *The Labour Gazette.* Novembre 1902.

(3) P. Razous. *Application des lois réglementant les conditions du travail.* — *Génie Civil.* 10 mars 1906.

(4) P. Razous. *Les améliorations récentes de l'hygiène dans les ateliers.* — *Génie Civil.* 6 et 13 janvier 1906.

consulter avec fruit. Les charges qu'on peut leur appliquer sont très variables comme le montre la nomenclature suivante :

Cheval . . .	100 à 175 kgr.
Mulet . . .	80 à 160 —
Chameau . . .	300 à 500 —
Lama . . .	45 kgr.
Eléphant . . .	1.800 — sur le dos.

— 800 à 1.000 pour les pièces qu'il manœuvre sur un chartier.

Le travail des bêtes de trait varie aussi beaucoup comme on peut le voir par le tableau qui suit :

	Effort, en kilogs F	Vitesse, en mètres V	Temps, en heures t	Travail journalier en kilogrammètres T
<i>Cheval</i> attelé, au pas	70	0,90	8	1.814.000
— au trot	44	2,20	4 1/2	1.568.160
Compagnie des Omnibus de Paris :				
au trot (tramways)	27,3	3,00	1 1/2 à 3	452.600 à 905.200
— (omnibus)	38	2,5	1 1/2 à 3	547.200 à 1.094.400
Compagnie des Voitures de Paris :				
au trot	—	—	10	1.625.000
Au labour	60	0,85	10	2.166.400
Au manège, au pas	45	0,90	8	1.166.400
— au trot	30	2,00	4 1/2	972.000
— au trot allongé	30	1,40	6 à 7	907.200 à 1.058.400
<i>Bœuf</i> au manège, au pas	65	0,60	8	1.132.200
<i>Mulet</i> — — —	30	0,90	8	777.600
<i>Ane</i> — — —	14	0,8	8	322.560

De même que pour l'homme, les vitesses et les efforts correspondant au travail moyen peuvent être augmentés aux dépens de la durée. Mais dans ce cas la diminution du travail journalier devient très importante. Enfin on ne peut augmenter notablement t sans ruiner la santé des bêtes.

LES AÉROMOTEURS

Les vents. — Les vents sont des courants aériens dus aux variations de température entre des régions plus ou moins distantes de l'atmosphère.

On dit quelquefois que le vent est de l'air qui se meut. Cependant l'assimiler à une nappe liquide d'une certaine étendue qui s'écoule serait inexact. Dans ce cas, il n'y aurait pas dans le vent de variations brusques, d'intermittences, ce qui se produit au contraire.

En réalité, ce phénomène semble consister en projectiles d'air traversant la masse de l'atmosphère. On peut remarquer en effet que l'aspect parfois tourmenté des épis qui constituent un champ de céréales est bien différent de celui régulier des herbes couchées par un cours d'eau. Même avec un vent dit constant, le mouvement de l'air se produit par pulsations. Il suffit pour s'en convaincre d'observer le ridement d'une eau calme frappée par le vent. Il se produit une suite d'ondulations parallèles, très courtes qui se maintiennent ainsi pendant quelque temps, puis s'effacent brusquement et font place à un nouveau système d'ondulations.

On peut se rendre compte de ce phénomène par le graphique fig. 3 qui reproduit les vitesses du vent enregistrées par un anémomètre Robinson installé à 47 m. au-dessus du niveau du sol⁽¹⁾.

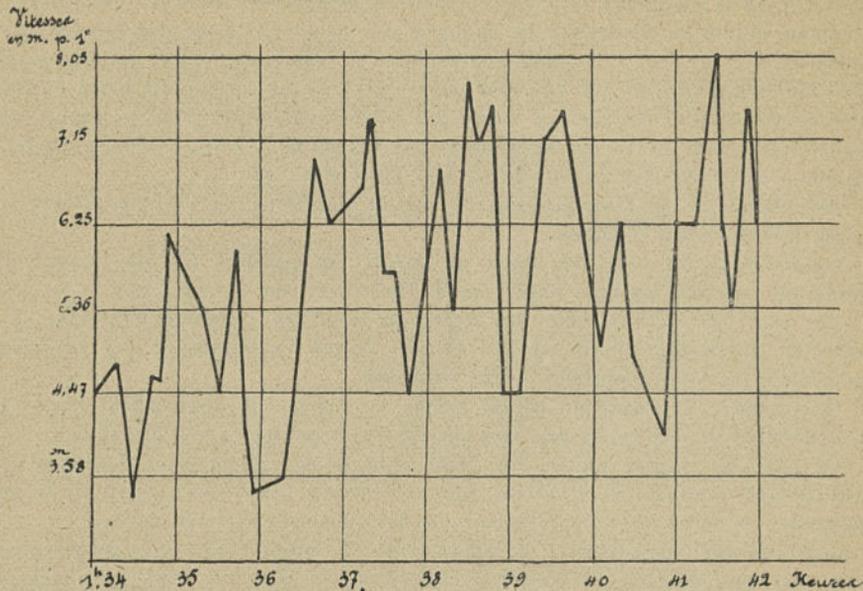


FIG. 3.

Les vents soufflent dans toutes les directions et avec des vitesses variables; dans nos régions leur vitesse moyenne est de 4 à 6 m. par seconde. Quand elle n'est que de 2 m. on dit que le vent est modéré; avec 10 m. il est dit frais; avec 20 m. il est fort; de 25 à 30 m. il y a tempête. Parfois cette vitesse s'élève jusqu'à 44 m. (2).

Le tableau suivant permet de se rendre facilement compte de la vitesse du vent d'après son action (3).

FORCE DU VENT	VITESSE DU VENT en mètres par seconde	PRESSION DU VENT en kilogs par mètre carré	ACTION DU VENT
Calme.	0 ^m , à 0 ^m ,5	0 ^k , à 0 ^k ,15	La fumée se dirige en haut ou presque verticalement, les feuilles des arbres sont immobiles.
Faible, légère brise .	0,5 4	0,15 1,87	Sensible aux mains et à la figure, agit un drapeau, fait remuer les petites feuilles.
Modéré, un peu frais, jolie brise.	4 7	1,87 5,96	Etend le drapeau, agit les feuilles des arbres et les petites branches.
Frais	7 11	5,96 15,27	Agite les grosses branches.
Forte brise	11 17	15,27 34,35	Agite les plus grosses branches et les troncs de petit diamètre.
Violente tempête.	17 28	34,35 95,40	Ebranle l'arbre, brise les branches.
Ouagan.	supér. à 28	supér. à 95,40	Renverse les cheminées, déracine les arbres.

Les effets qui résultent de l'action du vent sont parfois considérables. On peut

(1) Langley, *The internal Work of Wind. The American Journal of Science and Arts*, 1904.

(2) *Engineering News*, 16 juillet 1903.

(3) H. Molin, *Les phénomènes de la nature*

signaler à ce point de vue, l'accident arrivé le 27 février 1903 sur le chemin de fer de Furness où un train composé de la locomotive et de 10 véhicules fut renversé à son passage sur le viaduc qui franchit l'estuaire de la Leven. Le vent était si fort que les 34 voyageurs qui, plus ou moins contusionnés, sortirent des compartiments, durent se traîner sur les mains et sur les genoux pour atteindre les maisons qui se trouvaient à l'extrémité de viaduc. On estime que l'effort qui a renversé le train était d'environ 250 kgs. par mètre carré, ce qui correspond à une vitesse d'environ 100 km. à l'heure. Le même jour, l'anémomètre de Barrow, situé à une faible distance de ce viaduc, enregistrait une vitesse de 161 km. à l'heure, correspondant à une pression de plus de 350 kgs. par mètre carré (1).

Ayant examiné les vents au point de vue de leur force, on peut les étudier au point de vue de leur direction.

On distingue les *vents réguliers* ou *alizés* qui soufflent toujours dans une direction constante pendant toute l'année. Ils s'observent loin des côtes.

Les *vents périodiques* sont des vents qui soufflent régulièrement dans une direction aux mêmes saisons ou aux mêmes heures d'une journée. La brise qui souffle sur les côtes appartient à cette catégorie.

Mais dans les latitudes moyennes, comme en Europe, le régime des vents est très variable et on ne peut constater aucune loi qui préside à leur direction.

De par leur origine même, les vents sont donc extrêmement variables en direction et en puissance : c'est une source d'énergie capricieuse ; aussi sa transformation en force motrice présente-t-elle des difficultés particulières.

C'est pourquoi, sans doute, les installations de moulins, bien que relativement peu onéreuses au point de vue de l'installation, et d'un entretien extrêmement réduit, ne se sont pas très répandues jusqu'ici au moins en Europe.

Nous verrons cependant que l'importance des installations en fonctionnement, la régularité suffisante de leur marche devraient amener un emploi plus fréquent de ces appareils.

Historique. — L'emploi des moulins à vents date d'environ douze siècles. Les Romains les utilisaient pour moudre le blé (2). Au commencement du VIII^e siècle, il y avait des moulins à vent en Bohême (3). Au XII^e siècle des moines français recevaient l'autorisation d'en établir dans leur couvent (4). Il y en avait au XV^e siècle en Hollande, qui servaient à l'épuisement de l'eau. Ceux-ci étaient construits sur des radeaux, ce qui permettait de les mettre aisément dans la direction du vent.

Depuis, leur emploi s'est beaucoup répandu tant en France qu'en Allemagne, en Angleterre et en Belgique où les tuileries et les scieries les utilisent beaucoup mais où l'on s'en sert particulièrement soit pour pomper l'eau, soit pour alimenter les villages, soit pour les travaux de dessèchement.

Il a cependant fallu attendre assez longtemps avant que l'on perfectionnât assez ces appareils pour leur donner un rendement convenable et l'industrie américaine, qui a beaucoup étudié cette question, a créé un type particulier. On est ainsi amené à diviser les moteurs à vent en deux catégories.

Description des moulins à vent. — Il y a d'une part les moulins que l'on peut dénommer *européens*, qui sont ceux du type employé dès l'origine et communé-

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, Août 1903, p. 185. — Pour plus amples détails sur la question de la pression du vent, voir le *Scientific American* du 20 juin 1903, l'*Engineer* de juin 1903.

(2) *Histor. Francorum*, lib. IX, 38, p. 13.

(3) Wenceslas, *Hagecii Bohmischer Chronique*.

(4) Mabilon, *Annales Ordinis S. Benedicti*, tome V, Paris, 1713, p. 474.

ment en Europe jusque vers 1880. Ils ont 4 ou 6 ailes d'une longueur parfois très grande montées sur un arbre légèrement incliné sur l'horizontale.

L'autre catégorie comprend les *moulins américains*, dont les ailes sont, au contraire, très nombreuses et relativement courtes.

MOULINS EUROPÉENS — M. Rateau a fait une étude théorique de ce genre de moteur dans la *Revue de Mécanique* de mai 1898. Nous y renvoyons les lecteurs que cette question intéresse car nous devons nous limiter ici à l'examen des résultats que la pratique a consacrés.

Au point de vue de la construction, on peut les diviser en deux classes :

1° Ceux dans lesquels la charpente ou la cage portant l'arbre sur lequel sont fixées les ailes peut s'orienter à volonté en tournant sur les fondations : ce sont les moulins à pile, ou moulins allemands ;

2° Ceux dans lesquels le chapiteau et l'arbre seuls peuvent s'orienter : ce sont les moulins à tourelle.

Certains des appareils de ce dernier type donnent 40 chevaux avec une vitesse de vent de 6 à 7 m. par seconde. La construction en maçonnerie porte à sa partie supérieure une couronne horizontale dentée sur laquelle peut tourner le chapiteau qui porte l'arbre et les ailes. Ce mouvement est obtenu par le vent lui-même qui, en faisant tourner le moulinet oriente automatiquement le moulin proprement dit dans la direction convenable. Un vent de 2,50 m. de vitesse par seconde suffit pour obtenir ce résultat.

Les grandes ailes d'un tel moulin ont 23,50 m. de long et 2,15 m. de large, l'axe de la roue fait 15 tours par minute et l'arbre principal 30 tours.

Quand on établit ces moteurs, il faut tenir compte que l'aile la plus proche du sol doit être au moins à 1,50 m. au-dessus des édifices les plus élevés dans un rayon de 200 mètres.

Les dimensions auxquelles on peut les construire sont les suivantes (1) :

Puissance, en chevaux	Longueur d'une aile, en mètres	Diamètre de l'arbre vertical, en m/m
1,5 à 2	3,40	45
2 à 2,5	3,80	45
2,5 à 3	4,20	50
3 à 3,5	4,60	50
4 à 5	5,20	60
6 à 7	5,60	65
8 à 9	6,00	70
10 à 11	6,40	75
12 à 13	6,80	80
14 à 15	7,20	85

La construction de ces moulins se restreint de plus en plus. Nous verrons cependant qu'ils sont recommandés aujourd'hui pour les installations électriques. La masse des organes mobiles constitue en effet un volant important qui régularise la marche et rend moins sensibles les variations étendues de la vitesse du vent.

MOULINS AMÉRICAINS. — Comme pour les moulins européens, nous renvoyons à la *Revue de Mécanique* de mai 1898 pour l'étude théorique de ces appareils.

L'idée de disposer les ailes de la roue en étoile remonte à la fin du XVIII^e siècle et est due à l'Anglais Medhurst. Cependant beaucoup des perfectionnements que

(1) W. Geutch, *Les moteurs à vent et leur importance au point de vue économique*, Bulletin de la Société d'Encouragement. Avril, Mai, Juin, Août 1904.

l'on rencontre dans les moulins américains sont dus à des Français (Amédée Durand, Dellon et Formes, C. de Laguerenne, Lepaute).

Ces appareils se composent :

1° D'une roue motrice munie d'un gouvernail.

2° D'un système de roues dentées transmettant le mouvement de la roue à la tige de la pompe, lorsque l'appareil est destiné à l'élévation de l'eau.

3° D'une tour ou pylone portant ces organes.

La roue motrice est montée sur un beffroi qui peut tourner sur un chemin de roulement disposé à la partie supérieure de la tour généralement métallique et qui a 12 à 20 m. de hauteur. Ce dispositif lui permet d'être très élevée au-dessus du sol et de se déplacer facilement selon le sens du vent. Cette orientation s'obtient automatiquement soit à l'aide d'une aile disposée dans un plan perpendiculaire à celui de la roue et qui lui sert d'axe, soit à l'aide d'une petite roue disposée également dans un plan perpendiculaire à celui de la roue principale et qui entraîne le beffroi. Dans les deux cas, l'aile ou la petite roue servent en partie à équilibrer le mécanisme. On a dû enfin prévoir des dispositifs qui permettent de soustraire la roue à l'action du vent, soit parce que celui-ci est trop violent et qu'il risquerait

de détériorer le mécanisme, soit lorsque l'on désire que l'appareil ne fonctionne pas.

Les roues ne diffèrent les unes des autres que par les dispositifs pour le réglage de la vitesse et pour mettre le moulin hors d'action lorsque le vent souffle en tempête. On peut les diviser en deux types principaux présentés pour la première fois, au moins en France, à l'exposition de 1878 : la roue Halladay et la roue Corcoran.

Dans la roue Halladay, le réglage s'obtient par l'orientation des éléments qui constituent les ailes. Elles sont composées de lames, supportées d'un côté par les bras et de l'autre par des tringles métalliques mobiles qui sont tirées par un levier à contre-poids de façon à tenir les ailes fermées. Celles-ci portent à leurs extrémités dirigées vers l'extérieur des poids destinés à contrebalancer l'action du

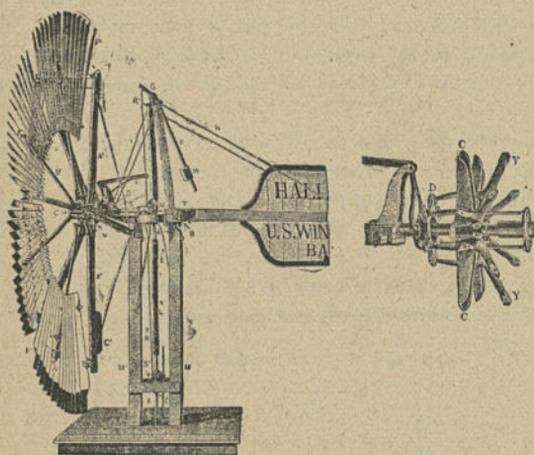


FIG. 4.

Moulin Halladay. — Ensemble de la roue et détail du régulateur centrifuge.

W, poids à l'extrémité du levier P, G, relié par la corde R' au levier F, dont la fourche commande par le manchon D les leviers Y, articulés aux biellettes B' des ailettes F'. W', masses dont la force centrifuge agit en opposition de W, pour replier les ailes à mesure que la vitesse augmente. A', bras de la roue fixés dans le tourteau c, calé sur l'arbre S, et réunis, vers la circonférence, par les barres d'articulation des ailettes F'. L'arbre S, porte un disque manivelle M, qui commande la tige L de la pompe, et dont la course peut facilement se changer, et la tige L est relié à son prolongement X par un joint universel S Z, permettant à la plaque B de tourner sur sa plate-forme A en suivant la direction du vent. EE, tirants assujettissant la plate-forme A sur les montants MM. B est porté sur A par des galets anti-friction qui n'exigent aucun graissage. R, corde permettant de manœuvrer les ailettes F à la main, du bas de la tour. H, tirants d'attache du bras V' du gouvernail.

levier à contre-poids et à régler la position des ailes suivant l'intensité du vent. La régulation se fait donc ici par l'orientation variable des ailes (1).

La figure 4 donne une vue de ce genre d'appareil.

(1) *Portefeuille des Machines*, Mai 1886.

Dans la roue Corcoran, le réglage s'obtient par le gouvernail. Les figures 5 et 6 montrent schématiquement le dispositif généralement employé. La roue R qui peut tourner sur le pylône *a* n'est pas liée directement au gouvernail G. Celui-ci

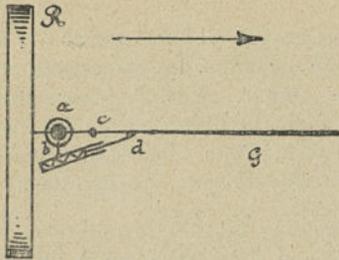


FIG. 5.

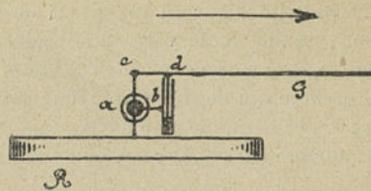


FIG. 6.

peut en effet tourner autour de l'axe *c*, mais il est maintenu dans la position convenable par un ressort articulé en *b* et *d*. Sous l'action d'un vent trop violent, le ressort cèdera et le gouvernail G prendra la position indiquée dans la figure 6. Dans ces conditions la roue R se présentant par la tranche, ne pourra être maintenue en mouvement. Cette disposition du gouvernail peut également être obtenue pour l'arrêt du mécanisme, en agissant sur lui au moyen d'une corde ou d'une chaînette.

La figure 7 donne une vue générale d'un moulin de ce type.

Des tentatives ont été faites dans le but de faire travailler les moulins avec n'importe quelle vitesse du vent sans aucune disposition spéciale pour l'orientation des ailes. Elles n'ont pas donné de résultats satisfaisants.

D'autres constructeurs ont placé sur le même arbre deux ou plusieurs roues afin d'utiliser complètement toute l'énergie du vent, mais aucun renseignement précis n'a encore été donné sur les résultats obtenus.

On peut aussi disposer la roue de façon que sa partie inférieure tourne dans un espace mort, tandis que sa partie supérieure reste exposée à l'action du vent. Cette construction assez primitive se rencontre cependant dans les plaines du Nebraska. Un appareil de ce genre a été présenté au concours de la Société royale d'Agriculture, en Angleterre, dont nous parlerons ultérieurement: il n'a pas donné de bons résultats.

Enfin, les roues peuvent être de véritables turbines dans lesquelles le vent est envoyé sur les roues par un distributeur; mais ces types ne présentent que peu d'intérêt pratique par suite de leur faible rendement.

Le pylône est parfois un simple tube maintenu par des haubans, ce qui est une construction précaire et peu recommandable; mais plus généralement il est constitué par un chevalet formé de 3 ou 4 cornières en acier convenablement contreventées et entretoisées. Chaque montant doit être ancré dans un dé en maçonnerie. On peut employer également, pour supporter la roue, un arbre élevé ou une construction existante.

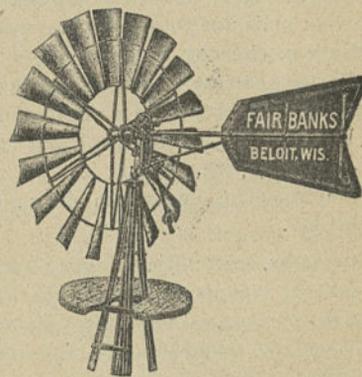


FIG. 7.

Certains constructeurs font les roues et les pylônes en bois ; généralement on les établit en acier galvanisé (1).

Nous devons enfin signaler la construction ingénieuse et qu'on ne rencontre qu'en Chine des moulins destinés à remplir d'eau de mer les bassins d'évaporation pour la précipitation du sel.

Ils sont constitués par un léger bâti en bois hexagonal porté par un axe central. Sur ce bâti, au moyen de vergues orientées de manière à les placer sous un angle d'environ 45°, sont montées 6 voiles en étoffe de coton. A la partie inférieure de l'axe est une roue dentée qui engrène avec une roue analogue portée par un axe horizontal dont l'extrémité actionne une noria. Ces moulins, d'une construction très simple, n'exigent aucune surveillance et ne demandent que très peu de réparations (2).

Utilisation. — Les moulins à vent sont employés dans les installations les plus diverses. Indépendamment de la mouture, ils ont été fréquemment utilisés pour actionner des scieries, des machines-outils pour le travail du bois, surtout pour élever l'eau et depuis quelques années et avec succès pour entraîner des dynamos.

Nous avons vu qu'en Chine on les utilise par groupes de trois ou cinq, suivant l'importance de l'installation, pour élever l'eau de mer. On en compte environ 250 dans les salines des environs de Tien-tsin.

MOULINS. — Parmi les installations de ce genre on peut signaler l'installation d'Ockerwitz, près de Dresde, où une installation de 3,5 HP marche depuis 25 ans actionnant soit une batteuse, soit un moulin, soit un hache-paille.

À Ancône (Italie) une roue du type Halladay de 1 m. de diamètre fournit 18 chevaux avec un vent ayant une vitesse de 8 m. par 1" ; avec la même vitesse de vent mais une roue du même type de 1,52 m. de diamètre on obtient à Owatonna (Min.), 40 chevaux.

Parfois, comme à Scharnau, près de Bromberg, un moteur à vent seconde une turbine hydraulique qui n'est alimentée que pendant 7 h. par jour.

Déjà en 1826, un monsieur Sauvage, à Boulogne, sciait avec un moulin à vent 36 m² de marbre par 24 h.

Depuis 1880, un moulin de 7,60 m. de diamètre, marche à Eidelstedt, près d'Altona.

SCIERIES. — A Otjeinbinque (Afrique du Sud allemande) fonctionne depuis le 7 octobre 1890 un moulin du type Halladay de 8 chevaux qui actionne une scie à ruban, un tour, un banc à mortaiser, un banc à forer, une machine à percer pour un usine de construction de voitures, ainsi qu'une pompe à eau débitant 4 m³ à l'heure.

ÉLEVATION DE L'EAU. — C'est généralement pour l'élévation de l'eau que ces appareils ont été appliqués. En Amérique, on compte par centaines de mille (500.000 en 1893) les moulins employés à cet usage et qui tirent l'eau de puits de 50 et 150 m. de profondeur.

La vitesse du vent joue naturellement un rôle important sur les résultats obtenus, ainsi une pompe élève à 11 m. de hauteur :

21,1	mètres cubes d'eau à l'heure, lorsque la vitesse du vent atteint 5 m.				
26,8	—	—	—	—	5,50.
27,85	—	—	—	—	6.
30,05	—	—	—	—	7.
31,70	—	—	—	—	8.

(1) Les Aéromoteurs de Chicago, *Revue encyclopédique de la marine*, 1^{er} janvier 1903.

(2) *The Chinese Salt Industry. Journal of the Society of Arts*, 2 février 1906.

On emploie aussi les moulins pour épuiser des fosses, comme à Grombart, près de Welscherff, où un tel appareil dont la roue a 6,30 m. de diamètre élève de 60 m. de profondeur :

2 m³ d'eau à l'heure, lorsque le vent a une vitesse de 4 m.
 et 5 m³ — — — — — 7 m.

Il est des installations plus importantes encore, telles que celle de Pultava (Russie) où une roue de 7,60 m. de hauteur peut avec un vent de 7 m. débiter 3,5 m³ à l'heure à une hauteur de 106 m., les canalisations ayant 2 km. de longueur.

A Mazamet (Tarn) une roue de 9,15 m. de diamètre peut refouler 66 litres d'eau par seconde à 35 m. (1).

Les Compagnies de chemin de fer les emploient comme sur la ligne de grande ceinture, à Valenson près Villeneuve-Saint-Georges où une roue actionne deux pompes refoulant 4 m³ à 16 m. (2).

Certains villages doivent aux moulins d'être pourvus d'une distribution d'eau. A Arkansas City, dans le Texas, un moulin Corcoran de 4,30 m. de diamètre refoule sous une charge de 10 m. dans une canalisation de 330 m., 10 à 90 m³ d'eau par 24 heures, dans un réservoir de 145 m³. La distribution fait l'arrosage des rues et alimente les maisons à un taux annuel très modéré.

A Macpherson City (Kansas), un moulin de 6,60 m., installé sur une tour de 24 m., refoule 130 à 170 m³. d'eau par 24 heures, sous une charge de 22 m., dans un réservoir de 280 m³, alimentant une canalisation de tuyaux en fonte, dont 480 m. de 0,25 m. de diamètre et 90 m. de 0,100 m., avec 8 bouches à incendie de 0,60 m. La vanne de prise d'eau est à mi-hauteur du réservoir, qui resté ainsi toujours à moitié plein en cas d'incendies, pour lesquels on ouvre une vanne spéciale placée au fond du réservoir (3).

On pourrait encore employer avec avantage l'eau fournie par les moteurs à vent, en l'accumulant dans des réservoirs et en s'en servant ensuite pour faire fonctionner des moteurs hydrauliques (4).

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES. — Cette question mérite une grande attention car sa solution peut beaucoup contribuer au développement des moulins à vent.

Bien que le régime irrégulier et intermittent du vent impose l'emploi d'accumulateurs, ce procédé a déjà trouvé des applications intéressantes que nous allons passer rapidement en revue.

Depuis 1889, fonctionne près de Cleveland (Ohio) une station électrique commandée par un moulin à vent dont la roue a 16,80 m. de diamètre et qui se compose de 144 ailes offrant en tout 162 m² de surface de voilure. En marche normale elle fait 6,6 tours à la minute. Le mouvement de l'arbre moteur est transmis par courroie à la dynamo qui fait 330 tours. Un embrayage automatique met la dynamo en marche dès que la force du vent est suffisante pour qu'elle puisse tourner à cette vitesse. La dynamo charge 12 batteries et 34 accumulateurs qui suffisent à fournir le courant nécessaire à 350 lampes de 10 à 50 bougies (4).

Au cap de la Hève, une roue du type Halladay de 18 chevaux actionne avec un vent de 7 m. les deux dynamos d'une station électrique installée en 1886. Celles-ci sont de force différente et marchent à des vitesses différentes, un embrayage automatique mettant la petite en fonctionnement quand le nombre de tours varie de

(1) *Génie Civil*, 1890. Vol. XVII, p. 246.

(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement*. Août 1904, p. 623.

(3) *Bulletin de la Société d'Encouragement*. Octobre 1894, p. 677.

(4) *Iron Age*, 1893. Vol. LI, p. 299.

100 à 260 et la grande lorsqu'il varie de 250 à 650. Ces dynamos chargent une batterie d'accumulateurs (1).

La *Discovery* et le *Gauss* qui firent des expéditions au pôle Sud étaient équipés de moulins à vent ayant respectivement 4,80 m. et 5,50 m. de diamètre et qui commandaient des dynamos.

On a poursuivi pendant une année des essais avec une dynamo à vent à Wittkiel près de Kappeln (Schleswig-Holstein) où une roue de 12 m. de diamètre et de 100 m² de surface fournissait suivant l'intensité du vent de 1 à 30 chevaux. Avec un vent de 2 m. par seconde, la roue tournait à vide avec sa vitesse normale (11 tours). Avec un vent de 3 m. par seconde, on pouvait charger la batterie d'accumulateurs d'une capacité de 66 kilowatts, laquelle servait à l'éclairage; on essaya, en mettant la batterie en dérivation, de relier directement les lampes à la dynamo: les résultats ont été aussi tout à fait satisfaisants. Pendant les 365 jours d'essai, l'installation n'a jamais fait défaut et le moteur a fourni assez souvent le double et même le triple de sa puissance normale.

Une autre installation intéressante est celle de Büsenn sur la mer du Nord. La roue a 15 m. de diamètre et il en existe une autre de 6 m. Le moulin à vent est ici destiné à remonter dans une tour un poids qui, en descendant ensuite, actionne la dynamo (2).

Enfin il est important de signaler les conclusions que le professeur La Cour a déduites des essais récents faits à Cœskow, pour le gouvernement danois, et qui avaient pour but de déterminer le meilleur type de moulin pour la génération de l'électricité (3).

1° Le moulin à 4 ailes donne, selon lui, de meilleurs résultats que tous les autres types et sa puissance s'obtient par la formule suivante :

$$\text{Puissance en chevaux} = \frac{\text{Surface de voilure en m}^2 \times \text{vitesse du vent en m. par 1''}}{1,250}$$

2° La roue doit pouvoir se mettre automatiquement dans la direction du vent.

3° Enfin il est bon d'avoir un moteur de réserve pour les cas où le vent manque: ce sera un moteur à pétrole pour les petites installations et un manège pour les grandes. L'emploi de cette réserve permet de diminuer l'importance des accumulateurs d'où le prix de premier établissement.

Dans la même ville fonctionne depuis au moins 3 ans une installation qui fournit l'électricité à des moteurs agricoles et à 450 lampes. Les accumulateurs peuvent emmagasiner pour 4 à 5 jours, néanmoins un moteur à pétrole de secours est installé. Il n'a eu à fonctionner qu'environ 30 jours par an (4).

Essais. — Il est à remarquer que peu d'expériences méthodiques ont été faites sur les moulins à vent. Cependant ces appareils se prêtent facilement aux essais. M. Murphy semble être le premier qui en ait fait une étude méthodique et expérimentale. Il en a déduit quelques résultats intéressants (5).

D'abord il est avantageux d'avoir des mécanismes réducteurs de vitesse qui permettent de faire tourner les roues rapidement. En effet, avec de faibles réductions et même sans réduction, le démarrage est difficile et surtout la vitesse diminue rapidement quand la charge augmente. Au contraire, avec les grandes vitesses que permettent les réductions, on peut presque doubler la charge sans affecter ces vitesses. En résumé les réducteurs de vitesse permettent :

(1) *Scientific American*, 1901.

(2) *Die Elektrizität*, 21 juin 1902.

(3) *The Electrical Review*, Avril 1906.

(4) *American Electrician*, Août 1904.

(5) *Bulletin de la Société d'Encouragement*, Janvier 1902.

- 1° De démarrer avec des vents faibles ;
- 2° De marcher avec des vitesses de vent élevées.

Ces conclusions semblent en désaccord avec celles du professeur La Cour. Mais il faut tenir compte que celui-ci se place uniquement au point de vue du fonctionnement d'une installation électrique, et il est bien certain, ainsi que nous l'avons déjà mentionné, que la grande masse régulatrice de l'appareil qu'il préconise est avantageuse pour ce cas.

Ensuite, pour une bonne utilisation moyenne, la charge doit être d'autant plus faible que la vitesse moyenne du vent est elle-même plus réduite. Il faudra donc toujours tenir compte dans l'établissement d'un moulin du régime des vents de la contrée. En tous cas la puissance augmente rapidement avec la vitesse du vent et atteint son maximum vers 14 m. par 1".

Enfin pour des vitesses égales du vent, la puissance augmente proportionnellement à la charge. Pour avoir le meilleur rendement il faudrait donc pouvoir augmenter automatiquement la charge du moulin avec la vitesse du vent, afin que le moulin tourne toujours à sa meilleure vitesse de régime.

Nous trouvons également dans le compte rendu du concours de moulins institué en 1903 par la Société royale d'agriculture d'Angleterre des renseignements très utiles (1).

En particulier les essais ont montré l'importance d'un frein automatique empêchant les emballements. Au point de vue de la régularité de la marche, les résultats obtenus ont été satisfaisants avec les 6 moulins retenus pour un examen complet. Enfin, il est avantageux au point de vue du rendement d'utiliser des pompes à double effet.

Dans les appareils présentés on a employé couramment les billes pour le chemin de roulement du beffroi sur le pylône, et parfois des paliers à galets et des paliers de butée à billes, ce qui diminue les frottements et augmente le rendement mécanique en même temps que la sensibilité de la régulation et de l'orientation. Il y a avantage au point de vue de la régulation à écarter de 5 à 10 m/m l'arbre de la roue de l'axe du pylône.

Celui-ci dans le type le mieux établi était composé de 4 montants en cornières $\frac{63 \times 63}{8}$ avec des croisillons de 13 m/m horizontaux disposés tous les 1,50 m. et des diagonales qui faciliterent beaucoup le montage. Les montants avaient une inclinaison de 1/5.

La pompe du moulin qui a obtenu le premier prix à ce concours est à double effet, elle a 100 m/m de diamètre et 560 m/m de course ; les clapets sont en caoutchouc vulcanisé. On se rendra compte du bon fonctionnement de cet appareil en remarquant qu'il a débité 3.600 m³ d'eau alors que les autres pompes n'en ont débité que 1.800 m³ environ.

Nous devons enfin signaler les résultats plus récents déterminés par M. Ringelmann et qui ont fait l'objet d'une communication à l'Académie des Sciences, le 30 octobre 1905.

Il a cherché à déterminer les coefficients qui relient pratiquement le travail fourni par la roue à la vitesse du vent qu'elle reçoit.

Les expériences ont été effectuées pendant près de 2 ans sur un moulin de 3,60 m. de diamètre, ayant 72 ailes de 1,30 m. de longueur et une surface de voilure de 9,39 m². On a abandonné le moulin à lui-même par tous les temps. Il actionnait une

(1) *Engineering (London)*, 17 et 24 avril 1903.

Engineering (London), 1^{er} mai, 17 juillet 1903.

Bulletin de la Société d'encouragement, septembre 1903.

pompe et des appareils enregistreurs notaient à chaque instant la vitesse du vent et le nombre de tours de la roue, donc le travail du moulin.

Celui-ci fonctionnait régulièrement pour des vitesses comprises entre 4 m. et 10 m. par seconde ; il s'arrêtait pour des vitesses supérieures.

Le rendement mécanique du moulin, de la transmission et de la pompe était de 0,341.

Si l'on désigne par :

v la vitesse circonférentielle de la roue, en mètres par seconde,

V la vitesse du vent, en mètres par seconde,

$$\text{on a : } v = nV \quad (1).$$

Dans les essais, n a varié de 0,75 à 0,88.

D'autre part, si l'on désigne par :

T le travail mécanique, en kilogrammètres par seconde,

V la vitesse du vent, en mètres par seconde,

A la surface sur laquelle agit le vent, en mètres carrés,

K un coefficient,

$$\text{on a } T = KAV^3 \quad (2).$$

Le travail mécanique T s'obtiendra en multipliant le travail théorique T par le rendement qui, suivant les installations, varie de 20 à 40 %.

Nous reproduisons ci-dessous les moyennes des résultats des expériences ; elles seront utiles pour des projets :

V Vitesse moyenne du vent, en mètres, par seconde	c Nombre moyen des tours de la roue, par heure	d Volume d'eau, en litres, élevé à 10 ^m de hauteur, par heure	n Coefficient de la formule (1)	K Coefficient de la formule (2)
4,08	1.063	1.563	0,817	0,0198
4,64	1.233	1.813	0,834	0,0156
5,25	1.314	1.931	0,785	0,0115
6,61	1.862	2.736	0,884	0,0081
7,50	2.100	3.086	0,878	0,0063
8,89	2.200	3.233	0,776	0,0039
10,00	2.400	3.527	0,752	0,0030

Installations. — Coût des appareils. — Frais de premier établissement. —

Dans une installation de force motrice par moulin à vent, il faut tenir compte de l'intermittence et de l'irrégularité de la source d'énergie : le vent. L'installation soit d'un accumulateur d'un type approprié, soit d'un moteur de rechange, permettra de tenir compte de ces incidents.

Il faudra donc se renseigner sur le régime des vents de la contrée dans laquelle on se propose de faire l'installation. C'est en effet l'élément le plus important à apprécier et aussi le plus délicat. Les conditions topographiques ont une grande influence et peuvent donner des indications utiles. En effet, la vitesse des courants augmente rapidement quand on s'éloigne du sol. A Paris, par exemple, la vitesse moyenne au toit des maisons (20 m. au-dessus du sol) est de 2,15 m., alors qu'au sommet de la tour Eiffel, elle est de 8,70 m.

Enfin on devra tenir compte du voisinage d'obstacles, tels que forêt, agglomération bâtie, coteau escarpé.

De la vitesse moyenne du vent on pourra, par la formule du professeur La Cour déterminer avec une approximation suffisante l'importance du moulin suivant la force que l'on voudra obtenir.

S'il s'agit d'une installation destinée à l'élévation de l'eau, on devra :

1^o Estimer le débit d à fournir par le moteur pendant l'époque la plus défavorable, ce qui nécessite la connaissance de la variation de la consommation d'eau et des variations du régime des vents.

2^o Calculer le diamètre de la roue par la formule (1) :

$$D = 13,6 \sqrt{\frac{dh}{V^3}}$$

où d représente le débit, en m³ par seconde,

h — la hauteur dont on doit élever l'eau, en mètres,

V — la vitesse moyenne du vent, en mètres par seconde.

Les renseignements fournis par les expériences de M. Ringelmann permettront de contrôler les résultats obtenus.

Le concours dont nous avons parlé plus haut donne des renseignements intéressants sur le coût des appareils. Tous ceux-ci avaient un pylône de 12 m. de hauteur environ.

L'appareil qui a remporté le 1^{er} prix coûtait au total 1.750 francs. Celui des autres appareils dont l'effet utile était environ moitié de celui du précédent s'élevait à :

1.925 fr., dont 1.500 pour le mécanisme.

1.535 fr., dont 700 —

2.175 fr.

2.125 fr.

2.650 fr.

Si l'installation projetée est destinée à l'élévation de l'eau, on devra prévoir l'établissement d'un réservoir d'une capacité suffisante qui constituera un volant. Si l'installation est électrique, on emploiera une batterie d'accumulateurs.

D'après le professeur La Cour, le coût de l'installation qui depuis deux ans fonctionne à Eskow se répartit comme suit :

Moulin à vent	4.125 fr.
Moteur à pétrole de secours	4.125
Accumulateur	6.875
Dynamo	1.250
Transmission.	475
Tableau de distribution	475
Fondations	2.750
Câbles	1.750
TOTAL.	21.825 fr.

Le coût du fonctionnement est par an de :

Entretien, graissage, mise en marche	275 fr.
Entretien du moteur à pétrole et consommation pour	
30 jours à (5 fr. 50 par jour)	165
Consommation de pétrole par an	275
Huile et graisses.	5
TOTAL.	720 fr.

On reçoit pour l'énergie distribuée 3.500 francs, il y a donc un bénéfice annuel d'au moins 2.700 francs, soit environ de 12 0/0.

L'installation d'Arkansas City, que nous avons déjà signalée, a coûté 10.000 fr.

(1) *Annales des Travaux publics de Belgique*. Décembre 1901.

Elle alimente les habitations en eau, à raison de 25 fr. par maison et de 50 fr. par hôtel, ce qui donne un rapport annuel de 1.500 fr. Les dépenses d'entretien s'élèvent à 25 fr. par an.

Enfin à titre de renseignement nous donnons comme suit les prix de moulins à vent du type Corcoran, dont les roues sont en acier galvanisé et les pylônes métalliques.

Moulin de 2,40 m. de diamètre	320 à	350 fr.
— 3 m.	—	460 à 475
— 3,60 m.	—	550 à 735
— 4,20 m.	—	1.000 à 1.150

Pylônes de	pour moulins de	2,40 m. et 3 m.,	3,60 m.	4,20 m.
12 m.	—	400 à 440 fr.	540 fr.	840 fr.
15 m.	—	520 à 570 fr.	690 fr.	1.100 fr.
18 m.	—	630 à 720 fr.	860 fr.	1.350 fr.
21 m.	—	915 fr.	1.100 fr.	1.650 fr.

Conclusion. — Nous avons considéré les aéromoteurs tels qu'ils existent dans le commerce, sans rechercher les principes rationnels à appliquer dans leur construction. Nous pensons avoir montré à la fois le profit que l'on pouvait tirer de leur emploi et les précautions qui doivent présider à leur installation. Le moulin à vent peut être utilisé non seulement dans les fermes pour élever l'eau, comme il semblait que tel était son domaine exclusif, mais par l'emploi d'accumulateurs on peut obtenir une force constante et continue au moyen de l'électricité. Si même le vent est généralement abondant dans la région on emploiera un moulin à allure lente dont le fonctionnement est moins économique au point de vue du rendement, mais beaucoup plus régulier et qui permettra de prendre le courant directement sur la dynamo qu'il actionnera.

L'usage de ces moteurs se répand d'ailleurs de plus en plus. Suivant la statistique officielle de 1892, l'Agriculture française disposerait de 6.200 moulins à vent représentant 16.500 chevaux. Aujourd'hui cette puissance doit être beaucoup plus considérable bien que sans doute elle n'atteigne pas le même chiffre qu'en Amérique. En effet, d'après une statistique de 1895, il y a dans ce pays 200 fabriques qui construisent pour 45 millions de francs de moteurs à vent, par an.

Les conditions sociales exigent que l'énergie que la nature met à notre disposition soit utilisée le mieux possible. Jusqu'ici le vent est une richesse qui a été trop dédaignée. Il est nombre d'installations et de petites usines qui trouveraient dans l'emploi d'aéromoteurs une économie importante.

Beaucoup de villages qui n'ont pas la chance d'être au bord d'une rivière pourraient, avec ces appareils, se créer l'électricité qui leur donnerait la force motrice et au moins la lumière.

En particulier, étant donné que l'utilisation de la force des vagues est encore à l'état embryonnaire, beaucoup de localités maritimes pourraient trouver dans l'emploi des moulins à vent des avantages qui méritent d'attirer l'attention. On sait que la brise souffle sur les côtes de la mer vers la terre le jour, après le lever du soleil, puis qu'elle décroît à partir de 3 heures de l'après-midi pour se changer en brise de terre à partir du coucher du soleil. Il y a donc là deux courants périodiques parfaitement nets et assez réguliers qui pourraient être utilisés avantageusement.

LES MOTEURS HYDRAULIQUES

Ce sont des appareils qui ont pour but de transformer en énergie mécanique la force vive de l'eau en mouvement.

On utilise dans ce but depuis longtemps les cours d'eau. Les mouvements de la mer, bien que celle-ci soit un réservoir immense d'énergie, n'ont pas encore été utilisés d'une façon industrielle (1).

L'utilisation de la force vive des eaux courantes pour la production de l'énergie remonte à une époque fort ancienne. Vitruve, dans son *Traité d'Architecture*, décrit sous le nom d'*hydraulæ* les moulins à eau en usage au v^e siècle de l'ère chrétienne.

Jusqu'à la découverte de la vapeur, la mouture se faisait presque exclusivement au moyen de meules actionnées par de grandes roues que faisaient tourner les cours d'eau.

Le moteur hydraulique jusqu'au siècle dernier a été exclusivement la roue à aubes. Celle-ci est encore employée aujourd'hui. Mais elle cède de plus en plus la place à la turbine, moteur moins encombrant et d'un rendement plus élevé, que les progrès de la mécanique moderne ont permis de faire robuste, d'un fonctionnement extrêmement régulier, et qui se plie aisément aux exigences actuelles des ingénieurs.

Il ne nous sera pas possible dans ce chapitre de nous limiter exclusivement à la description des moteurs et des installations. L'étude de l'énergie hydraulique en général, des règles qui président à son exploitation, des conditions dans lesquelles doit s'effectuer, suivant les cas, l'aménagement des chutes constitue également une partie importante de cette question. Bien que nous ne puissions nous étendre sur ce sujet aussi longuement qu'il le mérite, nous nous efforcerons d'en indiquer l'intérêt et de désigner les sources auxquelles il sera possible de se documenter.

L'énergie hydraulique. — C'est l'énergie que produit l'eau en tombant. La chute peut être brusque, comme c'est le cas dans les torrents et les cascades ; elle peut être progressive, ainsi que cela se constate généralement avec les rivières. Dans les cas qui précèdent, la chute résulte de l'origine du cours d'eau, de la forme de son lit, de la nature des terrains qu'il traverse, de la région qu'il parcourt. Elle n'est pas généralement utilisée telle que la nature l'a créée. Diverses circonstances, que nous verrons, interviennent et obligent à utiliser les différences de niveau du

(1) On peut utiliser soit la différence de niveau créée par les marées, soit la force vive des vagues. Le deuxième procédé permettrait une production plus continue de force motrice que le premier. Il faut cependant avouer que si ingénieux que soient bien des projets, aucun ne s'est encore montré suffisamment certain pour qu'il s'en suive une application sérieuse. En fait il n'existe pas d'installation industrielle qui utilise la puissance de la mer.

Voir sur cette question :

Baclé. *La Nature*, 1882, tome I, page 363.

C. de T. *La Nature*, 1883, tome I, page 99.

C. de T. *La Nature*, 1883, tome I, page 227.

Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils, juillet 1883, page 135.

C. de T. *La Nature*, 1890, tome II, page 214.

Penniman. *Scientific American*, janvier 1902.

Wergefosse. *Bulletin de la Société belge d'électriciens*, 1902, page 335.

V. Martinet. *Revue technique*, 1903, n^o 22, page 806.

J. Sauwaders. *Engineering Review*, août 1905, page 125.

H. de Fuisseaux. *Bulletin technique de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole Polytechnique de Bruxelles*, janvier 1906, page 145.

lit. On peut aussi créer artificiellement des chutes ; c'est ce que propose l'ingénieur Guarini qui projète de relier le lac Titicaca, situé à 4.000 m. au-dessus du niveau de la mer à l'Océan Pacifique (1). C'est une idée analogue qu'expose Paul Simon dans *L'Electricien* (2), lorsqu'il imagine de faire déverser la Méditerranée dans la mer Morte la différence entre leurs niveaux étant de 300 m., le supplément d'eau envoyé à ce lac étant évaporé par suite de la grande surface qu'offre ce réservoir géant. C'est ce qui a été fait en Suisse à Vallorbe, où l'on déverse dans l'Orbe, en la faisant passer dans les turbines de l'usine de La Dernier, l'eau des lacs de Joux.

Quelle que soit la solution adoptée, deux facteurs caractérisent la puissance d'une chute : sa hauteur, son débit, et l'on a exactement :

$$P = Q \times H.$$

P représentant la puissance de la chute, en kilogrammètres, si

Q est le poids d'eau qui s'écoule par seconde, exprimé en kilogs et

H la distance verticale séparant les deux niveaux, comptée en mètres.

Il suffit de diviser le résultat par 75 pour obtenir la puissance en chevaux.

Toutes choses égales, plus la hauteur de chute est grande, plus généralement le débit est réduit. Les hautes chutes se rencontrent, dans la majorité des cas, dans les montagnes et elles sont alors d'origine torrentielle ; les basses chutes se rencontrent dans les plaines, elles résultent de l'écoulement des rivières.

On convient de donner le nom de « Houille blanche » à l'énergie qui provient des cours d'eau de montagnes et de glaciers ; on désigne sous le nom de « Houille verte » l'énergie dont le débit, régularisé par les bois et les forêts, se retrouve dans les rivières de plaines ou issues des massifs secondaires (3).

Cette distinction est nécessaire ainsi qu'il est aisé de s'en rendre compte. D'abord, nous avons fait remarquer que les hautes chutes étaient généralement créées par la première et les basses chutes par la seconde ; de plus le régime des cours d'eau qui en dérivent sont notablement différents.

Dans le 1^{er} cas la période de chômage correspond à l'hiver, alors que dans le 2^e, c'est durant l'été que le débit est minimum. Il est également facile de prévoir les difficultés que créent ces variations à l'exploitation régulière d'une installation et l'intérêt que présente par suite la *régularisation* des torrents et des cours d'eau : Celle-ci ne peut s'obtenir que par le *reboisement*. La « déforestation » est une des caractéristiques du XIX^e siècle ; le XX^e devra réparer le mal dont elle est la cause : le reboisement est nécessaire. Le régime d'un grand nombre de torrents et de rivières souffre de l'insuffisance du boisement de leur périmètre. Les vallées menacées d'inondations, de glissements, d'érosions sont nombreuses. A mesure que les rives des cours d'eau se garnissent d'usines, il devient indispensable de fixer l'étiage et d'assurer aux cours d'eau un débit régulier et constant. Dans la plupart des cas, c'est le boisement qui forme le seul régulateur possible.

En effet le tronc, les branches et les feuilles d'un arbre absorbent une partie de l'eau qui tombe et l'empêchent d'atteindre immédiatement le sol. On peut l'évaluer de 30 à 45 0/0 du total de l'eau tombée, mais cette proportion dépend du caractère de la pluie et de la nature des arbres. En outre, des observations prolongées ont fait constater que, bien que le sol d'une forêt reçoive moins d'eau qu'un sol nu, l'humidité s'y conserve mieux. Cela provient de la moindre évaporation, les arbres

(1) L'utilisation des eaux du lac Titica. *Cosmos*, 21 avril 1906.

(2) Une chute d'eau unique. Fantaisie d'aujourd'hui, Réalité de demain. *L'Electricien*, 15 et 22 août 1903.

(3) M. Bergès, propriétaire des papeteries de Grenoble, est le premier qui a résolu le problème d'actionner des turbines au moyen de tuyaux allant capter l'eau d'un torrent à 500 mètres au-dessus de son usine. C'est lui qui, voulant « signaler avec véracité que les montagnes et les glaciers peuvent être des richesses aussi précieuses que la houille des profondeurs », leur a donné le nom de *houille blanche*.

interceptant les rayons solaires d'une part, et d'autre part l'air étant plus chargé d'humidité. De plus la présence des racines dans le sol constitue aussi un obstacle à une circulation rapide de l'eau. C'est pourquoi les cours d'eau qui traversent les pays boisés ont un régime beaucoup plus régulier. On doit remarquer également que la neige fond moins vite sous les arbres et à la fonte des neiges, la terre sous bois absorbe plus d'eau que le sol découvert (1).

Donc la présence des forêts sur un bassin qui alimente une localité équivaut à une augmentation de valeur du réservoir de la distribution (2).

La Confédération suisse qui s'en est rendu compte accorde son concours financier aux cantons et subventionne les travaux de reboisement et de défense contre les érosions. Jusqu'en 1902 elle avait donné 2.901.943 francs, soit 52 0/0 de la dépense nécessaire (3).

Dans certains cas, on a pu obtenir par un artifice d'ailleurs très élégant une régulation à peu près complète. C'est ce qui a été fait pour l'installation du Saut Mortier où l'on régularisa et augmenta à la fois le débit insuffisant de l'Ain. Dans ce but, on établit un canal reliant à cette rivière le lac de Chalain situé à 52 m. au-dessus du point le plus proche de la rivière. Il suffit de laisser baisser son plan d'eau pendant les périodes de sécheresse et de le laisser remonter à son niveau normal en dehors de ces périodes pour obtenir un débit constant (4).

Nous avons vu que l'utilisation des cours d'eau pour produire de la force motrice remonte à une époque très ancienne. Cependant, jusqu'au siècle dernier, on n'avait su employer que les petites chutes. Mais les progrès de la machine à vapeur, le bon marché du combustible, la facilité avec laquelle on pouvait le transporter, la régularité du fonctionnement du moteur en firent même abandonner peu à peu l'emploi.

Influence de l'électricité sur le développement des installations hydrauliques.

— Il fallut pour permettre à nouveau le développement de cette transformation d'énergie l'intervention d'un nouvel agent : l'électricité. Les moteurs hydrauliques n'ont été réellement perfectionnés et leur construction ne s'est développée que depuis que les progrès réalisés dans l'électricité ont permis de transporter économiquement l'énergie à de longues distances (5).

Avant que ce résultat fut obtenu, il fallait pouvoir utiliser sur place la force motrice que la roue mettait à la disposition de l'industriel. C'était généralement un meunier, comme aujourd'hui parfois encore, ou un petit industriel qui pouvait actionner quelques machines-outils. Aujourd'hui même, malgré le développement des turbines hydrauliques, la puissance de ces installations est réduite, car les usines importantes qui ont pu s'installer au bord d'une rivière et utiliser sur place l'énergie hydraulique sont restreintes. Nous pouvons citer cependant, comme particulièrement intéressantes à ce point de vue, les usines du Saut du Tarn, à Saint-Juéry, qui possèdent des turbines d'une puissance totale de 1.800 chevaux dont certaines actionnent directement des soufflantes de haut-fourneau et des trains de laminage.

Mais toutes les installations ne peuvent pas être actionnées ainsi. Générale-

(1) Les forêts et leur influence sur le régime des eaux. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, mai 1904.

(2) Le reboisement des montagnes. *Bulletin de la Société d'Encouragement*, 2^e semestre 1903.

L'aménagement des montagnes. *La Houille blanche*, août 1904.

L'armature végétale du sol, son rôle à l'égard de la houille blanche. *La Houille blanche*, septembre 1904.

(3) Les forêts en Suisse et le régime des eaux. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, août 1904.

(4) *Génie civil*, 9 février 1901.

(5) Application de la puissance hydraulique dans l'industrie. *Engineering Magazine*, mars 1904.

Les turbines et l'utilisation de la force motrice hydraulique. *Mechanical Engineer (N. Y.)*, 22 mars 1902.

ment, l'usine hydraulique est dans une région difficilement accessible où l'on ne peut songer à créer une industrie. Il faut donc donner à l'énergie obtenue une forme spéciale qui permette de la transporter loin et économiquement. Marcel Desprez qui, en 1883, affirmait la réversibilité des dynamos, indiquait par là que l'électricité pouvait permettre d'obtenir ce résultat. Avec elle les distances sont sans grande importance : il est des régions où l'usine hydraulique et l'usine réceptrice sont séparées de 373 kilomètres (1). Ce transport d'énergie est économique car l'emploi des tensions de plus en plus élevées permet de réduire les frais d'installation et d'autre part la perte due à la ligne est peu importante.

Les conditions précédentes ne se rencontrent généralement qu'en pays de montagnes. Dans les régions moins accidentées, on utilise également l'énergie que possèdent les cours d'eau et il semble que là au moins les usines hydrauliques auraient dû se développer aisément sans le secours de l'électricité : les pays sont habités, facilement accessibles. Cependant ce n'est encore que grâce à celle-ci que des régions comme la Normandie, par exemple, ont vu se répandre l'emploi de ces moteurs. Les cours d'eau sont, en effet, des accumulateurs considérables d'énergie et les dépenses relativement grandes qu'exigeait leur aménagement mettaient à la disposition du constructeur de la chute une puissance que, en général, il ne pouvait, seul, utiliser entièrement. Il n'en a plus été de même avec l'emploi de l'électricité. Grâce à elle on dispose à la fois de force motrice et d'éclairage et, par son intermédiaire, on n'a pas demandé à la roue de faire tourner seulement le moulin du meunier, mais aussi d'actionner la scie du charpentier, le tour du menuisier, etc., et le soir d'éclairer le village et les maisons des habitants. Là où il y avait de l'eau on a créé une chute et là où il n'y en avait pas on s'est raccordé, toujours grâce à l'électricité, au pays qui, plus heureux, en possédait une assez puissante pour alimenter ses habitants et ceux du village voisin (2).

Si donc l'électricité a permis immédiatement l'utilisation des grandes chutes, il est facile de voir qu'elle a contribué également à celle des petites. Les tableaux dressés pour la région normande par M. Bresson (3) sont à ce point de vue très instructifs. Nous les avons résumés ainsi qu'il suit :

Progression des installations hydro-électriques.

	Stations centrales	Installations particulières	Transports d'énergie et applications diverses de l'électricité	Total
1880-1884	3	2	1	6
1885-1889	5	2	1	8
1890-1894	12	4	3	19
1895-1899	28	7	6	41
1900-1904	43	15	15	74

Le sort des moteurs hydrauliques est donc intimement lié à celui de l'électricité : tout progrès que celle-ci réalise, l'hydraulique en bénéficie immédiatement.

Il est par suite facile de s'expliquer que les cours d'eau, d'abord peu estimés par l'industriel, soient devenus subitement le but de ses recherches et la convoitise des financiers. On comprend que, à la suite du développement qu'ont pris les usines hydrauliques, devant les puissances considérables qu'elles mettaient à la dispo-

(1) *Génie civil*, 17 septembre 1904.

(2) Utilisation des très basses chutes. *La Houille blanche*, décembre 1902.

Le développement des petites forces hydrauliques. *American Electrician*, décembre 1903.

(3) Bresson. *La Houille verte*.

sition de l'industriel, on ait donné le nom de houille blanche à ces glaciers qui sont, par rapport aux turbines hydrauliques, ce qu'est le charbon de terre, la houille noire, vis-à-vis des machines à vapeur.

Les chutes d'eau disponibles dans le monde constituent par conséquent une puissance énorme et elles ont ceci d'admirable qu'elles sont d'une richesse qui, convenablement gérée, est à peu près inépuisable; on peut dire que la houille blanche est un « revenu dont on use »; on voit immédiatement l'immense avantage qu'elle présente sur la houille noire qui est un véritable « capital que l'on mange. »

C'est qu'en effet, la houille représente le travail accumulé dans le passé par la chaleur du soleil, alors que la force hydraulique représente le travail emmagasiné journallement par l'astre qui nous éclaire.

Forces hydrauliques disponibles et utilisées en France. — La France est très riche en houille blanche, mais il est difficile d'être renseigné exactement sur le montant de cette fortune (1). D'après M. Bergès, on pourrait trouver dans les Alpes françaises un total de 5 millions de chevaux et la même puissance dans les Pyrénées, le Massif Central, les Vosges et le Jura. Cela ferait un total de 10 millions.

Le chiffre d'utilisation actuelle de cette richesse est plus connu.

D'après la statistique prescrite par le Ministre de l'Agriculture par sa circulaire du 7 février 1899, il y aurait en France, sur les rivières non navigables, 46.366 usines hydrauliques utilisant 49.000 chutes d'une puissance globale de 488.891 chevaux. Sur les rivières navigables il y aurait 1.528 usines disposant de 86.081 chevaux (2). Ce qui donne une puissance totale de 574.972 chevaux.

Suivant M. Bougault (3), à la fin de 1904, ce chiffre se serait élevé à 650.000 chevaux.

Si l'on considère qu'actuellement la houille noire développe 5 millions de chevaux environ, on voit quel avenir a devant elle la houille blanche. Cependant, en 1904, il n'y a encore en France que 161.343 chevaux en installations hydro-électriques (4), alors que, à la même époque, celles établies dans le monde représentaient, d'après Campbell Swinton (5), 1.483.390 chevaux ainsi répartis :

Etats-Unis.	527.467 chevaux
Canada	228.225
Italie.	210.100
France	161.343
Suisse	133.302
Allemagne.	81.077
Suède et Norvège	71.000
Mexique	18.470
Autriche	16.000

A reporter. 1.446.984 chevaux.

(1) Tableau résumé des forces hydrauliques en France. *Annuaire statistique de 1900*, page 204.

Les forces motrices du Haut-Rhône français. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 20 juillet 1900.

La puissance hydraulique de la houille blanche en France. *Engineering Magazine*, septembre 1902.

Utilisation des chutes d'eau des Alpes. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, mai 1902.

Statistique des principales chutes d'eau aménagées dans le Sud et dans l'Est de la France. *La Houille blanche*, décembre 1903.

D^r Marchand, L'énergie mécanique disponible sur le versant français des Pyrénées. *La Houille blanche*, mai 1904.

(2) *Génie Civil*, 17 septembre 1904.

(3) *Répartition des forces motrices à vapeur et hydrauliques en France*.

(4) Paul Bougault, *Bulletin des Usines électriques*, décembre 1904.

(5) Campbell Swinton, *British Association for the Advancement of Sciences*, 22 août 1904.

<i>Report.</i>	1.446.984 chevaux.
Grande-Bretagne	11.906
Russie	10.000
Indes anglaises	7.050
Japon	3.450
Sud Africain	2.100
Vénézuéla	1.200
Brésil	800

1.483.390 chevaux.

Cependant, cette « houille blanche » n'est pas malheureusement inépuisable. Les grands régulateurs du régime des eaux sont les glaciers et ceux-ci sont essentiellement éphémères (1). Ils « marchent », et désertent les hauts sommets pour s'avancer dans les plaines. De ce fait, la surface des régions assez élevées pour constituer des zones de condensation et d'accumulation des neiges, diminue progressivement : peu à peu, le glacier fond sans se renouveler. L'effet régulateur du reboisement pourra seul suppléer dans l'avenir et en partie seulement, à l'absence future des glaciers.

D'autre part, il est un phénomène dont la houille blanche s'accommode mal et avec lequel cependant elle doit fréquemment compter : le gel. On peut lutter contre la sécheresse en créant des accumulateurs, des réservoirs ; on est moins bien armé contre le gel. Les bulletins météorologiques peuvent permettre de prévoir assez à temps les périodes de température basse. Quelles doivent donc être alors les dispositions à prendre pour en combattre les effets ?

Il y a les installations où l'eau ne se déplace pas sous pression, mais dans des canaux ouverts ou en souterrain et où ils s'alimentent directement dans le cours d'eau à gueule-bée. (Saut Mortier.) A certaines autres, la canalisation est sous pression dans la prise d'eau. (Hagneck.) Enfin il en est qui concentrent l'eau d'un torrent dans un grand canal d'où elle est reprise par une conduite dont l'orifice est complètement noyé.

Il se dégage de la pratique que les usines qui prennent leur eau dans les lacs ont été à l'abri de toute difficulté. Celles qui ne sont pas dans ces conditions avantageuses s'efforceront donc de s'y placer en pratiquant des barrages résistants et assez hauts pour relever le plain d'eau de façon qu'une couche de glace de 1 mètre ne puisse obstruer l'orifice de la prise. Il y a de ce fait une perte de chute mais elle est certainement préférable au chômage.

Pour se mettre à l'abri du gel on pourrait également maintenir l'eau en mouvement soit en laissant tourner les turbines à vide, soit en laissant l'eau s'écouler par des orifices appropriés. Il suffit pour cela que le débit soit de 1 m³ par heure et par mètre carré de surface de conduite exposée au refroidissement (2).

Si la science a permis le développement rapide de l'industrie hydraulique, grâce aux progrès réalisés avec l'électricité, aux applications électro-chimiques et aux transports à grande distance qui en ont été les conséquences, si la pratique a permis de trouver la solution de sérieuses difficultés qui avaient pu un moment faire craindre de ne pouvoir obtenir avec les moteurs hydrauliques une marche régulière et constante, la législation sur le régime des eaux, par ses défauts, lui créait de nouveaux obstacles. Elle impose, en effet, à tout industriel qui veut utiliser une chute, d'acquiescer à l'amiable les droits de riveraineté et les parcelles nécessaires au passage des canaux à travers les propriétés du tiers. Les spéculateurs d'une part,

(1) Stanislas Meunier. Physiologie de la Terre. *Revue des Deux-Mondes*, 1^{er} juillet 1904.

(2) C. Audebrand. *La Revue Technique*, mars-avril 1905.

les riverains ignorants ou têtus, les « barreurs de chute » (aliénés, incapables, mineurs, interdits) entravèrent beaucoup l'essor de cette industrie. Aussi allons-nous examiner cette question rapidement.

La législation des cours d'eau. — La question de savoir à qui appartient une chute d'eau peut être résolue différemment suivant que l'on envisage :

- 1° Les chutes aménagées au moyen des eaux de source ;
- 2° Les chutes produites par les eaux des rivières navigables ;
- 3° Les chutes créées par les riverains des cours d'eau non navigables.

Les premières appartiennent au propriétaire de la source. Pour connaître l'étendue de son droit il faut donc être au courant de la question de la propriété des sources et des restrictions que la loi y a apportées.

Les secondes, créées par des eaux domaniales, appartiennent à l'Etat et elles ne peuvent être exploitées par des particuliers qu'en vertu de permissions ou de concessions administratives.

Les eaux qui forment la troisième catégorie sont soumises à un droit d'usage, au profit des riverains, sous le contrôle de l'administration.

Chutes d'eau formées par les sources. — Droits du propriétaire de la source. — Les propriétaires qui consacrent leurs sources à une utilisation industrielle agissent dans la plénitude de leurs droits, soit que pour cet usage ils les détournent en totalité, soit qu'ils ne se servent que d'une partie de leur volume. En effet, d'après le Code civil, « Celui qui a une source dans son fonds peut toujours en user à sa volonté, dans les limites et les besoins de son héritage. »

Ils doivent seulement tenir compte de situations spéciales prévues et des droits légitimement acquis contre eux par des tiers, — mais la preuve est à la charge de ces derniers, — car « le propriétaire d'une source ne peut plus en user au préjudice des propriétaires des fonds inférieurs qui, depuis plus de trente ans, ont fait et terminé sur le fonds où jaillit la source, des ouvrages apparents et permanents destinés à utiliser les eaux ou à en faciliter le passage dans leur propriété.

« Il ne peut pas non plus en user de manière à enlever aux habitants d'une commune, village ou hameau, l'eau qui leur est nécessaire. Mais si les habitants n'ont pas acquis ou prescrit l'usage, le propriétaire peut réclamer une indemnité, laquelle est réglée par des experts.

« Si, dès la sortie du fonds où elles surgissent, les eaux de source forment un cours d'eau offrant le caractère d'eaux publiques et courantes, le propriétaire ne peut les détourner de leur cours naturel au préjudice des usages inférieurs. »

Le propriétaire peut aussi redouter des fouilles faites par des propriétaires voisins qui pourraient tarir ses sources, en coupant les veines souterraines qui les alimentent; aussi il sera prudent de sa part d'acheter des droits de servitude.

Si la diminution ou le tarissement de sa source est la conséquence d'un travail public ou de la concession d'une usine, le propriétaire peut prendre les mesures lui permettant de réclamer une indemnité.

En ce qui concerne l'Algérie, une loi spéciale régit la propriété des sources en ce pays.

Chutes d'eau produites par les cours d'eau navigables ou flottables. — Ces chutes sont la propriété de l'Etat; ce sont des dépendances du domaine public. Ce principe est tellement rigoureux que la jurisprudence a longtemps considéré comme relevant du domaine public les dérivations créées dans des propriétés particulières du moment qu'elles étaient alimentées par des eaux domaniales. La loi actuelle

exclue ces dérivations artificielles de la domanialité, mais ceci est peu important en pratique, car on ne peut dériver qu'avec l'autorisation de l'administration. De plus, ces autorisations ne peuvent constituer un titre de propriété et la dérivation est soumise, sans appel, aux décisions de l'administration, sauf l'hypothèse d'une loi spéciale qui peut toujours déroger à un principe général, comme ce fut le cas pour la Société des Forces motrices du Rhône.

Mais il faut reconnaître quand une rivière est navigable. Il est de pratique courante de se renseigner auprès de l'administration préfectorale qui indique à la fois la catégorie dans laquelle la rivière est classée et quelle est la délimitation de ses bords.

Ceci étant fait et l'industriel étant fixé sur la nature du cours d'eau qu'il veut utiliser, il doit remplir des formalités nombreuses pour pouvoir obtenir l'autorisation de l'utiliser.

S'il s'agit « de prises d'eau établies sur les rivières navigables au moyen de machines et qui, eu égard au volume de la rivière, ne peuvent pas en altérer le régime », l'autorisation est accordée par le préfet, après enquête et suivant l'avis de l'ingénieur.

Si la prise d'eau est temporaire et peut avoir pour effet de modifier le régime ou le niveau des eaux, le préfet est encore compétent, l'enquête est encore obligatoire, mais le pouvoir du préfet est limité à deux ans en ce qui concerne la fixation de la durée de l'établissement.

Enfin pour les établissements permanents entraînant modification du régime des eaux, c'est le cas des chutes que l'on veut créer, les « autorisations ne peuvent être accordées que par décret rendu après enquête sur l'avis du Conseil d'Etat. »

Il y aurait encore à parler des usines fondées en titre, c'est-à-dire celles qui ont une existence légale et qui ne doivent de ce fait ni demander d'autorisation à l'Etat, ni payer de redevance à l'Administration et qui même peuvent réclamer une indemnité si l'Administration apporte une modification à leur jouissance.

Chutes produites par les cours d'eau ni navigables ni flottables. — A qui appartient ces cours d'eau ? Le Code civil était resté muet sur cette question, ce qui avait donné naissance à différents systèmes. La loi du 8 avril 1898 a établi nettement que les eaux ne sont la propriété de personne, mais que les riverains ont un droit d'usage sur ces eaux. En ce qui concerne le lit du cours d'eau, il appartient aux propriétaires des deux rives et si les rives appartiennent à des propriétaires différents, chacun d'eux à la moitié du lit.

Pour créer une chute d'eau sur une rivière non navigable, il faudra donc être riverain ou acquéreur des droits du riverain.

Il y aurait alors à étudier les droits des riverains sur l'eau des rivières non navigables, sur le lit et les droits de l'administration sur ces rivières. Ce serait donner une extension trop grande à ce chapitre certainement important mais dans lequel nous ne pouvons cependant prétendre étudier la question à fond. Nous renvoyons donc le lecteur désireux d'être entièrement documenté sur cette question fort attachante au livre de M. Bougault et aux articles suivants (1).

(1) L. Rachou. Les usines hydrauliques publiques. *Génie Civil*, tome XXXVIII, page 386.
Discussion sur la législation des chutes d'eau. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 7 novembre 1902.

Delahaye. Sur la législation des cours d'eau. *Revue Industrielle*, 18 juillet 1903.

E. Juge. De la législation des chutes d'eau. *L'Eclairage Electrique*, 2, 9, 16, 23 mai 1903.

Audebrand. La houille blanche au point vue économique et législatif. *La Houille blanche*, août 1904.

R. de la Brosse. *Réflexions sur la législation des chutes d'eau*.

Aménagement des chutes d'eau — Divers cas se présentent suivant que l'installation est à faire en pays de plaine ou en pays de montagne.

En pays de plaine le dispositif le plus simple, celui qui a été le premier appliqué, consiste à établir un barrage en travers du cours d'eau afin de relever le niveau d'amont et à utiliser la différence de niveau ainsi produite pour actionner un appareil hydraulique. C'est ce qui se présente généralement avec les cours d'eau de la deuxième catégorie. Ou bien on établit une dérivation hors du cours d'eau, — laquelle est parfois un petit bras de celui-ci, — dans laquelle on installe le récepteur.

En pays de montagne, les récepteurs sont toujours sur une dérivation complétée par une conduite forcée.

Pays de plaine. — On peut, malgré les diverses conditions locales qui peuvent se présenter, établir un plan général.

L'installation nécessite généralement la construction d'un barrage A (fig. 8), d'où l'eau en excès s'échappe soit par-dessus un déversoir arasé à une cote déterminée, soit par des vannes disposées dans un canal de décharge que l'on ouvre en temps opportun. On ménagera des écluses, si le cours d'eau est navigable, ou des passes pour le flottage, ainsi que des échelles à poissons (1).

On établit ensuite au moyen d'un canal d'aménée B une dérivation dans laquelle on installe les récepteurs C.

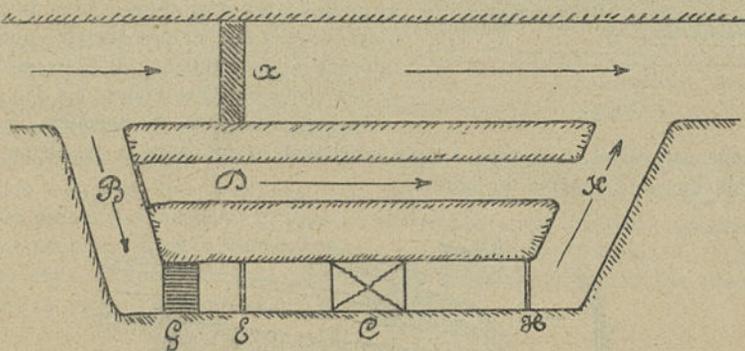


FIG. 8.

Il peut y avoir inconvénient à ce que l'eau en excès provenant des crues se répande par-dessus le barrage. On construit dans ce cas entre la première dérivation et le cours d'eau une deuxième dérivation que l'on appelle *canal de décharge* et par lequel s'écoule l'excédent de débit.

En amont des récepteurs, on installe une *grille de protection G* destinée à arrêter les débris de toute nature entraînés par le courant, puis une vanne dite *vanne de garde E* qui a pour objet d'empêcher la venue de l'eau, en cas de réparations. Elle est souvent suivie d'une *chambre de décantation* dans laquelle se dépose le sable charrié par le cours d'eau et d'une *vanne*.

En aval des récepteurs, on ménage également une vanne de garde H dans le canal de fuite K. Lorsque les vannes de garde E et J sont fermées, on peut donc mettre la chambre des turbines complètement à sec.

Toutes les installations diffèrent plus ou moins de ce plan général et suivant les circonstances certaines parties de cette installation-type sont mêmes supprimées.

Ainsi, dans beaucoup de petites installations, c'est le bâtiment qui renferme les moteurs qui constitue le barrage. Il n'y a alors ni canal d'aménée, ni canal de fuite

(1) Détails du barrage de l'usine de La Praz. *Génie Civil*. 1900, tome XXXVII, page 128.

ou plutôt le cours d'eau lui-même en remplit les fonctions. Cette disposition est même recommandée par M. Saugey pour des installations importantes (1) afin de profiter en temps de crue, du remous causé par l'écoulement de l'eau à travers une vanne de décharge et qui produit à l'aval une dénivellation dont bénéficierait la turbine voisine.

Ailleurs, la largeur de la rivière exige la construction d'un barrage, mais l'usine est établie sur celui-ci, ainsi que le montre la figure 9 qui représente le barrage écluse de la Jaille-Yvon (Maine-et-Loire). Le moulin utilise par ses moteurs une force de 40 chevaux, avec une chute de 0,80 m. La puissance totale du barrage est de 200 chevaux (2).

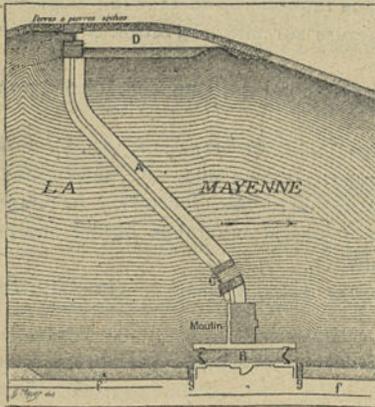


FIG. 9.

Pour une installation de quelque importance, l'aménagement est plus complet, certaines précautions négligeables dans le cas précédent devenant ici indispensables. En effet, lorsque le cours d'eau est important, les crues qu'il subit pourraient soit noyer l'usine, soit même la détruire. Il y a par suite avantage à reporter celle-ci près de la rive. C'est ce qui a été fait par exemple pour l'installation hydroélectrique de Chèvres (fig. 10) et pour celle de Rheinfelden (fig. 11).

On voit que dans la première le canal d'amenée est réduit à sa plus simple expression et que dans la deuxième, on l'a construit dans le lit même du fleuve.

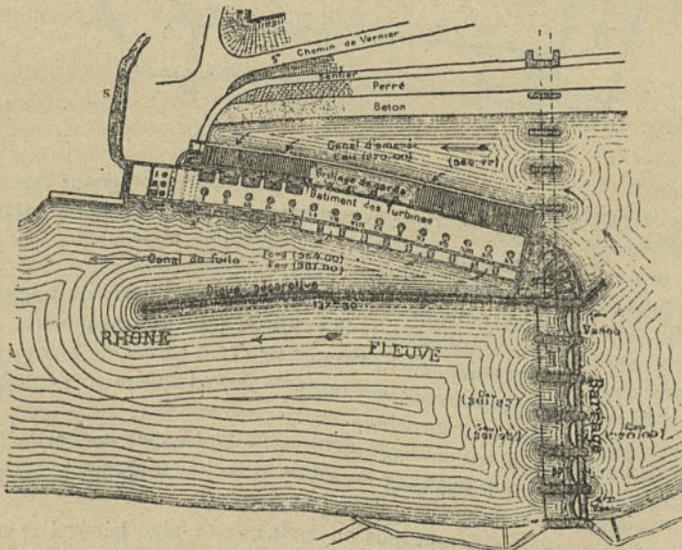


FIG. 10

Quand le cours d'eau est sinueux on crée la chute sur un canal de jonction. C'est

- (1) Berthier. Nouvelle disposition pour usines barrages. *Génié Civil*, 6 septembre 1902.
 (2) Bresson. *La Houille verte*.

ce qui a été fait à l'installation motrice de Saint-Maur et plus récemment aux usines Clément à Mézières.

Certains fleuves présentent cette particularité que des barrages se sont naturellement créés et ont constitué des cataractes. Ce caractère se rencontre assez fréquem-

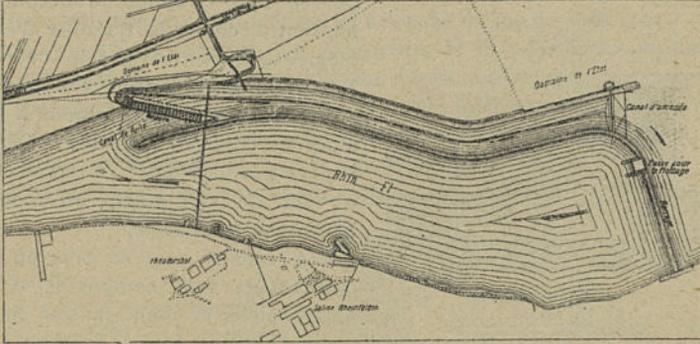


FIG. 11.

ment dans les grands fleuves américains. Le canal de dérivation devient dans ce cas une conduite forcée et le type de l'installation se rapproche plus de ce que l'on établit généralement en pays de montagne que de ce que l'on installe en pays de plaine. C'est le cas des usines établies au Niagara, au Saut Sainte-Marie, etc.

Nous pourrions citer encore nombre d'autres dispositions originales que des circonstances locales ont conduit à adopter.

Quand le cours d'eau est à faible pente, l'établissement d'un récepteur hydraulique donne lieu à un problème particulier qu'il faut étudier à l'avance. Il peut en effet exister en amont des installations dont on ne doit pas gêner le fonctionnement. Le problème peut être long à résoudre si les sections du cours d'eau et les pentes entre les deux stations sont très variables, car il faut déterminer aussi l'emprise ultérieure du cours d'eau sur les deux rives.

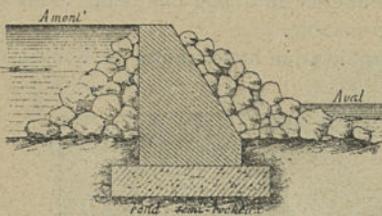


FIG. 12.

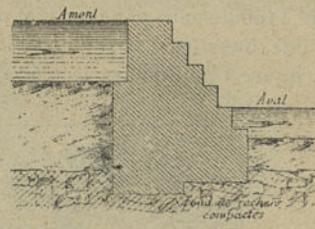


FIG. 13.

Le barrage peut être construit soit sur un fond rocheux (fig. 12 et 13), soit sur un fond marneux (fig. 14). Il faut avoir soin de constituer un escalier qui brise la chute et peut permettre de supprimer le canal de décharge, ainsi que de raccorder les barrages aux rives par des murs en aile afin d'éviter que les remous n'affouillent celles-ci.

Les grilles de protection sont généralement constituées par des barreaux en fer plat que l'on dispose dans le canal d'amenée. Leur section totale doit être de deux à trois fois celle de la partie courante du canal, et l'on obtient ce résultat en inclinant ou en élargissant le canal là où on l'installe.

Aux altitudes élevées, la grille arrête les glaçons et, bonne conductrice de la cha-

leur, les soude entre eux, constituant ainsi un véritable barrage. On évite cet inconvénient en établissant une grille en bois.

Les vannes peuvent être des vannes de garde dont nous avons déjà indiqué le rôle, ou des vannes ordinaires qui, disposées dans le canal de décharge, permettent d'écouler la quantité d'eau complémentaire fournie par le cours d'eau. Les premières peuvent être remplacées par un barrage double obtenu à l'aide de madriers engagés dans des encoches ménagées aux bajoyers; en remplissant l'intervalle de terre glaise, on constitue un batardeau étanche (1).

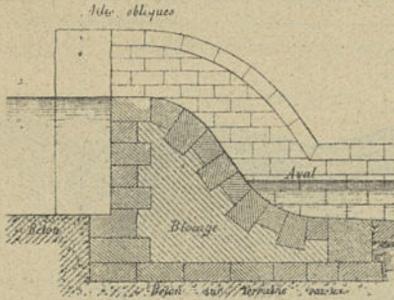


FIG. 14.

Les vannes sont en bois ou métalliques. Elles sont composées d'un panneau mobile et d'un châssis fixe scellé dans la maçonnerie du canal. Pour actionner la vanne mobile on agit soit à la main, soit par un appareil mécanique sur un treuil qui entraîne une crémaillère solidaire du panneau.

Enfin il faut prendre des dispositions qui permettent de renvoyer au cours d'eau les graviers accumulés avant les récepteurs. L'installation de Rheinfelden (2) est intéressante à ce point de vue.

Pays de montagne. — Ici on s'efforce de placer l'installation des turbines à une certaine distance du thalweg pour éviter les inconvénients qui peuvent se produire lors des grandes crues.

On établit une dérivation du cours d'eau dans un canal à flanc de coteau et de faible pente. De grands espaces avec des travaux relativement peu importants peuvent être franchis de cette façon et l'eau est amenée sur la ligne de plus grande pente passant par les récepteurs. On établit alors une *conduite forcée* reliant ce bief supérieur aux turbines et qui amène l'eau sous pression à celles-ci. En aval, on assure l'écoulement par un canal de fuite auquel on donne une pente assez grande pour que, dans les crues, il ne puisse être ensablé.

La figure 15 qui donne le plan de la canalisation hydraulique de Vouvry montre

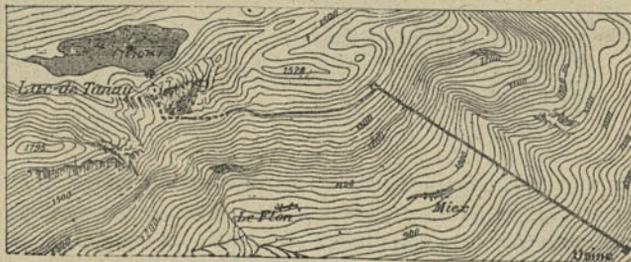


FIG. 15.

bien d'abord la dérivation du lac de Tanay établie à flanc de coteau à la cote 1350,

(1) On utilise depuis quelque temps une espèce de bateau-porte que l'on peut immerger facilement. Il évite la construction des batardeaux devant laquelle on recule souvent, au préjudice des turbines qui ainsi sont mal entretenues. *Revue Polytechnique*, Genève, nos 162 et 163.

(2) Kammerer. Utilisation des forces motrices du Rhin à Rheinfelden. *Génie Civil*, 3 juillet 1897.

puis la conduite forcée qui arrive à l'usine en droite ligne et suivant la ligne de plus grande pente de la montagne.

Dans ces régions l'on est souvent amené à établir un barrage, comme pour l'installation du Saut Mortier, mais ce n'est pas toujours le cas comme par exemple à Vouvry (1) où c'est le lac de Tanay qui alimente l'usine, à La Dernier où la station hydro-électrique reçoit une partie des eaux du lac de Joux (2).

Lorsqu'il y aura un barrage, on s'efforcera de l'établir dans un coude de la rivière et obliquement, constituant ainsi un bassin duquel part le canal de dérivation. Ce barrage sera muni de vannes à sa partie inférieure afin qu'en les ouvrant, le courant puisse entraîner les sables qui se sont accumulés derrière lui et empêcher le plus possible qu'ils pénètrent dans la canalisation.

On établit également des vannes de garde et des grilles de protection.

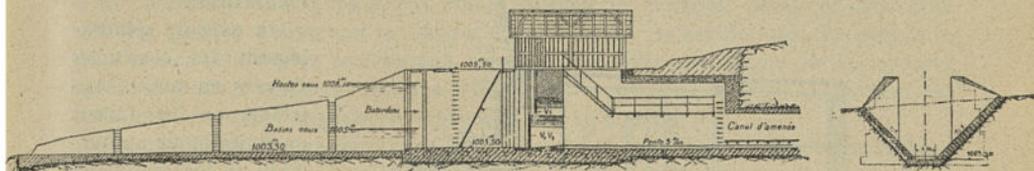


FIG. 16.

La figure 16 donne une vue détaillée de la prise d'eau au lac Brenet qui fait suite au lac de Joux, et où l'on remarquera les rainures dans les bajoyers permettant l'établissement d'un batardeau, qui remplace ici les vannes de garde, ainsi que la grille de protection.

En pays de montagne le canal de dérivation est souvent très important. Il doit toujours permettre le libre passage des eaux qui s'écoulent à flanc de coteau. Il est suivant les cas à ciel ouvert ou en tunnel, creusé directement dans la roche ou établi en maçonnerie. Dans les régions forestières, on le construit fréquemment en bois (3). Parfois on lui fait franchir une vallée ; dans ce cas, on augmente sa pente afin de diminuer la charge (4).

Ainsi pour l'installation du Saut Mortier (5), le canal d'amenée qui a une longueur

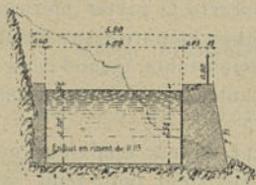


FIG. 17.

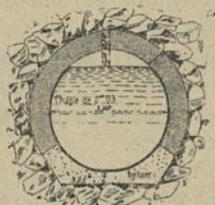


FIG. 18.

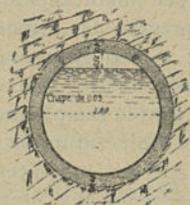


FIG. 19.

de 1.500 m. et une pente de 0,0005 m. par mètre est établi sur le flanc d'un coteau rocheux. Sur une partie de son parcours il est à profil rectangulaire (fig. 17),

(1) Dumas. Usine hydro-électrique de Vouvry. *Génie Civil*, 18 octobre 1902.

(2) Perrin. Les installations de la C^o vaudoise des forces motrices. *Bulletin technique de la Suisse romande*, 1904.

(3) Whitney. American River Electric Co system. *American Electrician*, janvier 1905.

(4) Etablissement d'une conduite en tôle de forme curviligne franchissant un cours d'eau. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 30 juin 1899.

Conduite en tôle d'acier pour usine hydro-électrique passant au-dessus d'une rivière, sous forme de passerelle. *Génie Civil*, 1900, tome XXXVII, page 130.

(5) Usine hydro-électrique du Saut Mortier. *Génie Civil*, 9 février 1901.

construit en maçonnerie ; sur 25 m., afin de le mettre à l'abri de la chute possible des blocs qui se détacheraient des talus supérieurs, il a été recouvert partie d'une voûte en ciment armé, partie d'une voûte en maçonnerie (fig. 18 et 19) ; enfin, au voisinage immédiat de l'usine, sur 125 m., il est construit en souterrain (1).

Le canal d'aménée aboutit à un *bassin de mise en charge* qui constitue non une réserve d'eau mais surtout un épurateur. En effet le sable qui peut être entraîné, détériorerait rapidement les turbines où il est donc important de l'empêcher de pénétrer. Des chicanes obligent donc l'eau à circuler dans le bassin. Elle se décante et des vannettes établies dans le fond permettent de faire un curage régulier.

La figure 20 donne une vue détaillée, et que l'on peut considérer comme type, de

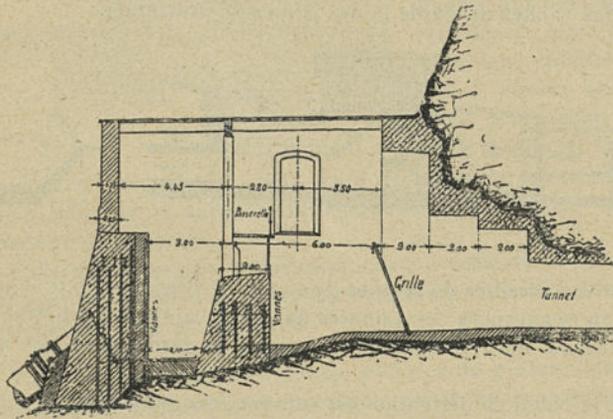


FIG. 20.

la chambre de mise en charge de l'usine de La Dernier.

On exécute généralement les *conduites forcées* en métal. Autrefois on les faisait en fonte, mais aujourd'hui on les établit en tôle rivée, par tronçons qui peuvent atteindre 10 m. de long et 3 m. de diamètre et que l'on réunit par des boulons, le joint étant obtenu avec du mastic de minium ou du caoutchouc. On en fait aussi

en ciment armé jusqu'à 2 m. de diamètre. Elles coûtent moitié moins que les conduites métalliques, mais lorsqu'on les met en charge, l'eau filtre au travers. Il faut les vider et les mettre en charge successivement trois à quatre fois pour obtenir leur étanchéité complète (2). Il faut également se préoccuper des effets de la dilatation. Ils sont peu importants si la conduite est sinueuse, mais si elle est en ligne droite, on doit prendre des dispositions convenables. On ancrera la partie inférieure de la conduite et l'on disposera un appareil de dilatation à la partie supérieure. C'est quand les conduites sont vidées que ces effets sont importants. Quand l'eau y coule, celle-ci, dont la température est sensiblement constante, évite les variations importantes de température de la conduite.

On donne aux conduites forcées, indépendamment de leur épaisseur nécessitée par la résistance aux pressions intérieures, une surépaisseur pour tenir compte de l'influence atmosphérique. On fait travailler le métal à 3 à 4 kg. par m/mq (3).

En Amérique, l'abondance des forêts permet de faire les conduites forcées en bois. On peut signaler comme particulièrement importante celle employée par la Floriston

(1) Plan et coupe du canal en béton armé, du canal d'aménée de l'usine hydraulique de Brigue, *Génie Civil*, 1900, tome XXXVII, page 467.

(2) Conduite pour l'usine hydro-électrique de Champ (Isère). *Le béton armé*, décembre 1902.

(3) Type de canalisation en tôle d'acier pour grande longueur et forte pression. *Génie Civil*, 1900, tome XXXVII, page 157.

Etablissement des conduites forcées. *Revue Industrielle*, juin 1904, n° 25.

Du calcul des conduites d'eau pour stations hydrauliques de force. *Zeitschrift des österreichischen Ingenieur u. Architekten Vereins*, 15 novembre 1901.

Daries. *Calcul des conduites d'eau*.

Pulp and Paper Co qui a 2,75 m. de diamètre et est formée de douves de 0,095 m. d'épaisseur dont les extrémités convenablement rainées sont assemblées au moyen de languettes métalliques. Celles-ci sont serrées par des cercles espacés de 0,25 m. à 0,12 m. constitués par deux barres d'acier de 19 m/m. Pour protéger la conduite contre les coups de bélier on a installé deux tubes de 0,50 m. de diamètre qui s'élèvent jusqu'à 0,60 m. au-dessus des plus hautes eaux (1).

Nous devons citer également, la conduite en bois de 1,753 m. de longueur et de 0,768 m. de diamètre, qui alimente l'usine de Bringham (Utah). Les douves qui la composent, ont 38 m/m d'épaisseur, 0,127 m. de largeur et sont maintenues par des cercles d'acier de 13 m/m de diamètre espacés de 0,30 m. à 0,10 m, suivant que la pression de l'eau varie de 7,60 m. à 32,30 m. (2).

Pour diminuer l'importance du coup de bélier on a proposé l'emploi des réservoirs d'air comprimé, analogues à ceux employés pour les pompes. Mais ces dispositifs peuvent parfois augmenter le danger en renforçant les oscillations. Le moyen le plus radical et le plus économique consiste à installer aux coudes de la conduite forcée des tubes verticaux ouverts à leur partie supérieure et dont la hauteur est telle que l'extrémité supérieure dépasse le niveau d'amont.

Les conduites forcées, dirigées suivant la ligne de plus grande pente des collines sur lesquelles elles sont installées, sont donc toujours très fortement inclinées. Elles sont même parfois verticales comme aux chutes de Niagara où elles ont 45 m. environ, à celle du Livet où la conduite forcée comporte un puits de 52 m. Comme elles ont souvent une très grande longueur, et que le coût de leur achat et de leur installation influe sensiblement sur les frais de premier établissement, il y a avantage pour les hautes chutes, à diminuer progressivement leur diamètre (3).

Il est également préférable d'installer une conduite forcée par turbine actionnée et il faudra s'efforcer que le raccordement entre ces deux organes se fasse par un coude de 90°, afin que la turbine et par conséquent l'usine se trouve hors de l'axe des conduites. En cas de rupture de ces dernières, les bâtiments ne subiraient aucun dommage du fait de l'inondation.

Tels sont d'une façon générale les divers cas qui se présentent lors de l'établissement d'une installation hydraulique et les dispositions qu'elle nécessite. Nous allons maintenant examiner avec quelque détail les appareils récepteurs.

LES RÉCEPTEURS HYDRAULIQUES

On divise généralement ces appareils en deux catégories : les roues et les turbines.

Les roues. — Nous ne nous étendrons pas sur ces appareils qui, sauf la roue Pelton, sont de moins en moins employés aujourd'hui. Ils sont en effet encombrants et d'un rendement généralement moindre que celui des turbines. Mais leur masse constitue un volant important qui leur donne une grande régularité de marche. Par contre, ils tournent lentement, ce qui ne convient qu'à un nombre limité d'applications.

Les principaux types de roues hydrauliques sont : les roues à augets, les roues à aubes.

(1) *Engineering News*, 4 octobre 1900.

(2) *Engineering News*, 7 septembre 1905.

Voir également : Conduites en bois pour l'eau. *Der praktische Maschinen-Konstrukteur*, 12 novembre 1903, Henry.

Conduites d'eau formées de douves en bois. *Génie Civil*, 1899, tome XXXV, page 68.

(3) Remo Catini. Calcul des conduites forcées à diamètre décroissant. *La Houille blanche*, mars 1904.

Roue à augets. — En général, dans ces appareils l'eau agit seulement par son propre poids. On distingue les roues en-dessus, où l'eau est admise au sommet de la roue. La vitesse de l'eau à l'entrée est de 3 à 4 mètres au maximum et l'on donne parfois au parois des augets une forme parabolique afin que l'eau y pénètre sans choc. Les augets sont en bois ou en tôle.

L'une des applications les plus curieuses de ces appareils est celle de Laxey, dans l'île du Man.

Cette roue a 24 mètres de diamètre, est du type à augets, développe environ 150 chevaux qui sont transmis à plusieurs centaines de mètres à l'aide de bielles en bois actionnant des tiges également en bois, guidées entre des roues afin de diminuer le frottement. Le mécanisme entraîne la pompe d'épuisement d'une mine de plomb qui élève 950 litres d'eau à la minute à 400 m. de hauteur.

Cette roue, construite il y a 45 ans environ, aurait toujours bien fonctionné.

Dans les roues à augets de poitrine, l'eau agit aussi par son poids, mais encore et en grande partie par choc.

Roue à aubes. — Ici l'eau agit surtout par sa puissance vive. Il est cependant des

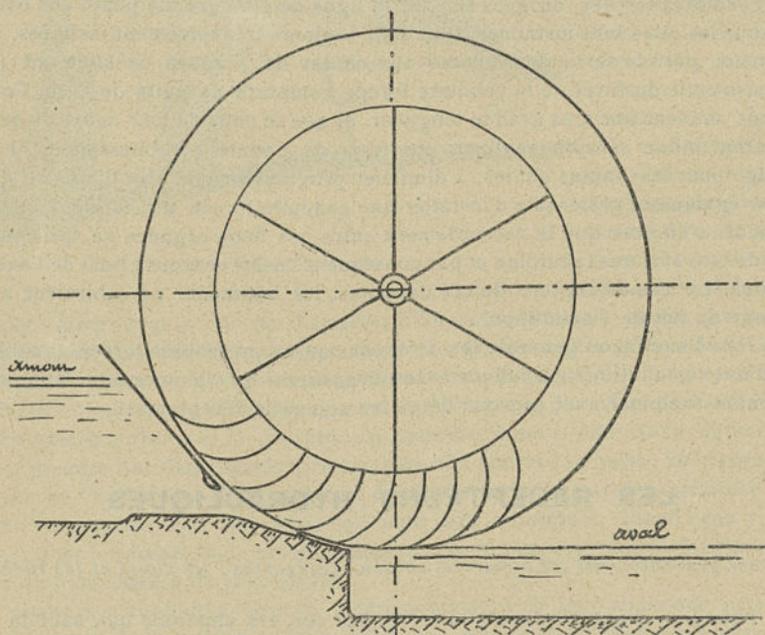


FIG. 21.

types, comme la roue Sagebien par exemple, où l'eau agit par son propre poids, mais dans la roue Poncelet, c'est la masse et la vitesse de l'eau qui déterminent le mouvement. Elle est d'un bon rendement, aussi l'emploie-t-on encore aujourd'hui pour les très basses chutes et pour des cas spéciaux. La figure 21 donne une vue schématique de cet appareil.

Roue Pelton. — On la dénomme aussi turbine tangentielle. Mais son fonctionnement est très analogue à celui d'une roue Poncelet.

L'emploi des roues Pelton a permis l'utilisation de chutes de plus en plus élevées. On redoutait il y a 15 ans l'emploi de chutes de 200 mètres, nous avons déjà signalé

l'installation de Vouvry qui a une hauteur de 900 mètres et où l'on a employé des roues de ce type.

Une roue Pelton se compose d'augets disposés sur une couronne circulaire et que l'eau frappe en sortant d'un ou de plusieurs ajutages portant un bec mobile qui permet de faire varier le débit sans changer de façon appréciable la direction des filets liquides, donc sans diminuer le rendement.

On voit que la construction d'un tel appareil est extrêmement simple. Il a fallu cependant rechercher la forme d'augets permettant d'obtenir le meilleur rendement et le mode le plus avantageux de réglage par les tuyères.

D'ordinaire l'auget a la forme d'un ω que le jet frappe sur le couteau médiant ; l'eau jaillit par les bords externes dans une direction presque opposée à la vitesse d'entraînement.

Les pertes dues aux augets dépendent :

- 1° De la vitesse à laquelle l'eau quitte un auget.
- 2° Du frottement de l'eau et de l'air sur les augets.
- 3° De la quantité d'eau qui reste dans l'auget.
- 4° Des remous qui se produisent dans les augets.

On leur a donc donné différentes formes, chacune d'elles prétendant diminuer dans une large mesure les pertes précédentes et l'on a cherché à se rendre compte du mode d'action de l'eau sur ces divers types (1).

Les figures 22 et 23 montrent bien le mode d'action de l'eau sur les augets Pelton

ordinaires et les figures 24 et 25 celui qu'elle exerce sur ceux du type de l'Abner Doble C°, de San Francisco, qui sont elliptiques et munis d'une échancrure pour permettre le passage du jet.

On doit signaler également l'auget de la roue Remer dans lequel l'auget de la roue Pelton est divisé en trois parties par deux cloisons transversales. Des essais comparatifs ont montré que la roue Remer a un meilleur rendement que la roue Pelton, lorsque la vitesse périphérique est supérieure à la moitié de la vitesse

d'écoulement de l'eau du jet, mais qu'elle est inférieure pour des vitesses moindres.

Dans certaines roues, les augets sont disposés alternativement sur la tranche droite et sur la tranche gauche d'un disque. C'est le dispositif de Tretthill qui présente cet avantage que l'eau sortant d'un auget ne vient pas frapper celui qui le suit et évite ainsi une perte.

Certains inventeurs se sont placés au point de vue du réglage de la vitesse de la roue et pour conserver au jet sa forme régulière, ils ont modifié la forme de l'auget.

(1) Quelques réflexions sur les formes données aux augets des roues Pelton. *Engineering News*

8 octobre 1903.

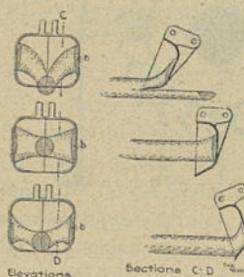


FIG. 22.



FIG. 23.

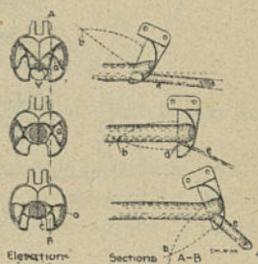


FIG. 24.

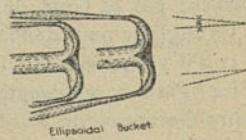


FIG. 25.

C'est le résultat recherché dans la roue Cassel où celui-ci est constitué par deux demi-augets amovibles qui peuvent s'écarter sous l'action du régulateur. Ils laissent ainsi passer entre eux le jet d'eau en tout ou en partie. Ce dispositif ingénieux présente l'inconvénient de donner un très mauvais rendement, car la consommation d'énergie hydraulique reste toujours la même bien que l'énergie mécanique obtenue ait diminué.

C'est en agissant sur le distributeur que l'on s'est efforcé le plus généralement d'obtenir une régulation sensible. Il est constitué dans la plupart des cas par un tuyau terminé par un seul ajutage. Pour les grands débits on en emploie plusieurs.

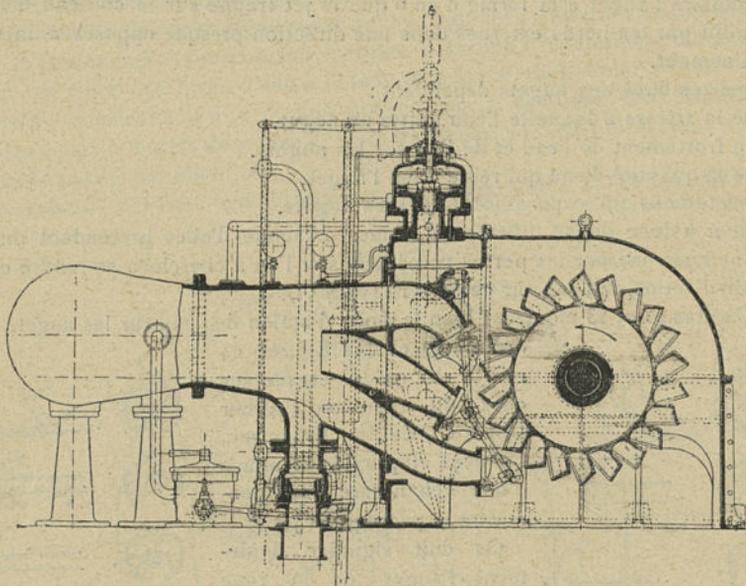


FIG. 26

Le jet doit frapper les augets dans le plan médian et suivant la tangente au cercle passant par le point de contact avec l'auget.

Le réglage peut donc se faire de diverses façons :

1° S'il y a plusieurs ajutages, en en diminuant progressivement le nombre.

La figure 26 représente ce mode de réglage appliqué aux roues turbines de l'usine hydro-électrique de Kubel à Saint-Gall.

2° S'il n'y a qu'un ajutage, en déplaçant un obturateur devant celui-ci ou en engageant dans son orifice une aiguille conique ou à sections progressivement croissante.

La figure 27 représente le mode de réglage par aiguille centrale et la figure 28 le dispositif appliqué par MM. Singrün pour conserver au filet liquide toute sa compacité sans modifier la direction de sa ligne médiane (1).

(1) A. Doble. Turbines tangentielles. *Journal of Electricity, Power and Gas*, 1899, n° 4.

Roue Pelton combinée avec une machine à vapeur. *Electrical Review* (New-York), 1901, n° 3.

Roues tangentielles. *Engineering*, 27 mars 1903.

Application d'une roue Pelton à un treuil d'extraction. *The Engineering and Mining Journal*, 4 avril 1903.

Homberger. Récent développement des roues tangentielles pour hautes chutes. *Journal of Electricity, Power and Gas*, janvier 1904.

Percy Petinau. Roue Pelton à jets multiples. *Mining Journal* (Londres), 17 septembre 1904.

Les roues Pelton de la Puget Sound Power Co Plant. *Journal of Electricity, Power and Gas*, 1904, n° 10.

Les turbines hydrauliques. — Ce sont des appareils dans lesquels l'eau est amenée par des *aubages fixes* dans une direction définie à des *aubages mobiles* en suivant un trajet continu entre un point d'entrée et un point de sortie qui est différent du premier.

Ces appareils ont sur les roues ordinaires l'avantage de pouvoir s'adapter à toutes les hauteurs de chute et à des débits variables tout en donnant un rendement élevé : on en a construit pour 0,50 m. de chute, on peut en installer pour des différences de niveau de 500 mètres. On n'est limité que par les efforts centrifuges auxquels leurs organes peuvent résister. Elles peuvent supporter des variations considérables de puissance ; on peut les faire fonctionner entièrement immergées dans le niveau d'aval, ce qui rend leur fonctionnement indépendant des variations de celui-ci, et même de marcher en hiver sous les couches de glace.

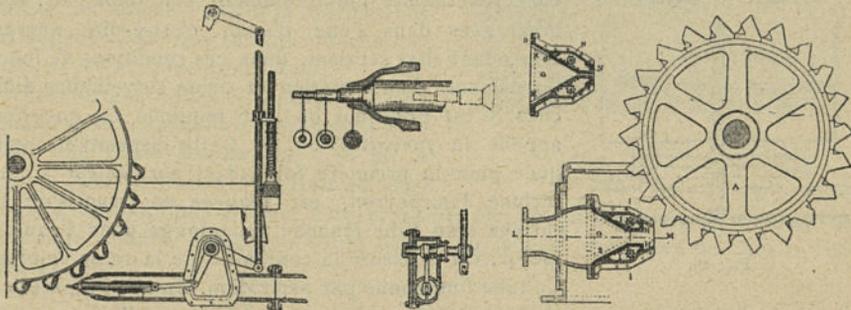


FIG. 27.

FIG. 28.

Par contre elles exigent l'emploi d'eau relativement propre, d'où l'installation de chambres de décantation et de grilles de protection.

Lorsque le bief d'amont est amené à surface libre au-dessus de la turbine, on dit que celle-ci est installée avec une *chambre d'eau ouverte* ; si, comme c'est le cas pour les hautes chutes, l'eau descend dans une conduite forcée, la turbine doit être dans un récipient clos, elle est dite à *bâche fermée*.

L'arbre de la turbine peut être disposé horizontalement ou verticalement ; parfois on monte plusieurs turbines sur le même arbre soit pour augmenter la puissance de l'appareil, soit pour équilibrer les pressions qu'exerce l'eau sur les aubages mobiles.

Généralement on divise les turbines hydrauliques suivant les trois catégories ci-dessous :

- 1° Les turbines axiales, appelées encore hélicoïdales, parallèles.
- 2° Les turbines radiales centrifuges ou centripètes.
- 3° Les turbines mixtes.

La turbine axiale a été créée en 1839 par Fontalne, et c'est à Fourneyron qu'est due l'invention de la turbine centrifuge.

Schwambroy, en 1848, aurait proposé le premier type centrifuge à axe horizontal et à admission partielle. Girard avait également fait une proposition semblable à peu près à la même époque. Ce serait en Hollande, en 1850, qu'on aurait appliqué ce type pour la première fois.

En ce qui concerne les turbines centripètes, Zuppinger, en 1844, les aurait décrites le premier. Il y en avait cependant en France, en 1845, un certain nombre qui fonctionnaient déjà. Mais c'est l'Américain Francis qui discerna leurs avantages et dès 1849, il en construisait ayant un bon rendement. Aujourd'hui elles sont construites en Europe comme en Amérique.

L'eau agit de diverses façons dans les turbines suivant le mode de construction

des aubes. Elle peut remplir complètement les compartiments de la roue mobile et exercer une certaine pression hydrostatique à l'intérieur des canaux compris entre les aubes : on dit que la turbine est à *réaction*.

Si les aubes de la couronne mobile ont une section supérieure à celle qui correspond strictement aux conditions normales de l'écoulement, les lames d'eau ne remplissent plus complètement les canaux mobiles, elles se dévient librement sur les faces des aubes en leur transmettant la plus grande partie de leur force vive, on dit que la turbine est à *libre déviation*, ou à *impulsion* ou à *action*.

Enfin, les intervalles entre les aubes mobiles peuvent être entièrement remplis d'eau, sans que la lame liquide exerce aucune pression, on dit que la turbine est *limite*, ou à *veine moulée*.

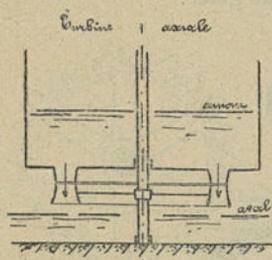


Fig. 29.

Les turbines à réaction et les turbines limites peuvent fonctionner indifféremment soit dans l'air, soit immergées dans l'eau d'aval, c'est-à-dire *noyées*. Cependant elles seraient, dans ces conditions de fonctionnement, d'un entretien et d'une surveillance difficiles. C'est pourquoi on leur applique ce que l'on appelle la *jonvalisation*. — Cette disposition appliquée pour la première fois (1849) par Jonval à une turbine Fourneyron, est réalisée en munissant la turbine d'un tube étanche qui plonge dans l'eau du bief d'aval et assure la continuité de la veine liquide. Ce tube fonctionne par aspiration. En effet la pression à la sortie de la turbine est inférieure à la pression atmosphérique et l'eau remonte dans le tube jusqu'à ce l'équilibre s'établisse. Sa hauteur ne doit jamais dépasser 4 à 5 m., sans cela la dépression est trop forte, et l'air qui peut s'accumuler au-dessus de la nappe liquide, diminue le rendement.

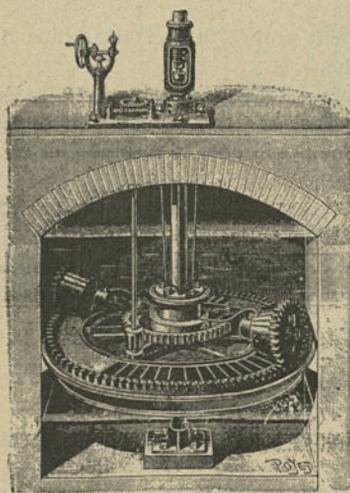


Fig. 30.

Enfin, comme souvent les grandes chutes ont un faible débit, on peut alimenter les turbines seulement sur une partie des aubes ; on obtient ainsi une *turbine à injection partielle* (1).

Turbines axiales. — On donne ce nom aux turbines dans lesquelles les filets liquides se déplacent parallèlement à l'axe de l'appareil. Le schéma (fig. 29) montre bien la disposition générale dans ce cas.

Les turbines créées par Fontaine étaient à libre déviation. La figure 30 donne une vue de cet appareil muni d'un tablier flexible dont on voit le fonctionnement pour régler le débit.

L'arbre moteur pourrait reposer par sa partie inférieure sur une crapaudine, mais l'accès en serait difficile, sinon impossible et

(1) Masoni. *L'énergie hydraulique et les récepteurs hydrauliques*.

Thurso. Du mode de construction des turbines. *Engineering News*, 4, 24 décembre 1902.

Zuppinger. Les turbines modernes. *Engineering Magazine*, avril 1902.

Installations modernes de turbines hydrauliques. *Mechanical Engineer*, 14, 21 mars 1903.

Quelques notes sur les turbines horizontales modernes. *W. Electrician*, 6 juin 1903.

G. Richard. Perfectionnements à la construction des turbines. *Bulletin de la Société d'Encouragement*, juillet 1903.

Hanssens. *Construction moderne des turbines hydrauliques*.

l'on préfère reporter le support à la partie supérieure. On constitue ainsi un pivot hors d'eau dont l'idée première est due à Arson.

Des perfectionnements ultérieurs furent apportés à ce type de turbine par Jonval et par Girard. Jonval a créé la turbine axiale à réaction.

Parmi les installations de turbines axiales, nous devons signaler celle faite à Genève par Girard et Callon, pour une chute très faible (42 à 90 c/m) et qui développe de 50 à 100 chevaux avec un rendement de 58 o/o (fig. 31). Pour éviter le creusement du canal de fuite dans le rocher, on amène l'eau à la turbine par un syphon. C'est une turbine à bêche fermée, noyée et à injection totale.

Une turbine à bêche ouverte est celle établie à Strensham-Worcester qui donne pour une chute variant de 1,50 m. à 0,60 m. une puissance d'environ 40 chevaux à 14 tours par minute. Elle présente ceci de particulier qu'elle porte une couronne double. Quand la chute baisse, on ouvre les vannes des aubes intérieures.

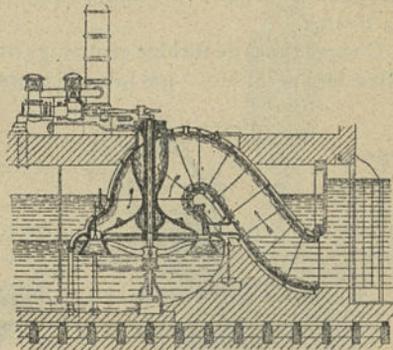


FIG. 31

Turbines radiales. — Dans ces turbines, les filets liquides se déplacent perpendiculairement à l'axe. On dit que la turbine est centrifuge, (fig. 32) — lorsque le filet

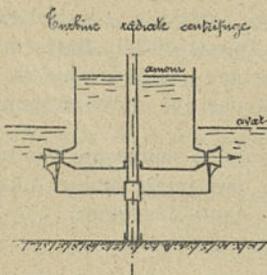


FIG. 32.

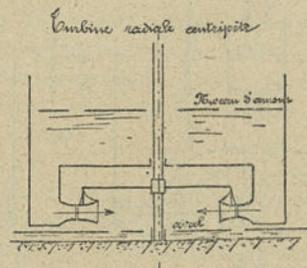


FIG. 33.

liquide se déplace de l'axe vers la périphérie, — et centripète (fig. 33). — lorsque le filet liquide se déplace de la périphérie vers l'axe.

Dans les turbines centrifuges, le débit varie proportionnellement à la vitesse de rotation, ce qui est défavorable à la conduite d'une usine.

C'est le contraire qui se produit avec les turbines centripètes. Celles-ci sont auto-régulatrices. C'est à Francis que l'on doit d'avoir signalé cette propriété de ces appareils et c'est en Amérique qu'ils ont, jusqu'à ce jour, été le plus employés.

On a établi de nombreux types de turbines radiales. Il en est qui marchent avec de faibles chutes comme à Messein (Meurthe-et-Moselle) où avec une différence de niveau de 1,50 m. à 1,90 m. on peut obtenir une puissance de 165 chevaux.

Pour les usines du Saut Mortier où la chute est de 13 à 18 m., la maison Piccard,

Pictet et C^{ie} a étudié une turbine de ce type qui peut développer 500 à 700 chevaux, à 250 tours par minute.

Une turbine centripète type Francis est établie à la fabrique de carbure de Jaice (Bosnie) et donne 1.000 chevaux à 300 tours par minute sous une chute de 68 à 74 mètres.

Comme types de turbine centrifuge nous représenterons (fig. 34) celle construite par Riva Monneret et C^{ie} qui fait 286 tours à la minute et développe 3.000 chevaux avec

une chute de 75 m. et celle de 5.000 chevaux construite par Piccard, Pictet et C^{ie} pour les usines du Niagara (fig. 35).

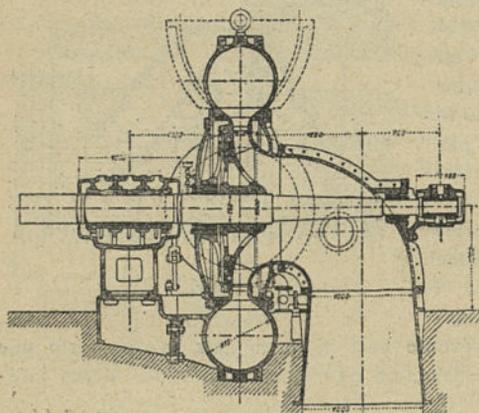


FIG. 34.

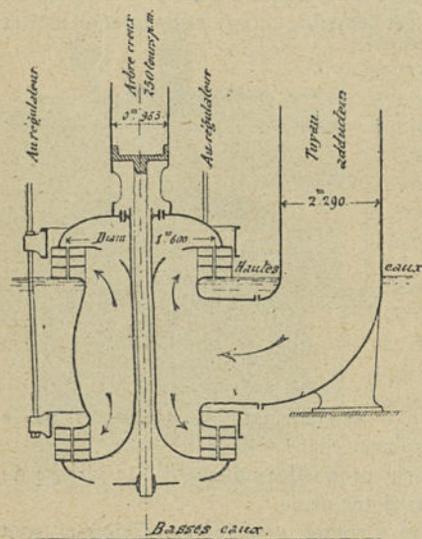


FIG. 35.

Turbines mixtes. — Ces turbines correspondent au schéma de la figure 36. Dans les turbines radiales, l'eau quitte, quand l'axe de rotation est vertical, la turbine dans une direction horizontale, ce qui occasionne des remous. On a donc eu l'idée de guider l'eau à sa sortie des aubes afin d'éviter cet inconvénient. On a ainsi obtenu la turbine mixte qui est aujourd'hui extrêmement répandue (fig. 37).

Les usines de Pied Selle, à Fumay (Ardennes), comprennent deux turbines de cette catégorie construites par la Maison Teisset Brault frères et Chapron qui, sous une chute de 2,300 m. développent chacune 200 chevaux sous 41 tours (fig. 38).

La figure 39 représente une turbine de ce type, horizontale double, qui peut sous 30 m. de chute développer 1.500 chevaux à 450 tours par minute.

Rendement des moteurs hydrauliques. — C'est le rapport entre la puissance récupérée sur l'arbre de la roue ou de la turbine et la puissance de la chute qui fait fonctionner celle-ci. La connaissance du rendement exige donc :

1° En ce qui concerne la chute, que l'on mesure son débit et sa hauteur et les pertes de charge entre la prise d'eau et la turbine.

2° En ce qui concerne le moteur, que l'on mesure soit au frein de Prony, soit à l'aide d'une dynamo, la puissance développée sur l'arbre de la turbine.

On est donc naturellement amené à faire des essais qui nécessitent l'observation de règles précises si l'on veut obtenir des résultats toujours comparables (1).

A ce point de vue, le calcul de la mesure du volume d'eau moteur constitue l'origine de divergences parfois très importantes dans les résultats. Il est im-

portant de remarquer que l'on s'en tient en Amérique pour faire le calcul de l'écoulement par déversoir aux anciennes formules, tandis qu'en Europe les formules appliquées résultent d'expériences récentes, en particulier de celles de M. Bazin. Le laboratoire américain de Holyoke fournit ainsi des chiffres 8 à 9 % supérieurs à ceux qui sont obtenus en Europe.

Il n'est pas toujours facile de déterminer sur place le rendement de l'appareil; il faut pour cela des instruments précis que l'industriel ne peut pas toujours se procurer, mais il devrait être possible de pouvoir faire l'essai à une station analogue à celle d'Holyoke. M. Ribourt a proposé un dispositif qui permettrait, sans que de grandes réserves d'eau soient nécessaires, de faire des essais de turbines.

Les essais aux installations sont donc fréquents.

La détermination de la hauteur de la chute s'effectue lorsque la turbine est en marche. Elle est assez facile avec les grandes chutes, mais plus délicate avec les petites où une erreur même faible a une plus grande importance relative. On disposera en aval et en amont

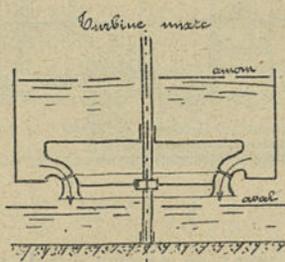


FIG. 36.

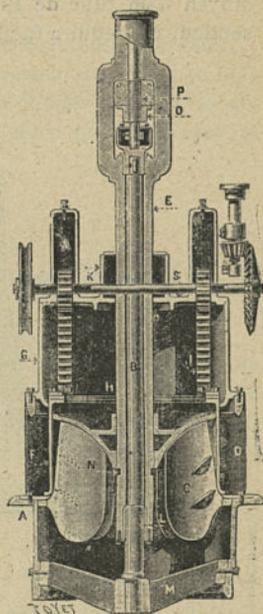


FIG. 37.

deux repères dont la différence de niveau sera déterminée à l'aide de la règle et du niveau d'arpenteur et on mesurera la distance des niveaux du courant à ces deux repères pendant la marche. Si D est la distance verticale qui sépare ceux-ci, si Δ_1 est la distance du repère au niveau d'amont et Δ_2 celle du repère au niveau d'aval, la différence de niveau sera :

$$H = D + (\Delta_1 - \Delta_2).$$

La mesure du débit est, nous l'avons déjà indiqué, d'une détermination moins aisée.

Si l'eau est amenée par une conduite forcée, on pourra mesurer la vitesse de l'eau dans celle-ci au moyen de formules qui tiennent compte de la pente, du diamètre et de la nature des parois de la conduite (2).

(1) C. W. Allen. Appareil enregistreur du débit d'une turbine. *Engineering News*, 2 juillet 1903.

Burck. Epreuves de turbines. *Electrical World* (New-York), 21 décembre 1900.

Essai au frein des turbines américaines. *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 7 juin 1902.

Expérience au frein sur une turbine. *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 22 novembre 1902.

Notes sur les rendements comparés des roues Pelton et des autres systèmes de turbines. *Electrical World*, 24 octobre 1903.

Essai au frein de Prony des turbines horizontales de la Balis Mfg Co. *Engineering News*, 30 avril 1903.

Essais au frein de roues Pelton. *Mechanical World*, 17 avril 1903.

Essais au frein de roues tangentielles. *Electrical Review* (New-York), 20 juin 1903.

L. Ribourt. Note sur une méthode d'essai de turbines hydrauliques au laboratoire. *La Houille blanche*, janvier 1904.

Laboratoire d'essais des roues à très haute chute, à la Pelton Water Wheel Co. *American Electrician* juin 1904.

Conditions dans lesquelles sont faits en Amérique les essais de turbines. *La Houille blanche*, janvier 1904.

(2) Max, Wing et Lauder Hoskins. Deuxième série d'expériences sur l'écoulement de l'eau dans des conduites en acier et en bois de 1 m. 80 de diamètre. *Génie Civil*, 1900, tome XXXVI, page 375.

Chaussoles. Velocimètre, appareil pour jauger un liquide qui passe dans une conduite. *La Houille blanche*, février 1904.

Ailleurs, la turbine étant à chambre d'eau ouverte, le canal d'amenée ayant des dimensions connues, il suffira de déterminer la vitesse de l'eau dans celui-ci au moyen d'un tube de Pitot ou d'un moulinet de Wolmann, et, comme on connaît la section, on déduira facilement le débit (1).

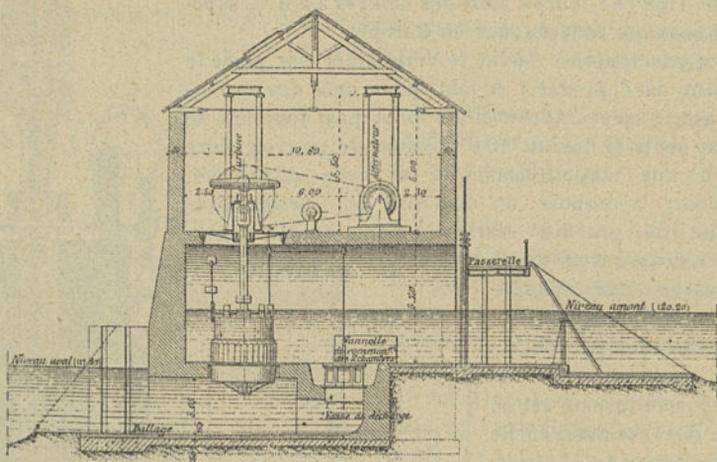


FIG. 33.

Enfin, et c'est un cas fréquent, on ne peut pas déterminer le débit en se servant des travaux existants. La mesure peut alors se faire par pesage et cubage, si l'eau

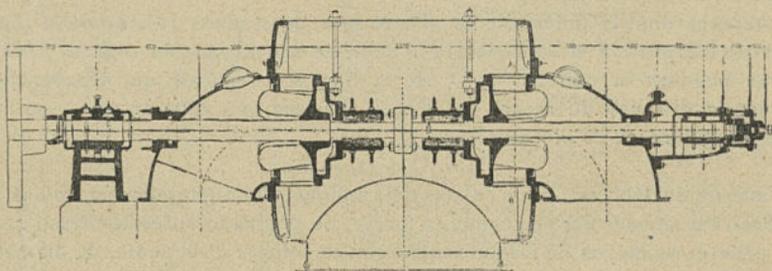


FIG. 36.

n'est pas en trop grande quantité. On détermine en même temps le nombre de secondes écoulées pour remplir le récipient.

S'il y a en amont une vanne, on peut faire le jaugeage en l'ouvrant de façon que le niveau de l'eau en aval de cette vanne reste constant. Dans ces conditions, la quantité d'eau qu'elle débite est exactement celle consommée par la turbine.

Le jaugeage de l'eau dans les conduites. *Revue Technique*, 10 février 1905.

Plamant. *Etude sur les formules de l'écoulement de l'eau dans les conduites*.

(1) Jaugeage des petits cours d'eau. *Annales de la Construction*, juin 1897.

Jaugeage en Hongrie. *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 24 février 1899.

Mesure des débits de l'eau. *Engineering Magazine*, mai 1902.

Rhid. Formule pour évaluer le débit maximum d'une rivière. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1903, tome CLIV.

Bellet. Détermination du débit d'une chute d'eau. *L'Industrie électrique*, 25 mai 1904.

Ribourt. Comparaison de jaugeages par des méthodes différentes. *La Houille blanche*, février 1905.

- On relève alors : 1° La largeur de la vanne.
 2° La hauteur de la lame d'eau qu'elle laisse couler.
 3° La hauteur de la chute.

Des tableaux permettent avec ces éléments de déterminer exactement le débit.

Enfin, il est fréquemment possible de placer en travers du canal une paroi en bois que l'on rend étanche et à la partie supérieure de laquelle on établit un orifice en déversoir (1). On n'a qu'à mesurer la largeur de cet orifice L ainsi que l'épaisseur de la lame d'eau h .

La formule $Q = L \times h \times 0,4 \sqrt{2 gh}$ donne le débit.

Les essais seront de deux natures :

- 1° Ils devront donner le rendement pour différentes charges.
 2° Ils devront indiquer les variations de vitesse qui se produisent lorsqu'on modifie brusquement celles-ci.

Nous citerons quelques-uns des nombreux résultats obtenus.

Nous avons déjà signalé l'installation de la Glyn Slate Co qui comprend une roue genre Pelton fonctionnant sous une charge, très réduite pour ce genre de moteur, de 15 m. et dont le rendement n'aurait jamais été inférieur à 84 o/o.

Le tableau suivant résume les essais au frein effectués sur une roue du même type construite par Escher Wyss et C^e pour la ville de Bellinzone.

N ^o de l'essai	Ouverture du distributeur	Pression nette, en mètres	Quantité d'eau par seconde, en litres	Force théorique, en HP	Poids sur le levier du frein, en k ^{os}	Tours, par minute	Force effective, en HP	Effet utile %	OBSERVATIONS
1	2/3 ouvert	220	33,15	97,24	41	620	76,26	78,4	Soit à 2/3 d'ouverture Effet utile = 77.8 %
2	»	»	»	»	»	610	75,03	77,2	
3	compl. ouvert	220	56,90	166,91	66	660	130,68	78,3	
4	»	»	»	»	»	700	138,60	83,0	Soit à ouverture complète Effet utile = 80.1 %
5	»	»	»	»	71	620	132,06	79,1	

L'eau a été mesurée directement dans un bassin. Le levier du frein de 2.149 mm. de longueur agissait directement sur une bascule décimale, soit $HP = P \times n \times 0,003$ (HP = force en chevaux ; P = poids sur le levier ; n = tours à la minute). La roue de la turbine a 1.000 mm. de diamètre extérieur.

Le graphique fig. 40 donne le résumé des essais de réception effectués sur une roue du type Pelton et développant 1.000 chevaux sous 300 m. de chute.

En résumé, on voit qu'avec les roues du genre Pelton on peut obtenir à pleine charge un rendement de plus de 80 o/o et que l'on peut dans tous les cas, quelle que soit la charge, compter sur un rendement supérieur à 75 o/o.

Nous reproduisons également le résumé des essais effectués avec une turbine Francis de 160 chevaux installée à Roanne et qui fonctionne avec une hauteur de chute de 13,80 m. environ.

a) *Essais de rendement au frein.* — La poulie de frein à circulation d'eau était mise à la place de la poulie de commande, le levier appuyait sur une bascule, la tare du frein a été trouvée de 47 kg. et le poids du frein étant de 400 kg., le travail de frottement aux tourillons résultant de ce poids était de 0,43 chevaux.

(1) Bazin, Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir. *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 17 juin 1899.

Drummond, Expériences sur « le pouce du mineur » au laboratoire hydraulique de la Mac Gill University. *Génie Civil*, 1901, tome XXXVIII, page 24.

Bazin. *Écoulements en déversoirs. Expériences.*

b) *Mesure de la puissance brute hydraulique.* — La hauteur de chute a été obtenue dans chaque cas, en prenant pour repères fixes le bord supérieur du réservoir

Essais de réception
des turbines de Messrs Crespi & C^{ie} à Milan.
Mesurages d'eau opérés à l'aide du déversoir d'après la formule de Bazin.

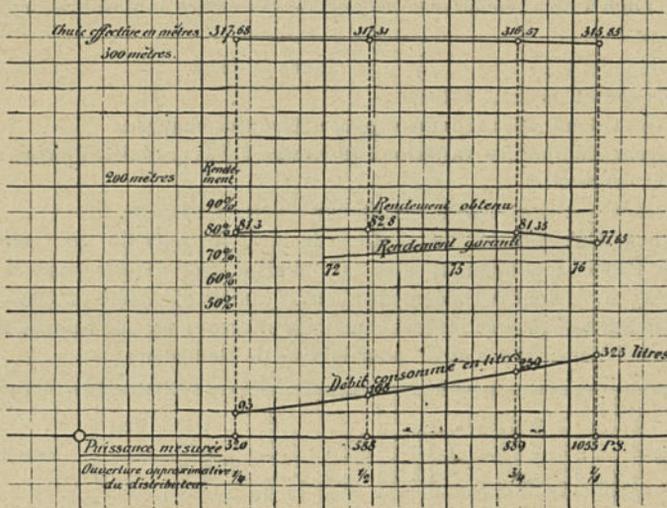


FIG. 40.

voir du flotteur et le sol de la chambre de turbine. Le débit a été mesuré par déversoir en minces parois établi à la sortie du canal de fuite.

Les constantes de ce déversoir étaient :

$$\text{Largeur du canal} = 2,45 \text{ m.} = B.$$

$$\text{— déversoir} = 2,0 \text{ m.} = b.$$

Mesure de la hauteur h de lame déversante :

$$2,50 \text{ m. en amont du déversoir.}$$

Hauteur du seuil au-dessus du fond :

$$\text{Amont et aval} = 0,75 \text{ m.}$$

Le débit Q a été obtenu par la formule de Braschmann :

$$Q = \left(0,3838 + 0,0386 \frac{b}{B} + \frac{0,00053}{h} \right) bh \sqrt{2gh}$$

soit $g = 9,81 \text{ m.}$

On a ainsi obtenu les résultats suivants :

Charge	Hauteur de chute	Hauteur du déversoir	Débit en litres	Charge brute en kg	Charge nette	Vitesse	Puissance brute en HP	Puissance effective	Rendement obtenu	Rendement garanti
$\frac{1}{4}$ à $\frac{4}{4}$	13,795	189 mm	303	87	40	300	55,70	36,43	0,72	0,70
	13,705	232 »	412	103	56	328	75,15	55,50	0,73	0,70
	13,585	285 »	560	127	80	338	102,90	81,55	0,79	0,75
	13,485	345 »	747	159	112	330	134,30	111,30	0,82	0,80
	13,425	340 »	731	153	106	355	130,85	113,63	0,86	0,80
	13 200	390 »	898	162	115	348	158,04	120,49	0,77	0,77

La figure 41 représente les essais effectués sur le régulateur de la turbine à haute pression de Kubel. La mise hors circuit subite d'une charge de 500 chevaux a déterminé une variation de vitesse qui a été atténuée en 18 secondes.

Enfin nous signalerons les essais faits avec le régulateur Ribourt très intéressants en ce qu'ils se rapportent à un moteur hydraulique à basse chute qui actionne une dynamo triphasée fournissant le courant à une filature de 25 à 30 métiers, dans laquelle il se produit un battement continu d'arrêts et de mises en train. Les écarts maxima sont de 5 0/0 au moment des changements brusques de charge, en régime suivi ils ne sont que de 1,5 0/0.

On voit donc que l'on est arrivé à créer pour les turbines de tous systèmes, quelles que soient les conditions de leur fonctionnement, des appareils de régulation qui permettent de satisfaire toutes les exigences de la pratique.

Installation des turbines. — Du choix d'un moteur hydraulique. — Nous avons vu par ce qui précède, que l'on peut obtenir avec n'importe quel système de turbine; dans des conditions convenables, un rendement mécanique élevé. Naturellement, suivant les conditions de l'installation, suivant le régime des eaux, on devra adopter tel type plutôt que tel autre. Les valeurs respectives du débit et de la hauteur de la chute que l'on veut utiliser ne sont pas seules à considérer, il faut de plus tenir compte de la grandeur des variations du débit et des différences de niveau, car elles influent beaucoup sur le rendement de l'installation (1).

Avant toute chose, il faudra connaître le régime du cours d'eau destiné à alimenter les turbines. Ce renseignement est parfois difficile à obtenir.

Cependant lors de l'établissement des installations des lacs de Joux, on a pu établir le relevé des niveaux maxima et minima de 1847 à 1901 (fig. 42). Il n'est pas nécessaire d'insister sur l'importance de ces renseignements, qui sont encore plus intéressants à posséder lorsqu'il s'agit d'exploiter de basses chutes où les changements inévitables des niveaux des biefs d'amont et d'aval représentent souvent une fraction importante de la chute qui peut varier ainsi du simple au double et même davantage.

On devra ensuite examiner les travaux nécessités par l'aménagement de la chute :

Pellau, V. Garratt. Dispositifs qui favorisent le réglage de la vitesse dans les installations mues par puissance hydraulique. *Electrical Review* (New-York), 1899, n^{os} 4, 5, 6.

Régulateur de débit par turbines. *Génie Civil*, 1894, tome XXXVI, page 45.

Emploi des régulateurs à action indirecte pour le réglage des turbines. *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 16 et 23 décembre 1899.

Turbine moteur hydraulique à réglage de précision automatique. *Génie Civil*, 1900, tome XXXVIII, page 113.

Régulateur hydraulique pour turbines. *Génie Civil*, tome XXXVIII, page 413.

Régularisation de la vitesse des turbines accouplées aux dynamos. *Bulletin de l'Association des ingénieurs électriciens sortis de l'Institut électrotechnique Montefiore*, 22 décembre 1900.

Reynal. Régulateur de turbines Escher-Wyss. *L'Eclairage Electrique*, 13 octobre 1900.

Reynal. Régulateur à résistance hydraulique, système Kurchsensdtner. *L'Eclairage Electrique*, 13 octobre 1900.

Régulateur hydraulique Sturgess pour turbine. *American Electrician*, mai 1902.

Régulation des turbines. *Electrical Review* (New-York), 5 octobre 1901.

Régulateur de turbine. *Electrical World* (New-York), 17 janvier 1903.

Hydrotachymètre Ribourt. *Génie Civil*, 7 mars 1903.

Schmitthener. Progrès dans la construction des turbines hydrauliques. Les régulateurs. *Génie Civil*, 18 juillet 1903.

Régulateur de turbine Woodart. *Electrical World* (New-York), 7 février 1903.

M. Levy. Hydrotachymètre pour régulateur de turbine hydraulique. *Echo des Mines et de la Métallurgie*, 27 avril 1903.

Régulateur Petman pour roue Pelton. *Engineering* (London), 29 avril 1904.

Régulation des roues Pelton. *Engineering* (London), 4 novembre 1904.

Etude générale sur les turbines et régulateurs de turbines employés en Amérique. *American Electrician*, janvier 1905.

(1) M. de la Brosse. Etude hydrologique d'un bassin de montagne. *La Houille blanche*, octobre 1902.

barrages, canaux, etc. (1). Quand ce sera possible, on s'efforcera d'appliquer un procédé qui permette d'obtenir un débit régulier (2).

Il faut enfin déterminer la hauteur de la chute H et le débit Q . Nous avons vu comment on pouvait les mesurer et en déduire la puissance disponible $\frac{QH}{75}$ en chevaux.

Il reste à choisir le type de turbines à employer.

La chute utilisable peut appartenir à l'une des 3 catégories suivantes :

Elle est inférieure à 15 m., et on la dénomme *basse chute*.

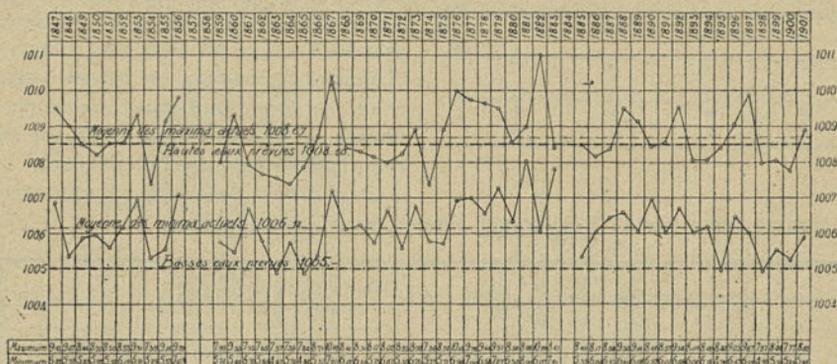


FIG. 42.

Elle est comprise entre 15 à 500 m., et on peut la considérer comme une *moyenne chute*.

Elle est supérieure à 500 m., c'est une *haute chute*.

Turbines pour basses chutes. — Elles doivent s'accommoder de conditions très différentes, puisque les variations de niveau peuvent être très grandes par rapport à la chute totale. D'autre part, elles ont à débiter de grands volumes d'eau avec une vitesse circonférentielle peu élevée et doivent cependant fournir par 1" un nombre de tours assez grand si on veut les accoupler directement à des dynamos.

Il y a avantage à employer les types à réaction, lorsqu'il faut à tout prix une grande vitesse de rotation de la turbine ; cependant cette vitesse est limitée par la nécessité de la continuité de l'écoulement. Avec les chutes variables, on a recours aux types à libre déviation.

La roue Poncelet, où l'eau entre dans les aubes avec la vitesse due à toute la hauteur de la chute et sans choc, constitue le meilleur des moteurs pour des chutes de moins de 0,60 m. Son rendement atteint 70 0/0.

On peut également employer les turbines à libre déviation, et comme elles ne peuvent fonctionner noyées, il faut pratiquer l'hydropneumatisation, qui nécessite une disposition coûteuse et compliquée. On ne peut les employer avec avantage que lorsque le niveau d'aval reste constant. Sinon, il vaut mieux employer les turbines limites qui peuvent marcher noyées, même en vannage réduit, avec un rendement satisfaisant, ainsi que le montrent les courbes (fig. 43).

Les turbines à réaction sont au contraire avantageuses quand le niveau d'aval

(1) Audebrand. Réflexions sur les études préliminaires à l'aménagement des chutes d'eau. *La Houille blanche*, août, novembre, décembre 1902.

(2) Crolard. Régularisation du débit des cours d'eau au moyen des lacs ou des réservoirs artificiels. *La Houille blanche*, octobre 1902.

varie beaucoup. La jonction d'un tube

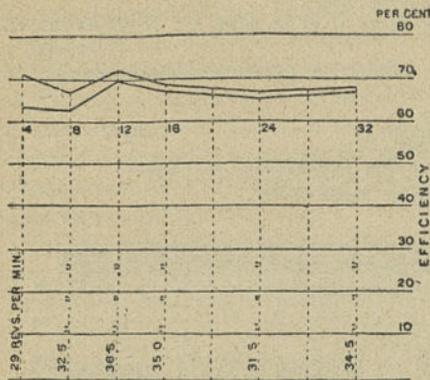


FIG. 43.

de succion permet à leur rendement de rester absolument indépendant des variations de celui-ci. Par contre il diminue lorsque le débit de la chute baisse. On atténue cet inconvénient en constituant la turbine de plusieurs couronnes concentriques représentant chacune une turbine complète. La couronne extérieure sert en travail maximum, la couronne intérieure en travail minimum, et l'on peut prendre l'action des deux pour obtenir la puissance maxima en basses eaux, et ce, en conservant sensiblement une vitesse uniforme. Chaque couronne se règle par un vannage indépendant.

C'est ainsi qu'à Zurich on a pu avec une turbine composée de 3 couronnes obtenir les résultats suivants :

Couronnes en fonctionnement :	Débit par 1'	Hauteur de chute	Puissance	Rendement
La couronne extérieure seule.	6 300 m ³	3,20	90 chevaux	74 %
La couronne extérieure et la couronne moyenne	8.400 m ³	2,35	90 chevaux	75,4 %
Les trois couronnes ensemble.		1,45	90 chevaux	80,7 %

Avec la turbine installée aux moulins de Strensham, Worcester et que nous avons déjà signalée, on obtient la puissance de 40 chevaux pour laquelle elle a été calculée,

avec la couronne extérieure seule : sous une chute de 0,90 m.

avec les deux couronnes : — 0,60 m.

En temps de crue la turbine est souvent noyée de 1,75 m. sous le bief d'aval sans inconvénient et elle arrive à faire ses 40 chevaux même avec une chute de 0,51 m. (1).

Les turbines centripètes et les turbines mixtes sont ensuite les plus avantageuses à employer ; elles sont d'un haut rendement et leur construction évite les pressions élevées sur le pivot qui se produisent avec les turbines axiales.

On emploie également les turbines coniques, comme à l'usine de Chèvres (fig. 44) qui participent des turbines mixtes et des turbines à couronnes.

Enfin on divise souvent le débit des basses chutes en plusieurs turbines de puissances différentes afin de pouvoir utiliser les faibles débits des sécheresses, comme à Rheinfelden (fig. 45), à Hagneck. Cette disposition permet aussi de marcher à de plus grandes vitesses.

Les turbines à arbre horizontal ne sont guère employées que pour les chutes de faible puissance (2).

Moyennes chutes. — Dans la grande majorité des cas on n'emploie pas de turbines axiales. Leurs pivots ont en effet à supporter des pressions élevées que l'on ne diminue que par l'emploi des dispositifs spéciaux ou de pistons d'équilibre. Elles sont généralement horizontales.

(1) Steeger. *Institution of Civil Engineers*, 16 février 1904.

(2) Type de turbine le plus convenable pour les faibles chutes. *Engineering Review* (London), avril 1904

En ce qui concerne plus particulièrement les turbines radiales, on considère que toutes conditions égales les turbines mixtes sont préférables aux centripètes que l'on préfère aux centrifuges.

Les turbines mixtes sont donc les plus répandues ; en effet leur vitesse de fonctionnement permet de les accoupler directement à des dynamos.

Cependant les turbines centrifuges sont recommandables dans certains cas et la C^o des forces motrices de Niagara a préféré deux fois à tout autre type des turbines centrifuges de 5,000 chevaux.

On peut employer également les turbines à libre déviation sous la forme des roues Pelton. Pour une chute de 15 m. et une puissance de 25 chevaux, on obtient

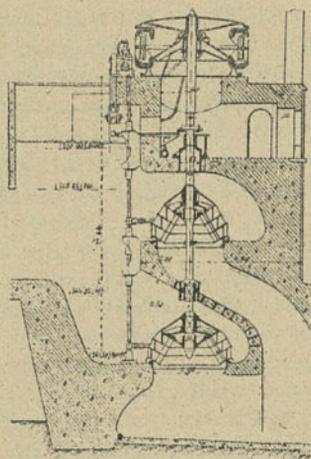


FIG. 44.

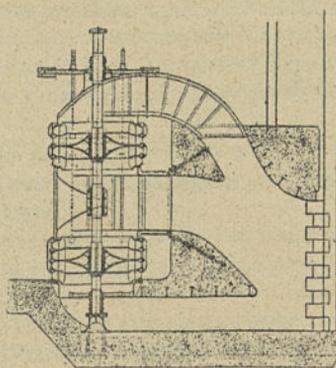


FIG. 45.

encore un rendement de 84 o/o. Leur emploi devient de plus en plus recommandable au fur et à mesure que la hauteur de la chute augmente. On considère en effet qu'on ne peut guère actuellement employer les turbines à réaction pour des hauteurs dépassant 100 m.

Hautes chutes. — On installe presque exclusivement des turbines genre Pelton. Il n'y a guère que l'installation de Vernayaz (Suisse) où l'on ait employé pour utiliser une chute de 500 m. des turbines centrifuges. Les rendements obtenus avec les roues Pelton, leur construction simple, le mécanisme particulièrement réduit qu'exige leur régulation en font des machines très recommandables.

Prix de revient de la force motrice hydraulique. — Il nous reste à examiner les divers facteurs qui interviennent dans le coût d'une installation hydraulique ainsi que le prix auquel revient l'unité de puissance suivant les diverses usines.

Le prix de revient d'une installation hydraulique se compose de :

- 1^o L'achat de la chute, ce qui exige parfois celui des terrains l'avoisinant.
- 2^o Le coût des études.
- 3^o Le coût de l'installation proprement dite comprenant : barrages, canaux d'aménée, ou conduites forcées, turbines.

Il est difficile d'avoir pour toutes les installations des renseignements précis sur

RÉFÉRENCES	Emplacement de l'installation	Hauteur de la chute	PUISSANCE DÉVELOPPÉE		Longueur de la transmission en kilomètres	Prix du cheval-tan	PRIX DE REVIENT		OBSERVATIONS
			par les turbines	à la station réceptrice			du cheval sur l'arbre des turbines	du cheval à la station réceptrice	
<i>Génie Civil</i> , 21 juillet 1906	Strensham	0 ^m ,50 à 0 ^m ,90	40 ch.			1.350 fr.			
Hanssens, <i>Construction moderne des turbines hydrauliques</i>	Turbigo	8 ^m ,20	5.000 ch.			740 fr.			
	Jonage	8 ^m à 10 ^m	15.000 ch.			2.000 fr.			
<i>Génie Civil</i> , 21 juillet 1906	Vezzola	28 ^m	20.000 ch.			490 fr.	735 fr.	Ouvrages de prise d'eau, de régulation, canal d'amenée, station centrale. Lignes de transport d'énergie 6.500.000 f. Station transformatrice 790.000	
								TOTAL 9.790.000 f.	
Masoni, <i>L'Energie hydraulique et les récepteurs hydrauliques</i>	Paderno d'Adda	29 ^m		10.500	33 km.		500 fr.		
D ^r Sheldon (d'après Masoni)	Niagara	40 ^m à 45 ^m	50.000 ch.			150 fr.		ESTIMATION Travaux hydrauliques 2.580.000 f. Turbines et matériel électrique 1.035.000 Ligne 990.000 Station centrale 865.000 Achat de la concession 330.000 Réseau de distribution dans la ville 3.200.000	
Hanssens	Chedde	140 ^m	1.100 ch.				530 fr.	TOTAL 9.000.000 f.	
<i>II Politecnica</i> , décembre 1905	Turin (projet)	310 ^m	17.000 ch.		60 km.				
Enrico Bignami, <i>Electrical Review</i> , 29 octobre 1904	Youvry	950 ^m	2.000 ch.			400 fr.		Pour la 1 ^{re} turbine. Pour les autres turbines.	
Georg Walsh, <i>American Electrician</i> , juillet 1904	Genève		3.000 ch.			1.500 fr.		Etudes, concessions, constitution de société, frais généraux. Travaux hydrauliques, bâtiments principaux 100 f.	
<i>id.</i>	Vallorbe					475 fr.		Turbines, tuyaux, vannes, grilles 400	
						97 fr. 25		Dynamos, tableaux, fils 100	
Saldun (d'après Masoni)			10.000 à 12.000 ch.			600 fr.	1.100 fr.	Lignes principales, acquisition de terrain, transformations, station réceptrice 300	
								TOTAL 1.100 f.	

les deux premiers paragraphes. Nous citerons cependant quelques chiffres réalisés dans certaines installations.

Le prix des barrages et des canaux d'aménée est à peu près différent pour chaque installation. Leur coût de même que celui de l'installation des turbines peut être considérablement majoré suivant les difficultés que l'on rencontre au point de vue du transport des matériaux. Suivant la perfection du système employé on a pu constater des variations de 50 fr. à 7 fr. pour le prix du transport de 1 m³ de sable.

Dans des conditions moyennes, une galerie à flanc de coteau a coûté 150 fr. par mètre courant pour une section de 3 m²; une autre a coûté 200 à 300 fr. par mètre courant pour une section de 6 m². En tunnel dans des terrains durs, ce chiffre s'élève à 20 fr. par m³ de tunnel.

La conduite forcée en tôle peut s'estimer à 70 fr. la tonne, pose et transport compris. Mais il en est, débitant 15 m³, qui ont coûté 320 à 350 fr. le mètre.

Le prix d'installation des turbines seules est, pour une même puissance, très variable, suivant la hauteur de chute.

Pour une installation de 8.000 chevaux sous 200 mètres, elles ont coûté 20 fr. par cheval alors que pour une de 24.000 chevaux sous 10 mètres, elle valaient 45 fr. par cheval. Quand la puissance diminue, les prix unitaires augmentent beaucoup. Une turbine de 7 à 8 chevaux, fonctionnant sous 4 mètres de chute, revient à 200 à 300 fr. par cheval (1).

Au sujet d'une installation hydraulique on peut poser les deux principes suivants :

1^o Le prix d'une force hydraulique dans une localité donnée ne doit pas excéder le prix d'une installation de moteurs thermiques.

2^o Quand une force hydraulique, par suite du débit variable, est insuffisante pour pourvoir à elle seule à la dépense nécessaire, sa valeur doit être diminuée du coût d'une installation thermique complémentaire.

C'est qu'en effet, il n'est pas rare d'être obligé de compléter l'usine hydraulique par des machines à vapeur, à cause de l'extrême variabilité de la puissance disponible.

Ainsi, à Pierre-du-Plan, qui reçoit le courant de la station électrique de Saint-Maurice, on a dû prendre la précaution d'installer comme réserve 3 chaudières de 275 m² de surface de chauffe et 3 machines Sulzer de 400 chevaux. En été, on peut voir souvent un panache de fumée sortir de la cheminée, ce qui indique que la houille blanche fait défaut au moins partiellement. De même à Chèvres où l'usine est alimentée cependant par le lac de Genève, par suite de l'extrême variabilité de la puissance qui y est disponible, ce qui provient des variations du débit du Rhône et de l'Arve, on a dû remédier à des manques de force momentanés d'une durée plus ou moins longue. L'installation d'une deuxième usine hydro-électrique exigeant un certain nombre de millions, on s'est décidé à construire une station électrique à vapeur, qui comprendra 5 turbines de 500 HP. et 5 turbines de 1.000 HP.

Comme pour toutes les installations de force motrice, plus la puissance est grande, plus le prix par cheval installé est réduit.

Enfin il y a lieu de tenir compte du coût du transport de force et de celui de l'usine réceptrice qu'exige l'installation complète et sans laquelle la station génératrice n'aurait pas de raison d'être.

Nous avons récapitulé dans le tableau ci-contre les prix de revient réalisés dans diverses installations, d'après divers auteurs, en les classant par ordre de puissance.

Il est aisé de voir l'importance que prennent les travaux hydrauliques exigés pour

(1) A. Haussens. *Aménagement des chutes d'eau.*

l'aménagement et les installations électriques nécessitées pour l'utilisation de la chute. On conçoit donc la complexité que présente l'installation d'une station hydro-électrique et quelle prudence doit présider à la création de telles entreprises.

Conclusion. — Nous avons terminé cet exposé rapide sur l'énergie hydraulique, nous savons ce qu'il a d'incomplet : le lecteur se rendra compte que le cadre étroit auquel nous nous sommes limité nous obligeait aussi de négliger bien des questions intéressantes. Mais leur rapport avec l'*Economie* du moteur n'était pas assez directe. Nous avons dû les négliger.

Ce que nous avons voulu faire voir c'est, indépendamment des divers types de turbines employées, les études et les travaux qu'exige leur aménagement et finalement le rendement qu'on peut actuellement obtenir avec eux. Nous espérons qu'il aura été possible de se rendre compte que si séduisante que paraisse l'utilisation des chutes d'eau, si facile qu'elle semble, il est peu d'installations qui soient aussi délicates et exigent autant de prudence.

Une tendance très manifeste porte les partisans de certains progrès, dont le mérite d'ailleurs n'est pas douteux, à en escompter la valeur jusqu'aux dernières limites et à les présenter non comme des étapes dans la voie du progrès, mais comme des solutions radicales primant tout ce qui existait auparavant.

C'est le cas des applications hydroélectriques. Lorsque l'on annonça l'installation d'un transport de force entre Moutiers et Lyon, destiné à remplacer les dynamos actionnées alors par la vapeur, on s'écria : Une fois de plus la houille noire a dû céder le pas à la houille blanche. Cependant celle-ci doit souvent demander aide.

En Angleterre, où le prix du combustible est très bas et les chutes d'eau plutôt rares, le succès de la houille blanche, vu l'importance des capitaux engagés, semble encore assez aléatoire (1).

En France, malgré nos richesses en houille noire, nous sommes tributaires de l'étranger. En 1900, nous avons brûlé 50 millions de tonnes dont 17 importées. Sans compter l'effrayant gaspillage, nous subissons cet échec de ne pouvoir nous suffire.

L'utilisation de l'Énergie hydraulique peut donc être fructueuse. Il faut s'efforcer de la développer : la France plus que tout autre pays y a intérêt.

(1) La première usine hydro-électrique aurait été créée en Angleterre par lord Armstrong, en 1882, à Crogside (Northumberland). *Génie Civil*, 17 septembre 1904.

La Production Economique de la Force Motrice

Première Partie

INDEX MÉTHODIQUE

	Pages		Pages
Introduction. Généralités sur la production de la force motrice	1	Les Moteurs hydrauliques	L'énergie hydraulique 25 Forces hydrauliques disponibles et utilisées en France 29 La législation des cours d'eau. Aménagement des chutes d'eau. 31 33
<i>PREMIÈRE PARTIE</i>			
Le Moteur solaire	4	Les Récepteurs hydrauliques	Les roues 39 Les turbines hydrauliques. 43 Turbines axiales 44 Turbines radiales 45 Turbines mixtes 46
Les Moteurs animés. } Les êtres humains, Les animaux.	7	Conclusion.	Rendement des moteurs hydrauliques 46 Installation des turbines. 52
Les vents	12		
Historique	14		
Les Aéro-moteurs. } Description des moulins à vent.	14		
Utilisation	18		
Essais.	20		
Coût des appareils, Frais de premier établissement.	22		

INDEX ALPHABÉTIQUE

Augets des roues Pelton.	41	Mesure du débit d'une chute.	47
Chaudière solaire de Mouchot.	6	Moulin Corcoran	17
Choix du moteur hydraulique	52	Moulin Halladay	16
Chutes d'eau en pays de plaine.	33	Moulins américains	15
Chutes d'eau en pays de montagne.	36	Moulins européens.	15
Conduites forcées.	38	Mouture par les moulins à vent.	18
Conclusions du professeur La Cour sur les moulins à vent	20	Pompe solaire de Mouchot	5
Coût de l'installation des moulins à vent.	23	Pompe solaire de la Solar Heat Power Company.	7
Coût des moulins à vent.	23	Précautions à observer pour l'exécution des manœuvres de force.	10
Élévation de l'eau par les moulins à vent.	18	Prix de revient de la force motrice hydraulique.	55
Energie hydraulique.	25	Reboisement	26
Essais de la Société royale d'Agriculture en Angleterre	21	Réglage des roues Pelton	42
Essais au frein des turbines.	49	Régularisation des torrents	26
Expériences de M. Ringelmann	21	Roue Pelton.	40
Forces hydrauliques établies dans le monde entier.	29	Roue Poncelet	40
Historique des moulins à vent.	14	Scieries actionnées par les moulins à vent.	18
Houille blanche et houille verte.	26	Travail développé par les êtres humains	7
Influence de la gelée sur le fonctionnement des turbines	30	Travail fourni par les animaux.	11
Influence des progrès de l'électricité sur le développement des installations hydrauliques.	27	Travail mécanique que l'on peut transformer de la chaleur solaire	4
Installations électriques des moulins à vent.	19	Turbines axiales	44
Législation des cours d'eau.	31	Turbines mixtes.	46
		Turbines radiales	45
		Vents	12

Deuxième Partie

INDEX MÉTHODIQUE

Les Moteurs thermiques.

Machines à vapeur. } Généralités sur les machines à vapeur.	2	Les Turbines à vapeur	Turbine Zœlly. 21 Consommation des turbines à vapeur. 23 Conclusion 27
Les Machines alternatives. } Enveloppes de vapeur.	4	Les Moteurs à explosion.	Moteurs à 4 temps. 31 Moteurs à 2 temps. 31 Combustibles employés. 32 Les gazogènes. 33 Installations au gaz pauvre par aspiration. 35
Détente	6	Conclusion	Critique des moteurs thermiques. 28 Considérations qui doivent guider le choix d'un moteur thermique 40 Essais des moteurs 41
Condensation	7		
Surchauffe	9		
Machines demi-fixes	12		
Conclusion	14		
Les Turbines à vapeur } Historique	14		
Turbine Parsons	15		
Turbine de Laval.	17		
Turbine Breguet.	19		
Turbine Rateau	19		
Turbine Curtis	20		

INDEX ALPHABÉTIQUE

Cheval-heure.	41	Machines à vapeur horizontales.	3
Condensation dans les turbines à vapeur.	25	Machines à vapeur à grande vitesse.	3
Condensation par mélange.	9	Machines à vapeur verticales.	3
Condensation par surface	9	Moteurs à 4 temps.	31
Consommation des gazogènes.	34	Moteurs à 2 temps.	31
Critique des moteurs thermiques.	38	Moteur Kœrting	31
Détente dans les machines alternatives.	6	Pression de la vapeur dans les turbines à vapeur.	24
Encorement	27	Rendement des machines à vapeur	2
Enveloppes de vapeur.	4	Surchauffe dans les machines à vapeur.	9
Essais des moteurs thermiques	42	Surchauffe dans les turbines à vapeur.	24
Gazogènes par aspiration.	34	Turbine Breguet	19
Gazogènes sous pression.	33	Turbine Curtis.	21
Historique des moteurs à explosion.	30	Turbine de Laval.	17
Historique des turbines à vapeur.	14	Turbine demi-fixe.	29
Installations au gaz pauvre	35	Turbine Parsons	15
Installations de moteurs à explosion.	41	Turbine Rateau.	19
Machines à vapeur alternatives	3	Turbine Westinghouse	16
Machines demi-	12	Turbine Zœlly.	21

RÉPARATION & ENTRETIEN

DES TUYAUTERIES

PAR LA

SOUDURE AUTOGÈNE PYROX

Appareils de tous genres :

à Hydrogène

PORTATIFS et SANS DANGER

pour l'ouvrier ; donnant une soudure extrêmement résistante.

à Gaz d'éclairage

pour BRASAGE et SOUDURE AUTOGÈNE

Un seul chalumeau pour toutes les épaisseurs.

Un seul caoutchouc au chalumeau.

et à ACÉTYLÈNE

(Modèles perfectionnés)

DÉTENDEURS RÉGLABLES & FIXES

Modèles DRAEGER

Les plus répandus et les seuls sans dangers

pour OXYGÈNE, HYDROGÈNE et AZOTE comprimés

Procédés et Appareils de Découpage

à l'OXYGÈNE

1 mètre de tôle de 25^m/m en 5 minutes pour 1 fr. 70

(Coupe à arêtes vives et lisses)

OXHYDRIQUE FRANÇAISE, 2, Rue Nouvelle
PARIS (9^e)

LE MOIS SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIEL

Revue des Revues techniques du Monde entier

ET SON

BUREAU TECHNIQUE

sont indispensables :

A L'INGÉNIEUR

A L'INDUSTRIEL

AU NÉGOCIANT

Services du Bureau Technique du M. S. I.

	Pages.		Pages.
Organisation	6	I. Section Génie civil	10
Fonctionnement	7	II. — Physique industrielle	10
Service des Traductions	7	III. — Industries Chimiques	11
Service des Adresses	8	IV. — Mines et Métallurgie	12
Service des Journaux	8	Service des Laboratoires	13
Service des Livres	8	Service des Brevets	14
Service des Bibliographies	8	Service des Expertises	15
Service des Etudes et Projets	9	Service Juridique	15
		Service des Catalogues	16

Direction et Administration : 8, rue Nouvelle, PARIS — 9^e

Téléphone 316-20.

Adresse télégraphique : MSI-PARIS.

Cette Revue, d'une genre unique, publie chaque mois, après les avoir classés méthodiquement et suivant un ordre pratique, les résumés accompagnés de croquis et de photographies des principaux mémoires pratiques publiés par les revues techniques du monde entier en quelque langue qu'ils soient.

Ces analyses, faites par des spécialistes, donnent l'essence même du travail résumé, en signalant tous les points intéressants et nouveaux dans *l'ordre pratique*.

Elle est, en premier lieu, l'outil indispensable de l'ingénieur et de l'industriel qui veulent suivre sans grande dépense et sans grand effort les perfectionnements apportés dans leur industrie.

C'est aussi un recueil intéressant et instructif pour tous ceux qui veulent, sans approfondir les questions, se donner une idée générale des travaux considérables accomplis dans les différentes branches industrielles.

Nous conseillons donc à tous ceux qui veulent avoir une idée de cette importante publication de solliciter l'envoi d'un

SPÉCIMEN GRATUIT (*Joindre 0,20 pour les frais*).

Le spécimen envoyé a pour but de donner une idée approximative de l'état actuel de la Revue qui a aujourd'hui 80 à 100 pages par mois. Ce spécimen montre bien la façon dont est réalisée notre devise *Multa paucis*.

Pendant ses années d'existence, elle a résumé plus de 30,000 articles.

CE QUE L'ON TROUVE DANS LE M. S. I.

A. — Le **Compte rendu** analytique des articles parus dans les principales revues techniques françaises et *étrangères* (1). Le texte est accompagné de nombreuses *gravures* qui en rendent la lecture agréable. Enfin ces articles sont soigneusement *indexés* : d'une part au moyen d'un numéro d'ordre; d'autre part au moyen de chiffres de classification de la bibliographie décimale enfin classés dans les chapitres suivants :

Ils sont séparés en 3 parties.

1^{re} Partie : Mécanique, Electricité, Economie industrielle.

- | | |
|---|--|
| Chap. I. — Mesures. | Chap. VII. — Economie industrielle (Droit industriel). Organisation des usines, prix de revient. |
| — II. — Force motrice. | — VIII. — Eclairage et chauffage. |
| — III. — Machinerie et appareils mécaniques. | — IX. — Télégraphie et téléphonie. |
| — IV. — Machinerie et appareils électriques. | — X. — Locomotion (automobilisme, navigation, aérostation). |
| — V. — Construction. | — XI. — Recherches physiques (sciences pures). |
| — VI. — Hygiène et Prévoyance (domestique et industrielle). | |

2^e Partie : Le Mois Minier et Métallurgique.

- | | |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| Chap. I. — Exploitation des mines. | Chap. V. — Fer, fonte, acier. |
| — II. — Charbonnages. | — VI. — Plomb, cuivre, argent, etc. |
| — III. — Minerais et métaux. | — VII. — Petits métaux. |
| — IV. — Métallurgie générale. | |

(1) Le Bureau Technique du M. S. I. peut en outre procurer ces revues (voir page 8).

3^e Partie : Mois chimique et Electrochimie.

Chap. I. — Electrochimie.
— II. — Matériel chimique.
— III. — Produits chimiques.
— IV. — Boissons et aliments.
— V. — Corps gras et savons.

Chap. VI. — Céramique et verre.
— VII. — Blanchiment et teinture.
— VIII. — Industries diverses.
— IX. — Analyse industrielle.

B. — A la suite des analyses données dans chaque chapitre, une rubrique **Références** donne des indications sur des articles intéressants, mais qui pour une raison quelconque n'ont pu être résumés. (Abondance de matières par exemple.)

Le *Bureau Technique* se charge de procurer les périodiques cités dans la *Revue* moyennant des honoraires convenus.

C. — A la fin de chaque chapitre **Le service spécial des Brevets du Bureau Technique du M. S. I.** donne un relevé des brevets les plus intéressants délivrés depuis peu et pris sur les sujets concernant ce chapitre. Les recherches sont ainsi énormément facilitées pour le lecteur.

D. — Un **Cours mensuel** des principales matières premières intéressant l'industrie en général. Citons les **combustibles** : houilles, pétroles, alcool; les **minerais** et terres rares; les **métaux** et alliages; les **produits chimiques**, colorants et parfums; les **engrais**, etc. Les cours sont donnés, quand il est possible, à Paris, Londres, New-York, Hambourg et Amsterdam. Ce cours est aujourd'hui reconnu comme officiel.

E. — Une **Bibliographie** régulière des principaux ouvrages publiés en France et à l'étranger. Chaque bibliographie est une *critique* et non pas un *compte rendu* d'éditeur. On est donc bien renseigné sur la valeur de l'ouvrage considéré, ayant l'opinion d'un spécialiste qui a lu le livre analysé.

F. — Liste de références bibliographiques donnant sur les ouvrages parus dans le mois, dans les principales librairies techniques ou scientifiques, avec indication de prix, format, nombre de pages, etc. Le *Bureau Technique* se charge de procurer tous ces livres aux prix indiqués (voir page 8).

G. — Un chapitre **Informations industrielles et économiques** dans lequel les Industriels peuvent décrire leurs appareils et procédés nouveaux et où nos correspondants à l'étranger viennent noter leurs impressions sur l'état général du marché; où enfin nous ajoutons toute information, séance de Sociétés techniques, adjudications, concours, etc., susceptible d'intéresser le lecteur.

H. — Enfin pour chaque partie une **Table méthodique des Matières** permettant de rechercher rapidement l'article présentant un intérêt spécial pour le lecteur, parmi les 400 à 500 articles régulièrement analysés, et qui complète fort heureusement notre petite *Encyclopédie périodique*.

Edition pour Fiches. — Afin de permettre à ceux de ses lecteurs qui emploient déjà ce système de découper et de coller sur fiche les analyses des articles qu'il publie le **Mois scientifique et industriel** fait paraître une édition spéciale imprimée d'un seul côté des feuilles. Comme d'autre part chaque analyse porte le numéro de la classification décimale, les fiches ainsi formées sont immédiatement prêtes à être classées.

Prix du numéro : 2 francs.

ABONNEMENT :	<i>Edition ordinaire</i>	<i>Edition pour fiches.</i>
France et Belgique (1).	20 fr.	25 fr.
Etranger.	25 fr.	30 fr.

Cet Abonnement est intégralement remboursé.

En effet *Le Mois Scientifique et Industriel* au cours de l'année 1905, encouragé par des prix et des subventions, est à même d'envoyer à ses abonnés à titre de remboursement :

1^o Au cours de l'année **4 monographies industrielles sur un sujet d'actualité** (2). Ces monographies publiées en supplément et abondamment illustrées résument l'*Etat actuel de nos connaissances* sur le sujet considéré. Après une *mise au point* et un *historique* toujours intéressants, les méthodes modernes sont exposées avec une documentation précise empruntée aux meilleures sources, enfin une *bibliographie* très complète vient en aide aux lecteurs désireux d'approfondir la question. Ces monographies sont vendues couramment en librairie 2 fr. 50 pièce, soit une valeur de **10 fr.**

2^o **2 bons de 5 francs chacun sur le Bureau Technique du M. S. I.** et acceptés à la volonté de l'abonné soit comme paiement du montant d'une consultation, soit comme acompte d'une étude plus importante, soit **10 fr.**

TOTAL **20 fr.**

(1) Pour les abonnements en Belgique, s'adresser, 7, passage Lemonnier, Liège.

(2) Voir page 4 les Monographies en préparations.

Nous tenons à la disposition de nos clients de nombreuses lettres de référence.

MONOGRAPHIES RÉCEMMENT PUBLIÉES

Par le Bureau Technique du M. S. I.

En dépôt dans les Bibliothèques de Gares
et dans les Grandes Librairies, et servies gratuitement aux abonnés
du "Mois Scientifique et Industriel".

Collection honorée d'une subvention de l'Association française pour l'Avancement des Sciences

- N° 1. **L'électrosidérurgie** (épuisé).
- N° 2. **Le froid industriel et ses applications** (épuisé).
- N° 3. **L'incandescence par le gaz**, étude économique, pratique et technique montrant les progrès récents de ce mode d'éclairage; son prix de revient exact d'après les essais de longue durée; sa comparaison avec les autres systèmes, pour l'éclairage des ateliers et magasins (Port 0 fr. 15) 1 fr.
- N° 4. **Progrès récents de l'industrie du verre**, par le professeur Granger. Le chauffage des fours de verrerie a fait dans ces dernières années de grands progrès, sans parler de l'application du four électrique à la verrerie qui est exposée tout au long dans cette étude pratique très documentée. En deuxième lieu l'auteur décrit en détail les procédés de soufflage des grandes pièces de verre, qui constituent encore pour les praticiens un sujet d'étonnement. 40 figures et photographies. (Port 0 fr. 15)..... 1 fr.
- N° 5. **Les méthodes modernes de paiement des salaires**, par J. Izart, ingénieur civil des mines, avec une préface de M. Yves Guyot. Etude pratique et écrite dans un langage facile des méthodes employées aux Etats-Unis et en Angleterre pour faire produire à l'ouvrier son effort maximum, tout en augmentant le bénéfice de l'industriel. Cette monographie étudie successivement les divers genres d'industrie et constitue un véritable manuel indispensable à consulter. (Port 0 fr. 25)..... 2 fr.
- N° 6. **La surchauffe de la vapeur**, par Paul Baudoin, ingénieur des Arts et Manufactures. Guide pratique faisant ressortir les avantages que peut procurer dans chaque usine l'emploi de la vapeur surchauffée, soit pour la force motrice, soit pour le chauffage. (Port 0 fr. 20).. 1 fr. 50
- N° 7. **L'électricité dans l'industrie minière**, guide pratique permettant de se rendre compte des services que peut rendre l'électricité dans chaque cas particulier. Nombreuses notes pratiques et documentation considérable, 80 pages, 55 figures. (Port 0 fr. 25)..... 3 fr.
- N° 8. **Progrès récents dans les industries de fermentation**. Manuel pratique exposant d'une façon claire et concise les progrès accomplis dans ces dernières années dans les industries de fermentation : Distillerie, Rhumerie, Brasserie, Cidrie, Industrie vinicole et du vinaigre, Lait aigri, etc., 80 pages. (Port 0 fr. 25)..... 2 fr. 50
- N° 9. **L'économie dans la chaufferie**. Cette étude, très documentée, montre les économies considérables que l'on peut faire par l'installation rationnelle d'une chaufferie, d'après les perfectionnements réalisés dans ces dernières années. C'est un guide pratique de l'industriel, indispensable à tous ceux qui possèdent une chaudière. 110 pages, 40 figures. (Port 0 fr. 25)..... 2 fr. 50
- N° 10. **La fonderie moderne** (fonte, acier, bronze, laiton, aluminium). Exposé pratique des perfectionnements récents réalisés en France, en Angleterre, aux Etats-Unis, en Allemagne, dans la fonderie, en tant que matériel, procédés et tours de main. On sait tout le parti que les Américains et les Allemands ont su tirer de la fonderie de fonte; les Anglais et les Américains, d'autre part, ont perfectionné la fabrication des bronzes et alliages à grande résistance mécanique, ainsi qu'au feu et à la vibration. Nous signalons aussi le mode opératoire lui-même qui, par les procédés d'organisation parfaite et d'exécution rapide, a permis de réduire dans une large mesure le prix de revient (100 pages, nombreuses illustrations. — Port 0 fr. 25)..... 2 fr. 50
- N° 11. **Le chauffage économique de l'habitation**, guide pratique donnant des renseignements précis sur les procédés modernes qu'il est bon d'appliquer pour obtenir un chauffage économique rationnel des locaux d'habitation et d'atelier. (Port 0 fr. 25)..... 2 fr. 50

En préparation et pour paraître incessamment :

- N° 12. **L'économie dans la manutention** Transports dans l'usine, camionnage, transports sur route, etc.
- N° 13. **La production économique de la force motrice**. (1^{re} partie).
- N° 14. **La transmission de la force motrice dans les ateliers**.
- N° 15. **L'aménagement économique de l'usine**. — Détails pratiques de l'installation de tous accessoires utiles, tuyauterie, ateliers de réparation et organisation, etc.
- N° 16. **L'éclairage économique de l'habitation**.

ÉCONOMIE INDUSTRIELLE

Muncaster.

621.71

322. — L'établissement des usines.1906. London. *Engineering Review*, janvier, pages 24 à 31 (3.700 mots) (5 figures).

Premier article d'une série d'études sur ce sujet.

Choix de la situation. — Sauf considérations particulières, les points principaux à considérer sont :

a) Facilités de transport. L'usine doit être aussi près que possible d'une bonne route, d'une voie ferrée ou d'une voie fluviale. L'idéal lorsqu'on a des pièces lourdes, est d'avoir un embranchement de voie ferrée pénétrant dans l'usine, et d'être en connexion à l'arrière avec un canal ou une rivière pour les approvisionnements de charbon et matières premières.

b) La surface du terrain doit être de niveau. Le sol tel qu'on puisse établir des fondations faciles pour les machines sans travaux coûteux de grande profondeur. Un terrain vague pourra être prévu pour la décharge des mâchefers et résidus qui sans cela seraient coûteux à enlever.

c) Le coût de la vie dans les environs de l'usine ne doit pas être trop élevé, pour que la population ouvrière y puisse vivre d'une façon raisonnable. Sinon la répercussion se fera sentir sur la main-d'œuvre que l'ouvrier exigera plus élevée.

Matériaux de construction. — La brique quand elle est meilleur marché sur place que la pierre doit être préférée, car en raison de sa forme régulière, les constructions peuvent être établies à un coût de main-d'œuvre inférieur à celui du moellon.

Les fermes seront de préférence métalliques ; elles sont moins coûteuses et plus rapidement érigées que le bois. La tôle ondulée galvanisée qui est fréquemment employée comme couverture n'est pas recommandable car, si elle est bon marché comme achat, elle est coûteuse comme entretien, et si cet entretien est défectueux elle est rapidement détruite. Même dans de bonnes conditions, la couverture doit être renouvelée tous les 6 à 7 ans. En outre, en été la température est excessive et en hiver insuffisante en dépit du chauffage.

La couverture en ardoise est recommandée ; elle est environ deux fois plus chère que la précédente mais l'entretien est presque nul et la durée considérable.

Division des bâtiments. — Lorsque l'ensemble des bâtiments occupe une grande surface, il est nécessaire de diviser la largeur totale en plusieurs halls.

La pratique indique que la distance maximum à laquelle une machine-outil peut être commandée efficacement par courroie est de 4,50 horizontalement d'axe en axe ; de telle sorte que la largeur convenable d'une travée d'atelier peut être estimée à 12 mètres.

Les figures 1 et 2 représentent deux dispositions convenables pour ateliers mécaniques ; on y voit le mode de commande des outils et la disposition des courroies.

La fig. 1 a une grande travée de 12 mètres, et une petite de 7 m. 50 ; la fig. 2 a trois travées égales de 15 mètres : cette dernière disposition convient pour les ateliers ayant de lourdes et volumineuses pièces à travailler.

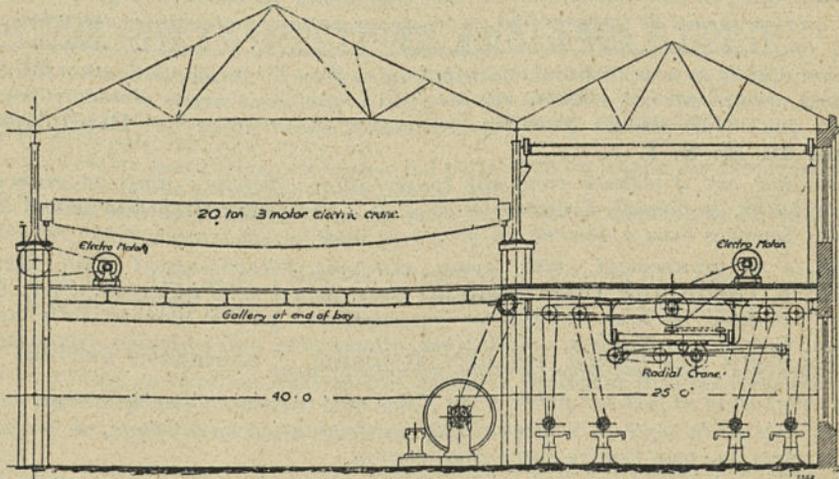


FIG. 1.

Electro motor : Moteur électrique. — 20 ton. 3 motor, etc. ; Pont roulant électrique de 20 tonnes.

Départements de l'usine. — L'usine de construction peut être divisée en six services ou départements pour chacun desquels un bâtiment spécial est nécessaire. Ce sont :

1. Atelier des machines : ajustage et finissage, qui doit être collatéral à l'atelier de montage, surtout s'il s'agit de grosses machines.
2. Fonderie de fer, pour les grosses pièces.

Mars 1906

BUREAU TECHNIQUE

du M. S. I.

8, Rue Nouvelle, 8, PARIS 9^e

(Fondé en 1899)

Téléphone 316-20

Adresse Télégraphique : MSI-PARIS.

Toute personne faisant des recherches scientifiques ou industrielles
a intérêt à se mettre en relation avec le " Bureau Technique "

*L'Encyclopédie générale !!! idée splendide, mais impossible maintenant, étant donné l'état actuel, sans cesse grandissant, des connaissances humaines, à réaliser dans un livre. Pour qu'elle existe, il faut qu'elle soit vivante, il faut que chacune de ses parties, même les plus infimes, se maintienne au courant des progrès incessants, sous peine de la voir en un instant arriérée et sans utilité pour son lecteur. C'est cet organisme vivant et intelligent que nous avons cherché à réaliser par le **Bureau Technique du M. S. I.***

*L'ingénieur et l'industriel sont constamment arrêtés dans leurs travaux par des difficultés qui sortent de leur compétence et il leur est difficile de trouver un concours technique à la fois sûr, impartial, et offrant toutes les garanties de **secret professionnel** désirables. C'est pour remédier à cet inconvénient que nous avons fondé, dès 1899, l'Encyclopédie vivante du **Bureau Technique du M. S. I.**, qui répond à toute demande, fournit tout conseil pratique, etc.*

*Destiné à compléter notre Revue mensuelle d'Information, le "**BUREAU TECHNIQUE**" est à même de répondre à toute question qui lui est posée, quel qu'en soit l'objet.*

*Il est constitué par une association de 235 Ingénieurs spécialistes et praticiens que, pendant quatre années de préparation, nous avons patiemment réunis, assemblés pour faire un tout homogène, dont les intérêts soient communs ; et dont la compétence est maintenant établie comme indiscutable, ainsi qu'en font foi les nombreuses et flatteuses attestations venues de nos clients, sur les études que nous avons livrées et sur les fascicules que nous faisons paraître trimestriellement dans la **Bibliothèque pratique du M. S. I.***

Nos travaux ont d'ailleurs reçu une consécration officielle : dans sa séance du 14 février 1905, le Conseil d'Administration de l'Association française pour l'Avancement des Sciences nous a décerné un prix à ce sujet.

*A côté de ce groupement, nous avons entrepris l'établissement d'un **Grand Répertoire Technique International** dans lequel nous indexons, d'une façon régulière, les titres de tous les articles ou mémoires publiés par les 540 Revues techniques : françaises anglaises, américaines, allemandes, autrichiennes, canadiennes, australiennes, etc., etc., que nous recevons périodiquement.*

Cette indexation se fait sur fiches et ces fiches sont classées méthodiquement.

Ayant allié de la sorte la pratique et la documentation scientifique, on comprend tous les services que peut rendre notre organisation.

Après avoir très rapidement réuni sur la question qu'on nous pose toute la documentation que nous avons, nous la transmettons au spécialiste compétent.

*Nous sommes donc en mesure de **résoudre tout problème** relatif aux sciences pures, à l'industrie, ou aux sciences économiques, moyennant des **honoraires convenus d'avance.***

*Nos travaux sont toujours exécutés par un spécialiste, **praticien** et non homme de bureau ; chaque mémoire est toujours revu avec soin avant d'être transmis :*

cette revision ayant pour but de vérifier si le mémoire répond bien aux désirs et aux besoins du demandeur.

Le **Mémoire en réponse**, sommaire ou détaillé, suivant la demande, est accompagné de schémas, de croquis ou de dessins. Il est établi, soit sous forme de **notes** qu'on peut employer pour compléter ou documenter un travail, soit sous forme de **mémoire définitif**, avec tous les soins de rédaction nécessaires.

Les correspondants sont priés de **bien préciser** les questions sur lesquelles ils désirent un éclaircissement ou une étude, et de communiquer tous les détails qu'ils possèdent déjà eux-mêmes, car toute diminution dans les recherches préliminaires permet au "**BUREAU TECHNIQUE**" de réduire le **prix**, ainsi que le **délai** de livraison.

Les prix sont toujours extrêmement modérés.

Dans le cours de 1901 nous avons répondu à	140	demandes
En 1902, à	328	—
En 1903, à	1,380	—
En 1904, à	2,545	—

venues de toutes les parties du monde.

FONCTIONNEMENT

Le fonctionnement pratique du "**Bureau Technique**" est très simple. On expose, clairement (1) avec tous les détails possibles et la plus grande précision, la **question** que l'on désire voir traiter, soit *sommairement*, soit *complètement*, en joignant un timbre pour la réponse. Par courrier, au plus tard dans la semaine, le "**Bureau Technique**" fait connaître les conditions d'honoraires et de délai dans lesquelles il peut exécuter le *travail* demandé, mais celui-ci n'est commencé qu'après réception de l'acceptation des prix et délai de livraison. Le client passe alors sa commande en joignant la *moitié des honoraires* pour un montant supérieur à 20 francs et le *total* pour 20 francs et au-dessous (2).

Les *travaux* du "**Bureau Technique**" sont exécutés en *français, anglais, allemand, espagnol, italien, etc.*, selon le désir des correspondants.

Ces *travaux* sont la propriété absolue des clients; la discrétion professionnelle la plus stricte est observée. Le secrétariat seul connaît les noms et adresses des correspondants.

NOTA. — Il y a lieu de préciser dans la demande au "**Bureau Technique**" si les indications ou travaux que l'on désire concernent seulement *l'une ou quelques-unes* des industries *françaises, allemandes, américaines, anglaises, etc.*

Les conditions de prix et de délai sont fixées séparément pour chacune de ces industries.

SERVICE DES TRADUCTIONS, ANALYSES & COPIE

Le "**Bureau Technique**" se charge d'effectuer la traduction en *français* de tout article, mémoire, etc., *anglais, allemand, hollandais, suédois, polonais, russe, espagnol, portugais, etc.*, et réciproquement de toute lettre, mémoire, cahier des charges, etc., de *français en portugais, espagnol, russe, etc.*

Ses *collections de publications étrangères* lui permettent de fournir sur simple indication de date, la *traduction de tout article paru depuis 1890*.

Notre "**Bureau Technique**" est la seule organisation dont toutes les traductions sont faites par des ingénieurs spécialistes.

TARIF	{ 1 fr. les 100 mots. { Anglais, Allemands, 1 fr. 25 les 100 mots. { Pour les { 8 fr. les 1000 mots. { Espagnol, Italien 10 fr. » » les 1000 mots. { autres { en Français.

Le "**Bureau Technique**", lorsque la traduction littérale d'un article est trop coûteuse, se charge de faire une analyse très complète contenant tous les renseignements importants moyennant une rétribution moindre.

TARIF : 5 fr. les 1,000 mots.

(1) Quand nos demandeurs nous posent à la fois plusieurs questions sur des objets différents, nous les prions de la faire sur des feuilles séparées, pour la rapidité, la facilité du travail, et pour diminuer les faux frais. Chaque question est munie d'un numéro qu'il est très important de reproduire dans toute la correspondance.

(2) Cette règle que nous avons été obligé d'adopter et qui consiste à demander le versement d'une partie des honoraires à la commande, nous a amené quelquefois des observations toujours pénibles. Nous ferons observer que le caractère extrêmement particulier des travaux qui nous sont demandés, justifie pleinement notre mode de paiement, car si un client venait renoncer à sa demande, il nous serait tout à fait impossible d'en effectuer ailleurs le placement. Le solde est payable à la livraison.

Nous tenons à la disposition de nos clients de nombreuses lettres de référence.

Le "**Bureau Technique**", lorsqu'on désire avoir, dans un *délai très court*, communication d'un document, notice ou article en n'importe quelle langue, en fournit copie, ce qui évite bien souvent les pertes de temps occasionnées par les retards des éditeurs ou administrations des journaux.

TARIF } 2 fr. les 1000 mots pour les textes Français.
3 fr. — — — — — Etrangers, en lettres latines.

SERVICE DES ADRESSES

Lorsqu'on désire acheter une machine quelconque, il est toujours difficile et long de se procurer l'ensemble des adresses des Maisons contruisant spécialement ce genre d'objets.

Notre *Index des Fabricants*, constamment remis à jour, permet de fournir à volonté l'ensemble des adresses *françaises, anglaises, américaines, belges, etc.*, et cela dans des conditions extrêmement modiques.

Notre méthode ordinaire consiste à donner les adresses des spécialistes; sur demande et moyennant un supplément d'honoraires nous avisons ces spécialistes en les priant d'adresser leurs catalogues à notre demande (1).

VOIR ÉGALEMENT SERVICE DES CATALOGUES (page 16).

SERVICE DES JOURNAUX

Moyennant des honoraires convenus d'avance, le *Bureau Technique* se charge de procurer n'importe quel numéro de revues ou de périodiques qui lui est demandé.

Dans le cas où le numéro demandé par le client est épuisé, nous retournons le montant de nos honoraires diminué de nos frais de bureau et de correspondance.

Avoir soin de donner toutes les indications bibliographiques utiles sur la publication en vue telles qu'elles sont données dans le *M. S. I.* en tête de chaque analyse.

Nous nous chargeons en outre d'abonner nos clients à n'importe quelle revue ou journal du monde.

SERVICE DES LIVRES

Nous nous chargeons de procurer à nos clients les livres techniques dont ils peuvent avoir besoin et aussi bien ceux cités dans le *M. S. I.* que ceux dont on nous indiquera le nom d'auteur, le titre, le nom de l'éditeur et la ville d'édition.

Lorsqu'une des indications ci-dessus manque nous la recherchons moyennant honoraires.

Si le client veut auparavant connaître les points traités dans le livre en question, nous nous chargeons de lui envoyer copie ou traduction de la table des matières à notre tarif ordinaire.

Enfin nous nous chargeons de donner sur les chapitres qui nous sont désignés une analyse en français à notre tarif ordinaire (5 fr. les 1.000 mots), mais avec un minimum d'honoraires égal à la valeur du livre.

SERVICE DES BIBLIOGRAPHIES

Notre "**Bureau Technique**", grâce à une collection unique de 7.000.000 de **fiches**, est à même de fournir très rapidement et moyennant des *honoraires très réduits* la Bibliographie des **articles** ou **traités spéciaux** qui ont paru en France comme à l'Etranger sur toute question technique, scientifique, juridique, commerciale, etc.

Ici nous tenons à attirer spécialement l'attention du lecteur.

Refaire ce qui a déjà été fait, réétudier ce que d'autres ont déjà étudié, est une grande faute pour l'industriel dont le temps précieux doit être utilisé le mieux possible.

Le célèbre milliardaire américain Carnegie, dans son ouvrage *L'empire des affaires*, parmi de nombreux conseils, basés sur une expérience dont les fruits sont à envier, s'exprime ainsi à sur ce sujet :

« Au cours de mon expérience de manufacturier, je sais que notre maison a commis de nombreuses fautes, en négligeant cette seule règle :

« *Ne jamais rien entreprendre avant que les directeurs aient été à même d'examiner tout ce qui a été fait, sur la surface de la terre, dans leur spécialité.* »

Il est évidemment difficile de tout aller voir, mais le nombre des Revues techniques du monde entier qui atteint aujourd'hui plus de 1,000 est tel que rien ne se produit, rien ne se crée sans qu'il en soit publié quelque part une note, souvent une description et un dessin, quelquefois des planches détaillées.

On pourra donc dire qu'aucun ingénieur ou industriel ne devrait jamais rien entreprendre avant d'avoir pris connaissance de tout ce qui a été fait sur le même sujet.

(1) Nous déclinons toute responsabilité dans le cas où des maisons refuseraient l'envoi de leurs catalogues.

Que d'argent économisé de la sorte, quelle sécurité dans le résultat final, et quelle supériorité dans la lutte contre la concurrence.

Malheureusement, jusqu'à ces dernières années, ce genre de recherches était fort coûteux et d'un résultat incertain. L'industriel ou l'ingénieur étaient obligés de les faire eux-mêmes, ou de s'adresser à un sous-ordre auquel le résultat était indifférent.

Aussi ce procédé était-il peu répandu malgré ses nombreux avantages. 99 fois sur 100 on n'y faisait pas appel.

Depuis quelques années, il s'est créé des offices spéciaux qui ont entrepris de faire ces recherches bibliographiques pour le compte de l'industriel.

Jusqu'à présent, seule notre organisation offre toutes les garanties désirables, les autres l'ont imité; mais pas dans l'organisation, dans la réclame seulement.

Elle prête d'ailleurs déjà son concours aux plus grandes maisons industrielles de France.

Son organisation, essentiellement méthodique, est des plus simples. Elle reçoit régulièrement le service de 540 Revues techniques françaises et étrangères. Au fur et à mesure de leur arrivée, ces publications ainsi que les volumes des éditeurs, les notices, etc., sont dépouillées méthodiquement. les titres de tous les articles ou chapitres sont mis séparément sur des fiches, et ces dernières sont classées aussitôt dans des meubles spéciaux, par une méthode originale.

En très peu de temps, on peut dans la masse totale retrouver toutes les fiches sur un même sujet, et en établir la *Bibliographie simple*, donnant le nom de l'auteur, le titre de l'article en français, et toutes les indications d'origine sans abréviations.

Dans d'autres cas, nous fournissons la *Bibliographie détaillée*, contenant, outre les renseignements ci-dessus, le résumé des documents pratiques contenus dans le mémoire original, et enfin la *Bibliographie très détaillée* donnant tous les renseignements contenus dans l'article, le volume où la notice concernant un point de vue particulier du sujet qui nous est indiqué par le demandeur.

Voilà donc l'industriel ou l'ingénieur à même de réunir rapidement, sans effort, pour une dépense minime et quel que soit leur isolement tout ce qui a été fait, sur un problème déterminé, ils vont pouvoir profiter des essais antérieurs, éviter bien des insuccès et augmenter leurs chances de réussite; toutes considérations importantes à notre époque de *time is money*.

Exemples :

Fabrication des encres, 96 fiches.
Filtres à sable, 50 fiches.
Fabrication des émaux, 35 fiches.
Conservation de la viande, 47 fiches.
Calorifuges et isolants thermiques, 41 fiches.

Huiles lourdes appliquées au chauffage, 62 fiches.
Labourage électrique, 26 fiches.
Paiement des salaires système à primes, 99 fiches.
Turbines à vapeur, 127 fiches.

SERVICE DES ÉTUDES & PROJETS

1° Etudes financières.

Nous nous chargeons d'établir des rapports sur *l'état d'une industrie*, d'un commerce en général, ou bien dans un cas particulier, nos documents et nos correspondants nous permettent de fournir très rapidement tous renseignements sur les *conditions d'importation* de tel ou tel produit dans un pays quelconque.

Exemples de questions résolues :

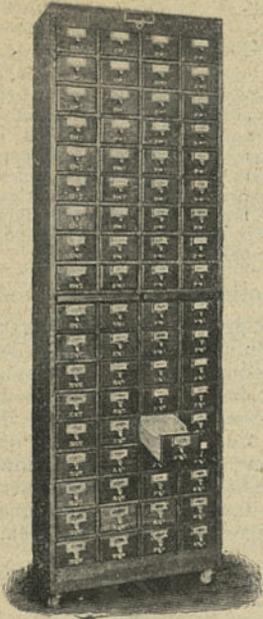
Etat du commerce de l'acide borique dans le monde entier; pays dont l'exportation est en décroissance? Donner tous renseignements économiques.

2° Etudes économiques.

L'économie industrielle comprend deux choses bien distinctes :

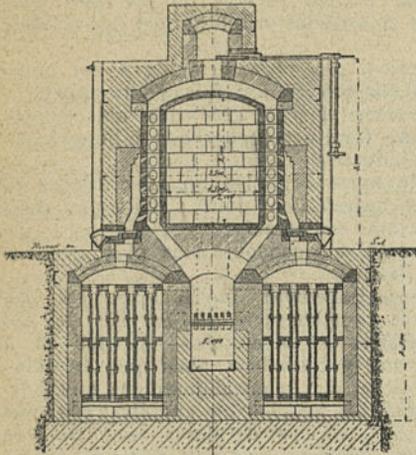
1° L'étude économique de toute installation nouvelle, ce qui est indispensable avant de faire la moindre dépense. mais ce qui ne peut être fait que par des spécialistes.

Nous tenons à la disposition de nos clients de nombreuses lettres de référence.



Meuble à fiches.

2° L'économie ouvrière, le paiement des salaires, etc. Pour cette dernière question nous nous sommes faits une spécialité de la mise en pratique et de l'étude des meilleures méthodes rationnelles depuis la publication de notre monographie sur *Les Méthodes modernes sur le Paiement des salaires* qui eut un si grand succès.



Fours à moufle ou foyers gazogènes
à réchauffeurs tubulaires contenus

Spécimen de plan d'installation fourni par le
Bureau Technique

(Nous avons de la sorte livré récemment des plans de fours à cuire, de fours à chaux, d'un four Martin; tous ces plans sont établis par nous avec toutes les indications permettant la construction sur place).

Nous nous sommes occupés avec succès d'un très grand nombre de questions sur la construction de ponts, confection de routes, utilisation de chutes d'eau, et malgré l'importance considérable qu'atteignent toujours les questions qu'on nous pose dans cette section, nous avons maintenant une clientèle fidèle et régulière.

Section II. — PHYSIQUE INDUSTRIELLE

Etude et vérification de toute installation de force motrice. — Emploi de force perdue. — Emploi de l'électricité dans les ateliers. — Eclairage. — Chauffage. — Séchage. — Ventilation. — Froid industriel.

La **Physique industrielle** occupe dans l'industrie une place prépondérante; la *force motrice*, le *chauffage*, le *éclairage*, la *ventilation*, le *séchage*, le *froid artificiel*, l'*électricité*, sont autant de questions que tout industriel est appelé à mettre en jeu d'une façon ou d'une autre, et dans chaque cas il est utile pour lui d'éviter les insuccès et de profiter de l'expérience des autres.

Notre rôle est donc de le *guider*, de le *conseiller* dans une installation nouvelle, de vérifier si une proposition qui lui est faite répond exactement à ce qu'il désire obtenir, de lui préparer des *contrats* d'achat qui garantissent pleinement ses intérêts.

Ci-dessous, quelques *spécimens* des questions que nous résolvons **régulièrement** et **rapidement**.

Ventilation, aération. — Les lois régissant les conditions de travail imposent aux industriels d'observer certaines règles. Il est intéressant pour eux d'obtenir le résultat exigé avec une dépense aussi réduite que possible et d'éviter d'entreprendre une installation qui, une fois terminée, ne donne pas le résultat désiré. Nous nous sommes spécialisés dans l'examen des devis et projets de constructeurs qui sont toujours remplis de belles promesses.

Séchage. — Beaucoup de résidus industriels pourraient être utilisés si l'on pouvait les dessécher, tels les résidus de cidrerie, etc. Il faut, dans ce cas, produire un séchage très économique.

Les mêmes difficultés se présentent pour d'autres produits naturels comme les varechs riches en sels minéraux.

Par l'emploi d'un outillage bien étudié, ces industries peuvent être rémunératrices.

Froid artificiel et glacières. — L'industrie de la glace s'est développée très rapidement durant ces dernières années. Nous avons déjà réalisé plusieurs fabriques de glace artificielle, mais nous nous sommes préoccupés aussi de l'établissement de glacières permettant l'emmagasinement mécanique de la glace naturelle et le débitage automatique de la glace accumulée.

Exemples de questions résolues :

1° Désirant installer une verrerie dans une colonie, je vous serais obligé de me fournir un devis, un prix de revient détaillé dans les conditions particulières où je suis; et une estimation des bénéfices.

2° J'ai beaucoup entendu parler du « système à primes » pour le paiement des ouvriers, mais de la lecture à la mise en pratique il y a une marge considérable. Je fabrique des bicyclettes. Veuillez me fournir un rapport pratique détaillé, en obviant aux objections faites dans la note ci-jointe. Me donner tous modèles de tickets, etc.

3° Etudes industrielles.

Ce service a pour rôle de fournir des monographies, des rapports techniques, des études, des projets et plans d'installations d'usines, des devis, des conseils techniques, des détails pratiques de prix, de coût de main-d'œuvre, des chiffres de rendement, en un mot tous renseignements qui ne sont dans aucun ouvrage et dans aucune publication. Afin de faciliter le travail, ce service est divisé en quatre sections, ayant chacune, pour la diriger, un ingénieur spécialiste praticien :

Section I. — GÉNIE CIVIL

Utilisation des chutes d'eau. — Barrages. — Constructions métalliques, en ciment armé, etc. — Maçonneries, Ponts, etc.

Cette industrie nécessite un outillage spécial, peu coûteux, mais indispensable pour avoir un gain important.

Electricité. — L'électricité est aujourd'hui employée dans toutes les industries. Dans chaque cas, il faut profiter de l'expérience acquise pour obtenir le meilleur résultat et éviter les insuccès. Notre très nombreuse documentation et notre pratique en la matière nous permettent de fournir bien des renseignements utiles que le constructeur n'a pas toujours intérêt à fournir.

Chutes d'eau. — Tout le monde aujourd'hui a sa chute d'eau. On ne rêve que l'utiliser ; on va alors chercher un constructeur dont le premier intérêt est de fournir du matériel quel que soit le résultat obtenu. Nous nous sommes préoccupés de renseigner les propriétaires sur la valeur exacte de ce qu'ils possédaient ; d'en étudier la valeur économique, et tout en en prévoyant l'utilisation, d'en rechercher des applications avantageuses dans le cas où l'on n'en avait pas. Nous avons, en effet, comme principe, dans la plupart des cas, d'entreprendre d'abord une étude économique avant tout travail technique. Avant de dépenser, il faut étudier s'il y aura bénéfice.

Déchets de coke et poussières. — « Nous avons dans notre usine à gaz des déchets de coke et des poussières de charbon de terre. Actuellement, nous ne pouvons les utiliser. Pourriez-vous nous trouver un moyen avantageux de les employer soit pour chauffer nos cornues, soit autrement. Veuillez nous préparer un travail complet sur les emplois possibles ou déjà réalisés de ces résidus. »

Moteurs à gaz pauvre. — Cette question est tout à fait à l'ordre du jour ; elle a donné lieu à des échecs qui font hésiter beaucoup d'industriels à les employer. D'autre part la construction bon marché et peu soignée a créé une suspicion qui peut être légitime dans certains cas particuliers mais pas toujours. La multiplicité des modèles existants permet dans chaque cas de résoudre le problème avec avantage. Au cours de cette année, nous avons étudié une vingtaine d'installations de ce genre en faisant chaque fois profiter nos clients de notre expérience, et leur préparant les contrats d'achat qui garantissent leurs intérêts. Dans chaque cas les avantages obtenus ont été au moins dix fois supérieurs aux honoraires qui nous ont été versés.

Moteurs à vent. — Peut-on utiliser pratiquement le vent comme force motrice ? Tel est le problème que l'on s'est posé depuis plusieurs années. Il a été résolu par l'affirmative avec avantages dans nombre de cas. Nous avons suivi avec soin tous ces essais, en nous documentant chaque fois sur la disposition adoptée et les résultats obtenus.

Nous croyons en effet le problème digne d'intérêt dans nombre de cas particuliers.

Station centrale. — « Nous avons actuellement trois vieilles machines à vapeur en divers points dans notre usine.

« Cette disposition n'est pas économique. Nous désirons remanier tout cela et avoir un groupement selon les meilleures conditions économiques. Veuillez donc tout d'abord étudier l'installation d'une centrale de 750 chevaux. Si vous choisissez la vapeur, indiquez-nous la forme de chaudière qui donne le meilleur rendement. Y aurait-il moyen aussi de n'être pas l'esclave des chauffeurs par une alimentation mécanique des foyers ? Renseignez-nous sur la surchauffe de la vapeur, et les machines à piston valve. Vous étudiez ensuite une distribution électrique. »

Chauffage économique. — Le chauffage des locaux, magasins ou ateliers nécessite toujours une dépense élevée parce qu'elle se reproduit chaque jour ; il est donc utile de chercher à avoir une installation aussi économique que possible.

Des progrès récents ont permis de réduire considérablement la dépense d'installation, surtout lorsqu'il s'agit d'ateliers d'une certaine importance.

D'autre part, dans certaines installations spéciales, on a besoin d'obtenir une température régulière nécessitant dans chaque cas une étude spéciale.

Eclairage économique. — Beaucoup d'ateliers sont installés dans des villes où n'existe pas le gaz d'éclairage. Cela les oblige à employer le pétrole qui est malpropre, dangereux et éclaire mal. Depuis quelques années, on peut fabriquer son gaz soi-même presque automatiquement sans avoir recours à l'acétylène qui est très dangereux. Le tout est d'employer un appareil sérieusement étudié et offrant toutes les garanties. On peut utiliser le même gaz pour le chauffage et le brasage. Nous avons étudié cette question avec beaucoup soin et nous pouvons donner tous renseignements.

Section III. — INDUSTRIES CHIMIQUES

Fabrication des produits chimiques : Ex. : Sulfate de cuivre, acide tartrique, etc. — Modifications d'usines déjà existantes. — Conservation des produits alimentaires. — Bières, cidres, etc. — Extraction et purification des huiles. — Utilisation de tous résidus. — Céramique et verre. — Engrais, leur emploi. — Tannage.

L'industrie chimique plus que toute autre est une industrie de tours de mains et de secrets de fabrication : la pratique y joue un rôle prépondérant ; des causes parfois insignifiantes empêchent souvent la réussite d'une fabrication ou son succès auprès de la clientèle ; notre rôle y est donc des plus précieux, puisqu'il permet de trouver l'aide et l'appui permettant de résoudre ces problèmes de chaque minute. Notre organisation est à même également de renseigner efficacement sur toute **nouvelle industrie** que l'on veut entreprendre et pour lesquelles on était obligé jusqu'à ce jour de se mettre entre les mains de constructeurs spéciaux, lesquels en abusaient quelquefois pour placer des appareils imparfaits ou démodés.

Nous avons complété ce service, en entreprenant à forfait la **surveillance du montage** de toute usine, en préparant les **contrats** à passer avec les constructeurs, et

Nous tenons à la disposition de nos clients de nombreuses lettres de référence.

en exécutant la **mise en route** du matériel, ce qui supprime tout aléa pour le capitaliste.

Ci-dessous quelques *spécimens* des questions que nous résolvons **régulièrement** et **rapidement**.

Dextrine, Féculs, Amidons, etc. — Ces produits, dont la consommation augmente journellement, peuvent donner lieu à une fabrication avantageuse lorsqu'on dispose de pommes de terre, céréales ou autres féculents, dans de bonnes conditions. Nous pouvons fournir tous renseignements sur la fabrication, tours de mains devis et plans d'installations, adresses de constructeur, surveiller le montage de l'usine et faire la mise en route.

Extraits tanniques, tannins, etc. — Malgré l'emploi du chrome, les extraits tanniques ont un usage très important. L'étude économique d'une future usine permet de se rendre compte de l'intérêt qu'il y a à l'établir dans les conditions particulières où l'on se trouve (déchets de bois de chêne, de châtaignier, etc.) Nous pouvons fournir tous renseignements pour le montage d'une usine par les procédés modernes et perfectionnés. Devis et plans d'installation. Surveillance du montage de l'usine. Mise en route.

Briques de liège. — L'emploi de ces briques se répand chaque jour davantage pour la construction des glaciers, des entrepôts frigorifiques, des habitations exposées au soleil, des cloisons aphones, etc. Nous avons étudié tout spécialement la fabrication de ces produits, en utilisant comme matière première les déchets de liège de toutes fabrications. Avec un outillage très réduit et peu coûteux, cette fabrication très avantageuse peut être entreprise. Nous fournissons tous les renseignements pratiques et économiques nécessaires.

Silice pulvérulente, Kieselguhr. — Le nombre des gisements de silice pulvérulente était autrefois très restreint, mais, par suite des recherches faites dans ces temps derniers, le nombre a augmenté considérablement, et l'écoulement de ce produit est devenu plus pénible. Nous avons étudié tout spécialement les emplois industriels dans tous leurs détails, et nous avons déjà installé plusieurs usines qui en tirent profit assez facilement, en particulier pour les calorifuges, les briques aphones, les filtres, etc., etc.

Conservation du lait. — La fabrication du lait conservé est une industrie nouvelle, très florissante, qui peut donner lieu à des bénéfices importants si elle est entreprise sans aléa. Nous avons spécialement étudié cette question soit comme lait frais par l'oxygène, lait cuit, lait concentré, lait en poudre. Les questions de bouchage et d'obturation toujours délicates ont fait de notre part l'objet d'études pratiques suivies, ce qui nous a permis d'étudier plusieurs installations de ce genre.

Conserves alimentaires. — Comme la précédente, cette industrie nécessite beaucoup de tours de mains qu'un praticien seul peut faire connaître. Nous avons en particulier étudié l'installation de fabriques de conserves de sardines, sécheries de poissons fumés, conserves de fruits et légumes; fabrication d'extraits de viandes, etc.

Les Américains ont beaucoup perfectionné ces industries et nous nous tenons au courant très régulièrement de leur matériel nouveau et de leur mode opératoire.

Poterie de fonte inoxydable. — Cette industrie était jusqu'à présent l'apanage de quelques maisons importantes seulement. Nous l'avons étudiée d'une façon complète et pratique; d'autant plus que l'emploi de machines à mouler mécaniquement assurait à cette fabrication un abaissement de prix de revient assez notable. Nous nous chargeons de fournir tous renseignements économiques et pratiques, plans des jours, etc.

Laitonage électrolytique. — Jusqu'à présent on était parvenu à déposer couramment par galvanoplastie, le cuivre, le nickel, l'or et l'argent. Le dépôt du laiton dans les mêmes conditions était une question de la plus haute importance, pouvant rendre de très grands services dans l'industrie. Après des essais répétés nous sommes parvenus à résoudre ce problème d'une façon complète et absolument pratique. Nous pouvons fournir tous renseignements à cet égard, surveiller et mettre en route toutes installations de ce genre.

Teinturerie et Blanchiment. — Les questions de teintures résistant aux acides, sur laine, coton et soie, de teinture de la paille, du chanvre et des plumes, nous sont particulièrement familières. Dans beaucoup de cas, ces procédés peuvent être installés à peu de frais en permettant une réduction des frais de fabrication. De même le blanchiment des tissus, plumes, pailles, chanvre, poils de toute sorte (veau, vache, etc.), par l'eau oxygénée, le chlore, etc. Nous pouvons à cet égard fournir tous renseignements, rapports pratiques, composition de bains nouveaux, surveillance d'installation et mise en route.

Sulfate de cuivre. — Sans parler de tous les autres produits chimiques, dont la fabrication nous est familière, nous attirerons particulièrement l'attention sur ce produit dont la fabrication est assez rémunératrice surtout lorsqu'on peut utiliser soit des déchets de cuivre, soit des déchets d'acide sulfurique. Nous nous chargeons de fournir tous renseignements pratiques et les devis et plans d'installations.

Section IV. — MINES & MÉTALLURGIE

Travaux de mines: épuisement, serremments, etc. — Fabrication de tous agglomérés (charbon, sciure de bois, etc., etc.) — Traitement, enrichissement mécanique et briquetage des minerais. — Fonderie et métallurgie de l'acier. — Alliages spéciaux: Bronze, etc. — Electrométallurgie.

Les difficultés techniques auxquelles se heurte l'exploitant ne sont pas les seules à résoudre; l'art des mines et de la métallurgie est, au point de vue économique, des plus hasardeux; notre organisation, grâce à une *longue expérience* en ces matières, peut fournir

tous les renseignements utiles, tels que **prix de revient**, achat des matières premières, dépenses d'installation, etc., etc.

A titre d'indication, nous indiquerons ci-dessous quelques-unes des questions spéciales que nous résolvons **régulièrement et rapidement**.

Tungstène. — Ce métal acquiert une importance particulière par suite du développement des aciers à outils à grande vitesse de coupe; sa recherche s'impose et sa découverte sera des plus fructueuses. Nous avons donné d'utiles conseils sur la minéralogie du wolfram et de la scheelite; les méthodes chimiques permettant d'en déceler la présence dans un minéral; les débouchés, modes de ventes, statistiques de production et cours dans les dernières années.

Graphite. — Produit appelé à un grand avenir par ses usages multiples, et dont la recherche est avantageuse; nous avons fourni plusieurs études sur la fabrication des creusets de graphite, des peintures au graphite pour constructions métalliques et coques de navire; devis et marche d'une laverie pour le graphite mat amorphe et le graphite cristallin; données pratiques sur l'exploitation et la recherche du graphite; statistiques, débouchés, cours; dessins d'établissement de paliers à graissage par le graphite.

Broyage à sec et humide. — Le succès de la concentration d'un minerai dépend du mode de broyage; nous fournissons toutes données sur le prix de revient du broyage selon la grosseur et le genre de minerai à broyer; nous avons étudié l'usure des broyeurs suivant la vitesse à laquelle on les fait tourner; devis et dessins d'installation d'un atelier de broyage avec échantillonnage automatique des produits; conseils sur le choix du broyeur le plus économique selon les conditions à satisfaire; poids, prix, rendements à l'heure.

Séparation magnétique des minerais mixtes. — Utilisation des minerais de fer titanés et élimination de l'ilménite; séparation économique du wolfram de la cassitérite: cette opération est avantageuse, étant donné la haute valeur du wolfram. Nous avons étudié spécialement la séparation de la blende et de la baryte, ainsi que de la blende et le pyrite de fer qui sont à peu près intraitables par voie humide. Beaucoup de minerais mixtes, considérés comme invendables par suite des difficultés de traitement mécanique, peuvent être traités avec gain.

Briquetage des fumées de fours métallurgiques. — L'on sait, que les fumées qui s'échappent des fours de réduction à plomb, cuivre, etc., constituent une perte de 8 à 12 0/0 du poids du minerai et sont toujours très riches en métal; leur texture grenue ou en petits champignons ne se prête pas toujours à une fusion réductrice facile, et, dans le four, c'est un phénomène bien connu que ces poussières produisent une obstruction du four; il est préférable, pour utiliser ces fumées présentant une grande valeur, d'avoir recours à l'agglomération, soit en pains cylindriques, soit en briquettes, soit en boulets; nous avons à maintes reprises étudié le briquetage des produits métallurgiques les plus divers, cendres de pyrites, etc.

Choix des briques réfractaires et construction des revêtements. — Le choix d'un bon revêtement réfractaire est chose beaucoup plus délicate qu'on ne pense trop souvent; suivant la nature du produit que l'on aura à fondre, le choix et le mode de construction ne sont nullement indifférents, mais, au contraire, ont une importance économique considérable, étant donné les pertes matérielles de temps pour la mise hors feu, et d'argent pour le rallumage du four; nous avons fourni des études très complètes de revêtements de chromite, magnésie, silice, briques de Dina, etc., pour fours et convertisseurs ainsi que des données économiques sur la forme, le prix, etc., des briques spéciales pour régénérateurs Siemens et appareils à vent chaud.

Appareils économiques à chauffer le vent marchant aux résidus de pétrole. — L'on oublie trop souvent l'économie considérable que procure l'emploi du vent chaud dans les fours soufflés; les plus petits fours: fours de fonderie, cubilots, etc., peuvent permettre de réaliser un gain de combustible très élevé par l'emploi du vent chaud. Nous avons fourni des dessins et plans d'installation de petits appareils à vent chaud marchant aux résidus de pétrole, au goudron ou aux huiles de schiste brutes.

Fabrication et moulage des bronzes à haute résistance (Marine, etc.). — Les bronzes ordinaires n'ont qu'une résistance mécanique faible, et un allongement peu important, enfin l'eau de mer les détériore rapidement; nous avons étudié la fabrication de certains bronzes spéciaux employés à l'étranger pour la fabrication des hélices, etc.

Installations de cubilot. — On sait toute l'importance que présente l'emploi d'un vent convenablement réglé, d'une proportion de coke bien établie pour obtenir de la fonte de bonne qualité.

Traitement des minerais de cuivre. — Nous avons fourni des indications sur les différents modes de traitement utilisant les combustibles les plus divers, notamment le soufre comme combustible (fusion pyritique des minerais de cuivre sulfures), le bois (fours à réverbère), le charbon de bois, le coke (fours water-jacket), les combustibles gazeux (fours à cuivre à régénérateurs), le pétrole (fours à cuivre au naphte), etc.

SERVICE DES LABORATOIRES

Nous nous sommes adjoints comme complément à notre service d'étude plusieurs *laboratoires* outillés spécialement chacun pour pouvoir étudier complètement un genre de questions bien déterminées.

Nous sommes de la sorte en état de poursuivre toute recherche **chimique, métallurgique** (au point de vue mécanique ou chimique), **céramique, biologique, vinicole**, etc...

Nous tenons à la disposition de nos clients de nombreuses lettres de référence.

Les échantillons de produits à analyser doivent être envoyés en double exemplaire, dans des flacons en verre, bouchés soigneusement et ayant un volume de 50 centimètres cubes environ.

A titre d'exemple :

« Lorsqu'un **minéral** nous est soumis, nous recherchons le meilleur parti à en tirer, le meilleur procédé à employer pour l'utiliser, et par une série d'essais méthodiques, nous mettons au point un procédé d'exploitation rationnel, etc., etc...

« Un fabricant de colle nous signale que lorsqu'il met du sulfate de zinc dans sa colle, il se produit un trouble qui diminue la valeur de son produit. Nous lui indiquons, après divers essais, le procédé à employer pour corriger ce défaut. »

SERVICE DES BREVETS

1° Valeur industrielle d'un Brevet. — Ce service établit des rapports sur la valeur ou le côté pratique de tout brevet qui lui est soumis. Il accompagne son travail, si on le désire, de conseils pratiques sur l'utilisation du brevet. Nos Laboratoires nous permettent en effet de faire tout essai pratique que nécessiterait l'étude d'un brevet.

Antériorité. — Quand on est possesseur d'un brevet ou bien lorsqu'on est sur le point d'en acheter un, il est intéressant de connaître la valeur absolue dudit brevet.

Tous les industriels ont donc tout intérêt à s'adresser à une maison sérieuse, ayant des personnes absolument compétentes à la tête du service dit **Recherches d'antériorités**, se distinguant des agences de brevets proprement dites en ce qu'elle s'occupe surtout d'établir la *valeur réelle* d'un brevet *pris* ou à *prendre*. Les succès remportés jusqu'à ce jour nous permettent d'affirmer que nulle maison ne peut fournir un travail plus sérieux, plus approfondi et exécuté dans de meilleures conditions pécuniaires.

L'étude, telle que nous la comprenons, ne porte pas seulement dans le domaine des brevets d'Inventions; elle s'étend à l'étude des livres et publications traitant la question faisant l'objet du brevet, afin de bien établir que rien n'a été publié qui permette d'entacher le brevet de non-valeur.

Un exemple des plus frappants est le suivant :

Une nouvelle étonnante éclatait comme un coup de foudre il y a quelques mois et mettait en émoi le monde métallurgique et industriel, voire même les savants. Il s'agit de la découverte qu'a cru faire un Américain que le séchage de l'air pour le soufflage des hauts-fourneaux donnait un meilleur rendement au point de vue de la fonte produite et apportait une économie considérable de combustible. Or, une recherche bibliographique a prouvé que déjà en 1849, un volume paru en Allemagne intitulé *Geshichte des Eisens* (chap. IV, page 312), traitait la question absolument au même point de vue, et entache par conséquent de nullité un brevet qui, au premier abord, semblait défier toutes recherches tendant à discuter sa valeur.

2° Recherche des Brevets. — Nous nous chargeons également de réunir une liste complète de brevets sur un sujet donné, soit simple en donnant simplement le numéro, la date et le nom, soit détaillé en y joignant quelques lignes indiquant les points principaux pour des honoraires très modérés, et cela dans tous les principaux pays.

3° Vente des Brevets. — Après un examen minutieux des qualités du Brevet, en matière de propriété industrielle, et une recherche faite dans l'intérêt du client, ayant pour but de savoir si son brevet est véritablement nouveau et exempt de toute cause de nullité ou de déchéance; nous nous chargeons de la vente ou de la cession des licences en France et à l'Étranger. En particulier nous avons établi des correspondants, sortes d'Agences, à New-York, à Québec, à Londres, à Bruxelles, à Berlin, à Moscou, à Zurich, à Turin, à Milan, à Barcelone, à Valence, à Lerida, à Buenos-Aires, à Montévidéo, qui sur place et ayant l'habitude du pays, sont à même d'obtenir les meilleures conditions. En outre, ces Agences nous permettent de surveiller par la suite et sans aucun frais pour l'inventeur, la bonne exécution des contrats intervenus.

Tous les jours le nombre de ces correspondants s'accroît, ce qui augmente nos moyens d'action et nos chances de réussite. Enfin, nous nous chargeons de fournir des modèles de Contrats de Cessions de Brevets ou de Licences.

4° Mise en exploitation. — Lorsqu'un Brevet qui nous a été soumis, a été reconnu comme vraiment intéressant et valable, nous acceptons d'organiser sa mise en exploitation par la cession de licences régionales.

Nous nous chargeons d'ailleurs d'examiner tout genre d'affaire dont on a en vue l'exploitation, et après le rapport du service technique compétent, nous la proposons aux groupes financiers qui nous entourent et qui pourraient s'y intéresser.

Pour cette mise en exploitation, notre rémunération s'établit par un tantième dans les redevances payées à l'inventeur.

SERVICE D'EXPERTISE, ARBITRAGES & INVENTAIRES

Dans tout litige entre industriels ou clients et fabricants, le "Bureau Technique" se charge d'envoyer un ingénieur spécialiste qui agit comme expert amiable.

La collaboration juridique qu'il possède, lui permet de conseiller tout client mécontent d'une livraison, ou tout industriel qui se plaint de difficultés apportées dans son industrie, etc.

Exemples de questions résolues :

1° Un fabricant de sucre ayant fait réparer l'induit de sa dynamo, celle-ci se détériore 24 heures après sa mise en marche. Après avoir retourné cet induit chez le constructeur, il nous délègue pour reconnaître si la détérioration provenait d'une mauvaise utilisation, ou d'un défaut de construction. Nous avons pu démontrer au constructeur que c'était un vice de construction et éviter ainsi au fabricant de sucre, les frais de la réparation. Frais qu'il aurait dû supporter sans le concours de notre spécialiste en matière de dynamo.

2° Un industriel apprend qu'un procédé est contrefait. Il obtient l'autorisation de faire une saisie, et nous lui fournissons un ingénieur spécialiste dans l'objet contrefait, comme expert pour assister lors de la saisie, reconnaître et décrire utilement les pièces intéressantes à signaler dans le procès-verbal.

3° Un amateur fait réparer le moteur à pétrole de son bateau. A trois reprises successives le moteur ne fonctionne pas. Nous lui indiquons la marche à suivre, et lui fournissons notre concours technique pour pouvoir faire faire la réparation par un autre constructeur, sans que le premier puisse réclamer le montant d'une facture qui n'a pas de raison d'être.

SERVICE JURIDIQUE

L'industriel est appelé constamment à prendre des engagements, soit vis-à-vis de ses ouvriers, de ses voisins, de ses clients, de ses fournisseurs, chaque fois c'est une lettre ou un contrat qu'il signe.

Que d'imprudences commises faute d'un conseil judicieux et opportun.

Ce service, organisé depuis le 1^{er} janvier 1905, dirigé par un Avocat qui s'est spécialisé dans ces questions moyennant des honoraires fixés d'avance, examine tout contrat, toute lettre, et donne son avis sur les modifications à apporter soit pour rendre le contrat valable, soit pour dégager les intérêts du demandeur.

Spécimen de questions résolues :

Moyens et contrats à adopter par un patron pour se protéger contre le débauchage des contre-maitres ou des ouvriers.

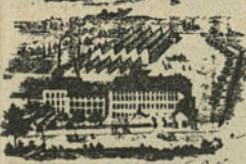
Conseils pour contestations avec un voisin au sujet de bruits et vibrations provenant d'une usine attenante.

Examen ou rédaction d'un contrat d'achat de machines et chaudières à vapeur.

Concurrence déloyale.

Modèles de contrats d'embauchage d'ouvriers et de contre-maitres.

MANUFACTURE DE RUBANS
SPECIALITÉ DE FAVEURS
+
Coiffures de Luxe
TRADE MARK



Moulin Fils
Paris, le 24 ju 1905

Monsieur le Directeur de l'...
Paris

J'ai bien reçu le rapport qui vous a été envoyé...

CAFES EN GROS
MAISON FONDÉE EN 1824

Dans le 20 Juillet 1905.

BIEN AU TCHÉMOÛÉ
3550
51/7/05

Flament & Co
11, Avenue Parmentier - PARIS -

Bureau Technique
du Journal "Le Miroir Scientifique et Industriel."
8, rue Soufflot, Paris, 6.

Messieurs,

Nous venons de recevoir votre rapport sur l'étude d'un "lait condensé" dont nous espérons avoir bientôt des échantillons.

Nous sommes heureux de constater que les résultats vous satisfont.

Nous n'avons aucune objection ou réserve à vous adresser, ainsi que vous nous l'offrez, sur le rapport et les analyses, bien détaillées, bien limpides. Aussi qu'il est, il vous suffira pour donner cet article, la suite éditoriale - nous ne nous inquiétons rien.

Travail agréable, Messieurs, nos vives sympathies.

Flament & Co

Nous tenons à la disposition de nos clients de nombreuses lettres de référence.

SERVICE DES CATALOGUES

Les Catalogues industriels et commerciaux.



Reliure système F. M. fermée.

A la suite de nombreuses demandes de nos clients, nous avons cette année remanié complètement ce service qui, depuis sa création, avait rencontré un excellent accueil de la part des industriels et des ingénieurs qui l'avaient employé.

Fidèle au programme que nous nous sommes imposé de faire profiter nos clients de l'expérience acquise, nous avons réussi à trouver une combinaison qui permette à l'**ENVOYEUR** d'un catalogue d'avoir le maximum de chance pour que son envoi frappe la **CLIENTÈLE QU'IL RECHERCHE** et au **DESTINATAIRE** de recevoir **GRATUITEMENT** les **RENSEIGNEMENTS** nécessaires à ses achats actuels ou futurs.

De plus, cette combinaison permet aux industriels de réaliser une importante économie sur l'envoi qu'ils auraient fait eux-mêmes de leur catalogue ou prospectus.

Nous nous chargeons de distribuer les Catalogues qui nous sont confiés au **MÊME TARIF QUE LA POSTE :**

Minimum 5 cent. jusqu'à 50 grammes.

Minimum 5 cent. par fraction de 50 grammes supplémentaire.

Les frais de manutention sont facturés 0 fr. 01 par Catalogue.

Tous les catalogues sont réunis dans une reliure système F. M. élégante et solide dont le dispositif spécial nous permet d'affirmer qu'aucun des documents de la reliure, quel que soit son importance, simple feuille ou album cartonné, ne sera détérioré.

Ils sont disposés dans cette reliure par ordre de grandeur, de façon à ce qu'ils soient autant que possible tous également en vue; chacun d'eux porte d'une manière apparente un numéro d'ordre.

Sur la reliure se trouve un index méthodique des catalogues qui y sont contenus, où les noms de toutes les maisons figurent par ordre alphabétique dans chaque spécialité avec indication du numéro d'ordre dont nous avons parlé plus haut.

Nos envois sont faits d'après les listes d'adresses établies méthodiquement par nous d'une manière tout à fait précise et sur les bases données par sept années d'expérience et de renseignements acquis.

De plus nous faisons **GRATUITEMENT** des envois de catalogue à toute personne qui nous en fait la demande, en nous indiquant parmi les diverses sections de ce service celle qui l'intéresse particulièrement :

- SECTIONS. {
- I. Mécanique.
 - II. Electricité.
 - III. Construction.
 - IV. Mine et Métallurgie.
 - V. Chimie et Electro-Chimie.
 - VI. Commerciale (Divers)

Chacune de ces sections est subdivisée suivant son importance.

En résumé, notre système de distribution présente les avantages suivants :

1° **CONSERVATION CERTAINE DES CATALOGUES** et prospectus par notre reliure spéciale qui réunit tous les documents adressés aux acheteurs;

2° **ÉCONOMIE SUR L'AFFRANCHISSEMENT** de l'envoi des catalogues ou prospectus isolés;

3° **ENVOI A DES ADRESSES EXACTES** établies par un système nouveau donnant le maximum de chance pour que le catalogue frappe les intéressés.



Reliure système F. M. ouverte montrant la disposition des catalogues.

Publicité dans le M. S. I.



Les avantages suivants sont offerts :

- 1° A tous moments votre nom et votre adresse figurent en vedette dans notre chapitre " **Informations Industrielles** ", soit au sujet de la création de vos nouveaux modèles, soit à l'occasion de la mise en route d'une nouvelle installation ;
- 2° Le texte de vos annonces est modifié chaque mois par nos soins pour attirer l'attention du lecteur ;
- 3° Le service gratuit de la publication vous est fait.

(Demandez des renseignements détaillés)

Adresse télégraphique
Générateur Paris

J. O. * & A. NICLAUSSE

(Société des Générateurs Inexplosibles) " **Brevets Niclausse** "
24, rue des Ardennes, PARIS (XIX^e Arr^t)

Téléphone interurbain
415.01 - 415.02

HORS CONCOURS, Membres des Jurys internationaux aux Expositions universelles :
PARIS 1900 - SAINT-LOUIS 1904 - MILAN 1906
GRANDS PRIX : Saint-Louis 1904 - Liège 1905.

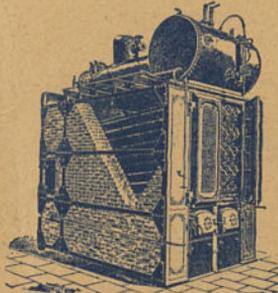
CONSTRUCTION DE GÉNÉRATEURS MULTITUBULAIRES POUR TOUTES APPLICATIONS :

PLUS D'UN MILLION
de chevaux-vapeur
en fonctionnement dans :

**Grandes industries,
Ministères,
Administrations
publiques,
Compagnies
de chemins de fer,
Villes,
Maisons habitées.**

AGENCES RÉGIONALES :

Bordeaux, Lyon, Lille,
Marseille,
Nancy, Rouen, etc.



CONSTRUCTION EN :

France,
Angleterre, Amérique,
Allemagne, Belgique,
Italie, Russie.

PLUS D'UN MILLION
de chevaux-vapeur
en service
dans Marines Militaires :

**Française, Anglaise,
Américaine, Allemande,
Japonaise, Russe,
Italienne, Espagnole,
Turque, Chilienne,
Portugaise, Argentine.**

MARINE DE COMMERCE.
100.000 chevaux
MARINE DE PLAISANCE :
5.000 chevaux

Construction de Générateurs pour :
Cuirassés, Croiseurs,
Canonnières, Torpilleurs,
Remorqueurs, Paquebots,
Yachts, etc

MONOGRAPHIES RÉCEMMENT PUBLIÉES

Par le Bureau Technique du M. S. I.

(En dépôt dans les Bibliothèques de Gares et des Grandes Librairies et qui ont été servies gratuitement aux abonnés du « Mois Scientifique et Industriel »)

Collection honorée d'une subvention de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences.

- N° 1. **L'ÉLECTROSIDÉRURGIE** (épuisé).
- N° 2. **LE FROID INDUSTRIEL ET SES APPLICATIONS** (épuisé).
- N° 3. **L'INCANDESCENCE PAR LE GAZ**, étude économique, pratique et technique montrant les progrès récents de ce mode d'éclairage; son prix de revient exact d'après les essais de longue durée; sa comparaison avec les autres systèmes, pour l'éclairage des ateliers et magasins (Port 0 fr 15). 1 fr
- N° 4. **PROGRÈS RÉCENTS DE L'INDUSTRIE DU VERRE**, par le professeur *Granger*. Le chauffage des fours de verrerie a fait dans ces dernières années de grands progrès, sans parler de l'application du four électrique à la verrerie qui est exposée tout au long dans cette étude pratique très documentée. En deuxième lieu l'auteur décrit en détail les procédés de soufflage des grandes pièces de verre qui constituent encore pour les praticiens un sujet d'étonnement. 40 figures et photographies (Port 0 fr. 15). 1 fr
- N° 5. **LES MÉTHODES MODERNES DE PAIEMENT DES SALAIRES**, par *J. Izart*, ingénieur civil des mines, avec une préface de *M. Yves Guyot*. Étude pratique et écrite dans un langage facile des méthodes employées aux États-Unis et en Angleterre pour faire produire à l'ouvrier son effort maximum, tout en augmentant le bénéfice de l'industriel. Cette monographie étudie successivement les divers genres d'industrie et constitue un véritable manuel indispensable à consulter. (Port 0 fr. 25). 2 fr
- N° 6. **LA SURCHAUFFE DE LA VAPEUR**, par *Paul Baudoin*, ingénieur des Arts et Manufactures. Guide pratique faisant ressortir les avantages que peut procurer dans chaque usine l'emploi de la vapeur surchauffée, soit pour la force motrice, soit pour le chauffage. (Port 0 fr. 20) ... 1 fr. 50
- N° 7. **L'ÉLECTRICITÉ DANS L'INDUSTRIE MINIÈRE**, guide pratique permettant de se rendre compte des services que peut rendre l'électricité dans chaque cas particulier. Nombreuses notes pratiques et documentation considérable, 80 pages, 55 figures. (Port 0 fr. 25). 3 fr.
- N° 8. **PROGRÈS RÉCENTS DANS LES INDUSTRIES DE FERMENTATION**. Manuel pratique exposant d'une façon claire et concise les progrès accomplis dans ces dernières années dans les industries de fermentation : Distillerie, Rhumerie, Brasserie, Cidrerie, Industrie vinicole et du vinaigre, Lait aigri, etc., 80 pages. (Port 0 fr. 25). 2 fr. 50
- N° 9. **L'ÉCONOMIE DANS LA CHAUFFERIE**. Cette étude, très documentée, montre les économies considérables que l'on peut faire par l'installation rationnelle d'une chaufferie, d'après les perfectionnements réalisés dans ces dernières années. C'est un guide pratique de l'industriel, indispensable à tous ceux qui possèdent une chaudière. 110 pages, 40 figures. (Port 0 fr. 25). 2 fr. 50
- N° 10. **LA FONDERIE MODERNE** (fonte, acier, bronze, laiton, aluminium). On sait tout le parti que les Américains et les Allemands ont su tirer de la fonderie de fonte; les Anglais et les Américains, d'autre part, ont perfectionné la fabrication des bronzes et alliages à grande résistance mécanique, ainsi qu'au feu et à la vibration. Nous signalons aussi le mode opératoire lui-même qui, par les procédés d'organisation parfaite et d'exécution rapide, a permis de réduire dans une large mesure le prix de revient (100 pages, nombreuses illustrations. — Port 0 fr. 25). 2 fr. 50
- N° 11. **LE CHAUFFAGE ÉCONOMIQUE DE L'HABITATION**, guide pratique donnant des renseignements précis sur les procédés modernes qu'il est bon d'appliquer pour obtenir un chauffage économique rationnel des locaux d'habitation et d'atelier. (Port 0 fr. 25). 2 fr. 50
- N° 13. **LA PRODUCTION ÉCONOMIQUE DE LA FORCE MOTRICE** (2^e Partie. — **Les Forces Artificielles**). Guide pratique sur le choix à faire dans les Machines à vapeur, les Turbines à vapeur, les Moteurs à gaz et les Turbines à gaz pour l'installation pratique de sa force motrice. Considérations économiques.

Ouvrages en préparation et pour paraître incessamment :

- N° 14. **L'ÉCONOMIE DANS LA MANUTENTION**. Transports dans l'usine, camionnage, transports sur route, etc.
- N° 15. **LA TRANSMISSION DE LA FORCE MOTRICE DANS LES ATELIERS**.
- N° 16. **L'AMÉNAGEMENT ÉCONOMIQUE DE L'USINE**. — Détails pratiques de l'installation de tous accessoires utiles, tuyauterie, ateliers de réparation et organisation, etc.
- N° 17. **L'ÉCLAIRAGE ÉCONOMIQUE DE L'HABITATION**.