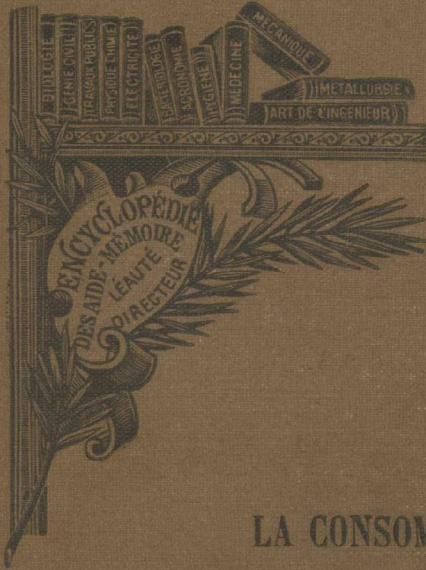


Section de l'Ingénieur



SIDERSKY

LA CONSOMMATION
DES CHAUDIÈRES A VAPEUR
ET L'ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLE

GAUTHIER-VILLARS

MASSON & C^{IE}

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

D. SIDENSKY — Consommation des Chaudières à vapeur 1

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; L. ISLER, Secrétaire
général, 20, boulevard de Courcelles, Paris.*

N° 391 B.

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LA
CONSOMMATION
DES
CHAUDIÈRES A VAPEUR
ET
L'ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLE

PAR

D. SIDERSKY

Ingénieur-Chimiste

PARIS

GAUTHIER-VILLARS,

IMPRIMEUR-ÉDITEUR

Quai des Grands-Augustins, 55

MASSON et C^{ie}, ÉDITEURS,

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Germain, 120

(Tous droits réservés)

*OUVRAGES DE L'AUTEUR PARUS
DANS LA COLLECTION DE L'ENCYCLOPÉDIE*

- I. Polarisation et Saccharimétrie** (*2^e édition revue et augmentée*).
- II. Les Constantes Physico-chimiques.**
- III. Essais des Combustibles.**
- IV. La Consommation des Chaudières à vapeur et l'Économie de combustible.**

AVANT-PROPOS

La production de la vapeur occupe une place fort importante dans toute industrie, mécanique ou chimique, soit qu'elle utilise sa vapeur pour la force motrice exclusivement, soit qu'elle en utilise une partie pour les opérations industrielles. Dans un cas comme dans un autre, l'économie du combustible préoccupe, à juste titre, tout chef d'industrie, surtout au moment de l'installation de la chaufferie.

Mais, pour les installations existantes, l'industriel se rapporte ordinairement à l'habileté de son chauffeur, parce qu'il ne se rend pas toujours suffisamment compte qu'il y a encore des économies à réaliser de ce côté; et qu'il doit, pour cela, organiser le contrôle permanent de la chaufferie par l'observation de la température et de la teneur en acide carbonique des gaz des carneaux.

Il est étonnant de voir, dans quelques grandes fabriques, des chimistes attachés à l'établisse-

ment pour effectuer des recherches industrielles ou bien pour contrôler la marche de l'usine, alors que la chaufferie est entièrement négligée par le service chimique.

Pour faire comprendre aux industriels, grands ou petits, l'économie d'un bon contrôle de la chaufferie, nous avons exposé, dans cet aide-mémoire, tous les renseignements relatifs à *la production économique de la vapeur, aux pertes de chaleur, au contrôle de la chaufferie et aux appareils nécessaires pour l'organisation de ce contrôle*. Nous avons exposé également les méthodes usitées pour le *calcul des rendements et des pertes* et nous les avons fait suivre d'un extrait des *normes internationales*, fort peu connues chez nous. Enfin, dans un dernier chapitre, nous avons indiqué les améliorations possibles. Dans les *annexes*, nous avons reproduit le *nouveau règlement pour les chaudières à vapeur* du 9 octobre 1907, ainsi qu'un certain nombre de tableaux numériques.

Espérons que les renseignements réunis dans ce petit volume rendront service à tous ceux qui possèdent des chaudières à vapeur.

D. SIDERSKY.

Paris, mai 1908.

CHAPITRE PREMIER

PRODUCTION ÉCONOMIQUE DE LA VAPEUR

1. Différents types de chaudières à vapeur. — Lors d'une installation nouvelle, le choix du type de la chaudière ne dépend pas uniquement de la production économique de la vapeur. Habituellement, ce sont les questions de sécurité, d'emplacement, etc., qui déterminent le choix de l'industriel entre les trois types connus : *bouilleurs*, *semi-tubulaires* et *tubulaires*, dont chacun présente des avantages particuliers. Dans les industries agricoles, par exemple, on rencontre le plus souvent des générateurs semi-tubulaires qui possèdent une masse d'eau très grande et fournissent un rendement élevé en vapeur par mètre carré de surface de chauffe.

L'installation du foyer est certainement d'une grande influence sur la production de la vapeur. Mais cette installation dépend surtout de

la nature du combustible dont on dispose. Le charbon gras, avec une teneur élevée en matière volatile, nécessite un brassage énergique des gaz de la combustion, afin d'assurer la combustion des produits distillés.

2. Choix d'un bon combustible. — Ce choix est déterminé ordinairement par le *prix du charbon* et le *coût du transport*. Deux conditions essentielles s'imposent dans tous les cas :

a) *Charbon assez faiblement pyriteux pour ne pas attaquer le métal de la chaudière pendant la combustion ;*

b) *Pouvoir calorifique aussi voisin que possible de 8400 calories, avec la plus faible teneur en cendres.*

Nous n'entreprendrons pas ici de faire la classification et la composition de divers combustibles, questions que nous avons traitées en détail dans notre volume *Essais des combustibles*, Chap. I et II, auquel nous renvoyons le lecteur.

3. Méthodes de chauffe. — Mais, avec une chaudière donnée et le combustible dont on dispose, on peut produire la vapeur plus ou moins économiquement, en produisant plus ou moins de vapeur par kilogramme de charbon brûlé, suivant la méthode de chauffe et la conduite du feu.

Sans nous occuper des combustibles liquides ou gazeux dont on ne fait usage que dans des cas particuliers, il faut considérer le charbon comme étant composé de deux parties distinctes.

a) la *partie volatile*, composée d'hydrocarbures riches en *hydrogène* ;

b) le *résidu fixe*, composé essentiellement de *carbone*.

Or, un kilogramme d'*hydrogène* exige pour sa combustion (transformation en eau) 8 kilogrammes d'*oxygène* ou $3\frac{1}{4}^{\text{kg}}$, 3 d'*air*, tandis qu'un kilogramme de *carbone* exige, pour sa combustion complète (transformation en acide carbonique), $\frac{32}{12} = 2\frac{2}{3}^{\text{kg}}$, 60 d'*oxygène* ou $11\frac{1}{3}^{\text{kg}}$, 4 d'*air*, soit le tiers de l'*air* nécessaire à la combustion d'*hydrogène*. Il s'ensuit :

1° que la quantité d'*air* théoriquement nécessaire à la combustion n'est pas la même au début, lors de la distillation et de la combustion des produits volatiles, que quelque temps après, lorsque le charbon entre en ignition ;

2° qu'il serait impossible de produire une combustion complète, même par un bon brassage, avec le volume d'*air* théorique, et qu'un excès d'*air* est indispensable ;

3° que cet excès d'*air* doit être le plus petit possi-

ble, afin de ne pas chauffer inutilement un grand volume de gaz inerte, l'azote, représentant les $\frac{4}{5}$ de l'air.

La seule méthode rationnelle de chauffage qu'on puisse appliquer consiste dans les chargements fréquents (avec fermeture du registre) du foyer par petites couches, et en décaissant très fréquemment les barreaux de la grille. Du reste, le chauffeur habile, habitué à la chaudière et à son combustible, arrive bien à réduire au minimum l'excès d'air indispensable à la combustion.

4. Installation de la grille, du cendrier et du registre.

a) *Grille.* — Il existe une variété de systèmes de grille basés quelquefois sur des principes opposés. Nous ne saurions mieux faire que de résumer ici une savante étude faite par M. E. Deny, en renvoyant, pour plus amples détails, à la publication de l'auteur (1).

Les conditions de bon établissement d'une grille de foyer sont les suivantes :

(1) Voir Ed. DENY, à qui ces notes sont empruntées. — *Études sur les barreaux des grilles.* Bulletin de la Société des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers, avril 1900.

1^e La première est d'obtenir facilement une *distribution rationnelle de l'air comburant en jets minces, uniformes, nombreux, et non en laines plates et parallèles aux barreaux*. Il faut former des remous en tous sens, surtout en travers pour que l'oxygène de l'air, quoique rationné, atteigne aisément et partout le combustible ;

2^e *Les barreaux doivent être nombreux, minces, très hauts, autant aux bouts qu'au milieu, nervurés latéralement*. Enfin présenter beaucoup de surface latérale de contact avec l'air affluant. Ils céderont alors facilement à cet air la chaleur qu'ils ont prise au feu par contact ou par rayonnement. De là, barreaux froids, air chaud ;

3^e *Les interstices doivent être minces pour retenir la chute du charbon menu*. Les cendres seront blanches et pulvérulentes. Les mâchefers y pénétreront moins profondément et se retireront plus vite ;

4^e *Le dessus des barreaux doit être sectionné*. — La dilatation étant plus considérable au-dessus qu'au-dessous, se perdra dans les entailles étroites. Il n'y aura alors ni torsion ni déformation. Donc grande durée ;

5^e Enfin, la proportion des vides aux pleins doit être aussi réduite que possible pour le genre

de combustible employé; soit 25 % pour la houille ordinaire.

La perte par rayonnement direct dans le cendrier sera réduite en proportion de la réduction des vides.

Là où une petite partie de grille est mal couverte de feu, l'air passe nuisiblement. Or, il en passera moins si les jours sont réduits.

De même, l'air se créant un passage facile là où le combustible oppose moins de résistance, passe peu ou pas du tout ailleurs; il est donc bon de restreindre l'entrée facile de ces passages par la grille.

Il faut comprendre que ce n'est pas l'étendue des jours de la grille qui mesure l'air affluant, mais plutôt les interstices entre les parcelles de combustible et les pores de la crasse, toujours bien moindre que ceux de la grille. De plus, l'air y est trois à quatre fois plus dilaté. Le tirage qu'on règle d'ailleurs à volonté, intervient à son tour.

Quant à la conduite du feu, elle est aussi facile que possible lorsqu'on brûle 70 à 80 *kilogrammes de houille par mètre carré de grille-heure*.

Mais l'on peut s'écarter de beaucoup en plus comme en moins de ces 75 kilogrammes. On cal-

cule cependant, d'après cela, la surface d'une grille, en tenant compte de la surface de chauffe de la chaudière et du rendement qu'on lui impose. Plus réduite, elle réclamera des décrassages fréquents. Plus étendue, elle sera couverte d'une couche de feu trop mince.

La *longueur de la grille* ne doit pas dépasser 1^m80, déjà difficile à desservir.

La *largeur* ne doit pas excéder la projection des bouilleurs. Au-delà de 2 mètres carrés et demi, il est préférable d'avoir deux portes de foyer.

La *distance de la grille aux bouilleurs* peut être de :

	surface de chauffe
25 à 35 cent. pour chaudière de	15 à 25 ^m ,2
35 à 45 " " "	35 à 45
45 à 60 " " "	50 et au delà

Les houilles grasses à longues flammes doivent disposer de plus de hauteur que les maigres.

La grille doit être à 75-80 centimètres du sol du chauffeur et légèrement inclinée vers le fond.

Le brassage de l'air est réalisé par la grille à lames de persienne (*fig. 1, p. 14*) de M. Édouard Poillon, dont les orifices aigus sont en forme d'ajutages. L'air introduit au foyer se diffuse

dans l'enceinte produisant ainsi un brassage favorable à la combustion. Naturellement, la tra-

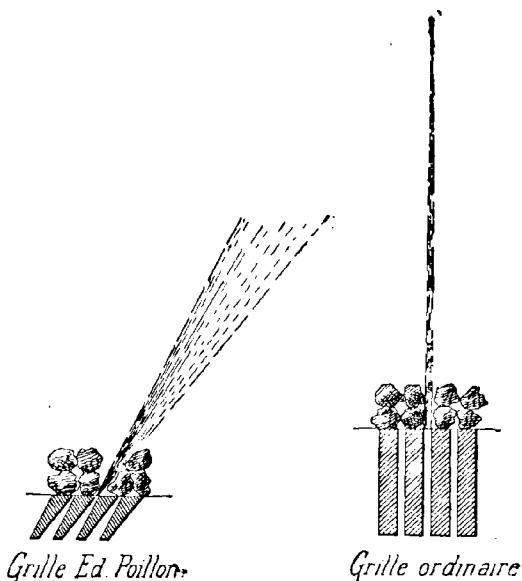


Fig. 1. — Grille à lames de persiennes.

versée de ces ajutages exigera quelques millimètres de plus de tirage, mais la dépense en est évidemment négligeable.

b) *Cendrier*. — Le cendrier est de 15 à 20 centimètres en contre-bas du sol ; il doit contenir de

l'eau où s'éteignent les menus grains de feu qui tombent de la grille. De plus, dans cette eau miroite et se réfléchit la lumière du dessous des barreaux. S'il y a des parties noires et des parties claires, c'est que la combustion n'est pas régulière, et le chauffeur doit y regarder pour uniformiser le tout.

c) *Registre*. — Les registres à trappe ou à papillon obstruent, à la volonté du chauffeur, plus ou moins la gargouille qui va de la chaudière à la cheminée. On fait par là varier la dépression dans les carneaux.

Cette dépression y a son maximum au pied de la cheminée ; elle va en décroissant au fur et à mesure qu'on s'approche du foyer ; mais, pour chaque point, elle reste toujours proportionnelle à celle du foyer. Quand on ouvre le registre plus qu'il n'est nécessaire, l'équilibre des dépressions des deux côtés qu'il sépare tend à se produire, elle monte du côté du foyer ; l'air y afflue plus abondamment ; la combustion augmente.

Quand on ferme, on gêne cette tendance à l'équilibre, la dépression diminue dans le foyer ; l'air y entre moins ; la combustion diminue.

Il y a donc une position qui convient le mieux à l'ardeur voulue. On a presque toujours le tort de donner un excès de tirage, et l'excès de com-

bustion produite n'a d'autre effet que de chauffer un plus grand volume d'air à perdre par la cheminée.

Rien d'ailleurs n'indique ordinairement au chauffeur ce qu'il emploie d'air et sa tendance est d'obtenir un bon feu vif et blanc.

Il a bien l'indication du *manomètre*, indication tardive et indirecte à laquelle il obéit aveuglément, en remédiant à un moment d'excès de tirage par un autre moment d'absence de tirage. Mais il n'est pas toujours assez attentif et le *manomètre* subit alors des variations sensibles.

C'est là une mauvaise marche que le *contrôle* ne manque pas de signaler. Avec l'*indicateur de tirage*, on agit avant que le manomètre n'ait varié, ou plutôt, on évite ces variations.

5. Conseils pratiques au chauffeur. — Dans une très intéressante brochure *Sur le contrôle permanent de la chauffe*, M. E. Baillet, inventeur d'un appareil pratique pour l'analyse des gaz dont nous parlerons plus loin, a résumé, sous forme de *conseils*, quelques généralités connues, mais trop souvent oubliées ; elles formeront le *memento* du chauffeur.

a) Pour charger les feux, commencer par fermer le registre le plus possible avant d'ouvrir la porte. Procéder toujours par petites charges pour

ne pas refroidir le feu existant, ni les gaz qui en sortent ; et par petites pelletées clairsemées pour éviter les collages, causes de passages d'air irréguliers. Comblent les vides et les creux de la surface. Ne pas trop charger près de l'autel, et y entretenir toujours un feu rouge clair ; charger plutôt en avant pour que les gaz noirs parcourent la longueur du foyer en s'échauffant et s'allument au moins en passant sur le feu vif de l'autel.

Quelques bons chauffeurs savent terminer la charge en formant un petit talus sur la plaque d'avant-foyer, talus qui s'échauffe et commence à distiller entre deux charges. A la charge suivante, c'est ce talus qui est d'abord repris et jeté près de l'autel, où il s'enflamme tout aussitôt.

Toutefois la charge doit être assez forte pour durer un moment ; et éviter la trop grande fréquence d'ouverture des portes.

Des charges de 10 kilogrammes l'une, par mètre carré de grille, et à 8 minutes d'intervalle, conviennent pour brûler 75 à 80 kilog. par heure et mètre carré.

Dans les concours de chauffeurs, on remarque que le succès est à ceux qui pratiquent des charges plus fréquentes et plus faibles, soit 5 kilog. par mètre à 4 minutes d'intervalle, et en 4 à

5 pelletées, bien éparpillés. Mais ce qu'on remarque surtout, c'est la rapidité avec laquelle chaque charge est faite, et la porte aussitôt refermée. Les feux sont minces, clairs, à petites langues de flammes. Le talus sur le seuil est alors inutile et trop long à soigner.

Il faut convenir qu'un tel travail peut s'obtenir d'un homme durant quelques heures de surmenage, mais serait réellement dur en marche industrielle. Aussi, dans ce cas, acceptons-nous comme possibles les charges à 8 minutes.

Par contre, des charges à 15-20 minutes, sur de gros feux épais, sont l'œuvre de chauffeurs qui méconnaissent par trop l'intérêt de la chauffe ou qui veulent se créer plus d'aise.

La couche de feu ne doit jamais être moindre que 6 centimètres, ni plus que 16, suivant la grosseur des morceaux de la houille, sa nature et surtout le tirage imposé par le besoin de vapeur. En cas de fort tirage, on pourrait atteindre 20 centimètres.

b) Entretien des feux. — Après un chargement moyen, il est bon d'attendre un moment avant d'ouvrir le registre au point de tirage normal, afin que le charbon frais s'échauffe et commence à produire ses gaz. L'afflux d'air se reproduirait trop, en contact de ce charbon ; et

s'enflammerait mal, en retardant la premier allumage de la charge.

Pendant la formation et l'inflammation des gaz, et suivant les dispositions du foyer, il faut fournir un peu plus d'air, soit en laissant la porte entrebaillée de 2 centimètres, soit mieux, en ouvrant les jours de cette porte s'il en existe; car l'air s'échauffera en traversant cette porte et la refroidira; soit enfin en augmentant le tirage de régime.

Mais, dès que la formation des gaz noirâtres a cessé, fermer ou réduire ce surplus d'air, et garder le tirage de régime.

Lorsqu'il est besoin de décoller les agglomérations de houille, on procède avec un crochet double et très vivement, registre baissé. On en profite pour pousser vivement le talus d'avant foyer, et former un autre talus très clair le long de l'autel. Enfin on préfère, pour cette opération, les moments où le manomètre est fort.

L'importance est d'entretenir de petits jets de flammes nombreux, réguliers, surtout rouges clairs et non blancs; avec paillettes brillantes, sautillantes, et enfin un *tirage minimum* pour complaire au manomètre.

Éviter les vides d'où partent de longs jets comme des dards de chalumeaux. Les flammes

bleues par places dénotent qu'il s'y forme de l'oxyde de carbone faute d'air. Des torches noires se dégagent des gaz qui ne brûlent pas ; encore faute d'air. Ces deux sortes de places défectueuses sont vite mises en bon état par un coup de crochet double frappé au dessus.

Si la mauvaise combustion s'étend par trop, c'est que le besoin de décrassage approche. On le retarde en passant un fort ringard pointu entre la grille et la crasse, et en soulevant celle-ci légèrement, pour la casser sans la mélanger dans le feu. Elle doit rester sur les barreaux.

Si la couche de feu devient forte, on retarde la charge suivante, en laissant marcher la combustion. C'est cela surtout qui cause les feux irréguliers et la production d'oxyde de carbone.

c) *Décrassage*. — Un instant avant, donner un peu de tirage pour blanchir le feu, jusqu'à cessation de formation de gaz ; faire monter le manomètre à maxima ; et ramollir la crasse qui se détachera plus facilement tout à l'heure. Avant d'ouvrir la porte de foyer, fermer le registre à maxima juste pour que la flamme ne vienne pas brûler le chauffeur.

Tous les chauffeurs savent décrasser, mais plus ou moins adroitement. On partage en quelque sorte le foyer en deux par le barreau de mi-

lieu, en rejetant le feu d'une moitié sur l'autre. Pour cela, on glisse un fort ringard pointu entre la crasse dure et le charbon incandescent, sur toute la longueur de la grille, près d'un côté du foyer ; puis, prenant appui sur le cadre de la porte, on pousse vigoureusement tout le feu sur l'autre moitié. En trois ou quatre coups ce doit être fait, et l'on ramasse les petites parcelles de charbon. Ensuite, on glisse le ringard sous la crasse que l'on soulève en la cassant en morceaux, puis on la sort à la raclette en frottant le dessus des barreaux pour dégager les grains figés dans les interstices et les faire tomber ou venir avec la raclette. En même temps, un aide noie d'eau ce qui sort du foyer. Cette moitié nettoyée, on ramène à sa place l'ancien feu qu'on avait rejeté autre part, et on le couvre vivement de quelques fortes pelletées de bon charbon en gaillettes régulièrement éparpillées.

On ferme la porte et on donne moitié de tirage pendant une minute pour allumer ce qu'on vient de jeter et laisser reposer le chauffeur.

La seconde moitié est décrassée ensuite de la même façon.

Il faut veiller à sortir le moins possible de miettes de charbon rouge dans la crasse.

Après l'opération, on tient le tirage modéré,

on remet le feu à son épaisseur normale en trois ou quatre charges distinctes, et augmentant à mesure le tirage pour qu'il suive le besoin d'air à l'allumage, mais pas trop. Entre chaque charge partielle, écarquiller les collages et régulariser les jets de flammes.

On doit profiter des arrêts pour décrasser. S'il faut le faire en marche, on fait monter préalablement la pression, car elle baissera fortement pendant l'opération. Éviter d'alimenter en décrassant ; il faut prendre d'avance cette précaution.

d) *Charbon.* — L'approvisionnement doit être à couvert : au moins celui de la journée. Entre temps, le chauffeur doit rejeter les pierres et pyrites. Les saletés, en général, contribuent à la fréquence des nettoyages, et n'engendrent pas de chaleur.

Humecter le charbon juste pour que le tirage n'enlève pas trop de poussier, et bien régulièrement.

Concasser la gailletterie à la grosseur d'une noix et la mélanger de menu pour faire de l'homogénéité. Éviter les trop gros morceaux.

6. Volume d'air théorique nécessaire à la combustion. — Considérons un bon charbon sec, à longue flamme, contenant en poids :

81 % de carbone ; 7 % cendres et 12 % matières volatiles, dont 31 1/2 % d'hydrogène en excès.

1° On sait que l'acide carbonique contient en poids :

27,27 % de carbone et 72,73 % d'oxygène. Si, dans notre kilogramme de houille, les 810 grammes de carbone sont transformés en CO², on aura employé :

$$\frac{810}{27,27} \times 72,73 = 2\ 160 \text{ gr. d'oxygène de l'air.}$$

Le poids de l'oxygène étant de 1^{gr},43 par litre, on aura employé :

$$\frac{2\ 160}{1,43} = 1\ 510 \text{ litres d'oxygène de l'air.}$$

Or, nous savons que le volume de l'acide carbonique CO², produit de la combustion, est précisément égal au volume d'oxygène qui l'a formé ; donc on a produit :

1 510 litres d'acide carbonique CO².

Mais l'air contient 21 % d'oxygène, et 79 % d'azote.

Il sera donc passé dans la combustion :

$$\frac{1\ 510}{21} \times 79 = 5\ 688 \text{ litres d'azote, avec 1\ 510 li-}$$

tres d'oxygène ; soit au total 7 198 litres d'air, dont le volume initial n'a pas changé.

2° Les 35 grammes d'hydrogène en excès pesant, par litre, 0^{gr},089, forment un volume de $\frac{35}{0,089} = 393$ litres.

Or, l'hydrogène brûle dans la moitié de son volume d'oxygène, il faudra donc $\frac{393}{2} = 196$ litres d'oxygène, pour former de l'eau qui disparaît comme gaz, sinon comme vapeur d'eau. Mais ces 196 litres d'oxygène de l'air sont entrés avec $\frac{196}{21} \times 79 = 757$ litres d'azote.

Le total de l'air employé pour brûler l'hydrogène en excès est donc $196 + 757 = 953$ litres.

Récapitulant, nous poserons que le kilogramme de houille a employé pour :

810 gr. C : 1 510 litres d'O

55 gr. H : 196 litres d'O

soit

7 198^l d'air : le volume restant CO² + Az = 7 198^l

953^l d'air : le volume restant Az = 757^l

Total pour 1^{kg} de houille : 1 510^l d'O ;

soit 8 151^l d'air : le volume restant CO² + Az = 7 955^l

Rapportant l'acide carbonique (1 510 litres) au

volume total (7955 litres), on a

$$\frac{1510 \times 100}{7955} = 18,90 \%$$

de CO^2 ; soit : 8 mètres cubes de fumée contenant 18,9 % d'acide carbonique.

Telle serait une combustion théorique ; admettant que les produits de la combustion soient ramenés à 0° et sous pression 760 millimètres, c'est-à-dire tels qu'ils ont été considérés dès leur entrée en combinaison.

A d'autres températures et pressions, le volume total changerait ; mais le rapport ne changerait pas, et resterait 18,9 % CO^2 .

Pour tout autre échantillon de houille, on pourrait faire un calcul semblable. On trouvera généralement 16 à 20 % CO^2 .

7. Volume d'air pratiquement admissible à la combustion. — Dans le travail le mieux conduit, le volume d'air aspiré sous la grille représentera 1,5 à 1,7 du volume calculé théoriquement. Le moyen pratique pour mesurer cet excès d'air consiste dans le dosage de l'acide carbonique contenu dans les gaz des carneaux. En effet, quand le carbone, c'est-à-dire le charbon pur, brûle en présence d'une quantité suffisante d'oxygène ou d'air, et se

transforme en gaz carbonique CO^2 , le volume de gaz carbonique qui prend naissance est égal au volume de l'oxygène qui a pris part à la combustion, les deux gaz étant supposés à la même température et à la même pression. En d'autres termes, 2 volumes d'oxygène se combinant avec 1 volume de carbone, supposé à l'état de gaz, produisent 2 volumes d'acide carbonique, ou encore le gaz carbonique se substitue volume à volume à l'oxygène.

Comme l'air ordinaire contient 21 % de son volume d'oxygène, la teneur maxima des gaz de combustion en gaz carbonique devrait se rapprocher de 21 %.

Dans la pratique industrielle, cette teneur maxima de 21 % en volume n'est jamais atteinte et cela, pour plusieurs raisons, très bien résumées par M. Saillard :

1° D'abord, la houille n'est jamais du charbon pur. Elle contient toujours, à côté du carbone, d'autres éléments : de l'hydrogène, de l'azote, des substances minérales.

L'hydrogène y existe surtout à l'état de carbures, dans des proportions qui varient de 2 à 5 % du poids du charbon ; pour brûler, il prend de l'oxygène à l'air comme le carbone, mais il produit de la vapeur d'eau ; de sorte que la ri-

chesse maxima possible en gaz carbonique ne s'élève guère qu'à 16 %.

2° Il faut toujours un excédent d'air pour que la combustion soit complète. Il faut que l'oxygène touche toutes les particules de charbon et cela ne peut être obtenu que s'il en passe un excédent. L'expérience démontre que si on laisse passer dans le foyer 1,7 fois plus d'air que la quantité rigoureusement nécessaire, la combustion s'effectue dans de bonnes conditions. La teneur des gaz de combustion en gaz carbonique se tient alors entre 8 et 12 %.

Quelle que soit la quantité d'air qui passe dans le foyer, la quantité d'acide carbonique produite par kilogramme de houille qui brûle complètement est toujours la même, si la houille elle-même reste identique; seulement cette quantité d'acide carbonique est délayée dans un volume d'air plus ou moins grand. De sorte que, connaissant le volume V des gaz de combustion et leur teneur t en gaz carbonique, on peut dire que le produit Vt est une constante.

Si donc la richesse t est faible, il faut que le volume V soit grand et cela prouve qu'on envoie trop d'air dans le foyer.

Remarque. — Il existe des appareils spéciaux, qu'on appelle *anémomètres*, permettant de me-

28 PRODUCTION ÉCONOMIQUE DE LA VAPEUR

surer exactement le volume d'air introduit au foyer et le volume des gaz évacués par la cheminée. On les emploiera pour des travaux de précision.

CHAPITRE II

RENDEMENT ET PERTES DE CHALEUR

8. Causes des mauvais rendements. — La quantité de chaleur développée par la combustion d'un kilogramme de charbon s'élève à 8 080 calories par kilogramme de carbone et à 29 500 calories par kilogramme d'hydrogène, ces deux éléments se transformant en CO^2 et H^2O . La chaleur produite est donc égale au pouvoir calorifique du combustible employé, et elle est absorbée par la masse des gaz de combustion. Une partie est prise par l'eau de la chaudière et passe dans la vapeur ; elle représente le rendement, lequel est d'environ 64 $\%$. Le reste de la chaleur est perdue, en grande partie, dans la cheminée, en partie par rayonnement de la maçonnerie, etc.

D'après les publications de la *Société Autrichienne pour l'essai des chaudières à vapeur*,

la perte par les gaz de la cheminée représente, en moyenne, sur huit cents essais effectués avec soin, 20 % de la chaleur produite au foyer. Mais cette proportion est fréquemment dépassée et atteint quelquefois 30 % et plus, alors que les autres pertes restent plus constantes. La perte par la cheminée est donc la plus considérable, et dépend uniquement de la conduite du foyer.

La cheminée, quoique jouant un rôle indispensable, constitue néanmoins une perte de calorique qu'il faut réduire au *minimum* en limitant au juste nécessaire la température et le volume des gaz des carneaux.

Cependant, il ne faut point tomber d'un extrême dans l'autre. Il peut se faire, en effet, que, faute d'air, des particules de charbon échappent à la combustion et passent directement dans les cendres ; il peut se faire aussi qu'elles brûlent incomplètement et produisent de l'oxyde de carbone, lequel correspond à un dégagement de chaleur de 2 473 calories par kilogramme au lieu de 8 080, soit 30,6 %.

La présence d'oxyde de carbone dans les gaz de combustion peut aussi se produire si le chauffeur maintient le charbon en couche trop épaisse sur la grille. Il s'y passe, quoique dans une plus

faible mesure, ce qui se passe dans un four à foyer gazogène : l'acide carbonique formé aux dépens du charbon qui touche la grille est réduit partiellement en oxyde de carbone au contact des couches incandescentes qui sont placées au-dessus.

9. Importance des pertes de chaleur. — La perte de chaleur par les gaz de la cheminée est en rapport direct avec le volume d'air employé à la combustion et, respectivement, en rapport inverse avec la teneur des gaz en acide carbonique.

D'après M. E. Schmidt, elle oscille entre 24 et 34 % des calories contenues dans le combustible. Les autres pertes (rayonnement, etc.) sont d'environ 7 % et varient fort peu d'une usine à l'autre.

M. Schmidt a communiqué au Syndicat des fabricants de sucre (Assemblée générale d'avril 1897) les résultats de ses nombreux essais de vaporisation, qui sont des plus instructifs. Nous en extrayons le tableau des p. 32 et 33 résumant l'ensemble des résultats de 1891, 1892, 1895 et 1896.

ESSAIS DE M. E. SCHMIDT

	A 1891	B 1891	C 1891	D 1892	E 1892	F 1892	H 1895	I 1895	J 1895	L 1896
Époque de l'essai										
Durée en heures	72	96	143	24	48	72	96	96	96	44
Pression effective en kg.	5,95	5,05	4,79	4,59	4,74	5,36	5,20	4,23	4,23	4,37
Température de l'eau . (C.)	85°	90°	90°,3	95°	85°,8	95°	92°,7	86°,3	86°,3	81°,1
Surface de chauffe. } Rapport.	53,5	30,2	50	39,5	52,3	53,5	45,1	79	44	73
Surface de grille. }										
Combustion par heure et m ² de surf. de chauffe en kg.	1,65	2,50	1,45	1,70	1,38	1,58	1,67	1,17	1,71	1,71
Combustion par heure et m ² de surf. de grille en kg.	88	75	72,7	67,4	72	84	75,5	93	74,7	126
Résidus des foyer . . . %/0	10,7	14,2	11,2	13,5	9,7	10	12,8	10,7	10,6	9,9
Cendres des charbons (à l'analyse) %/0	3,5	"	9 0	5,6	5,4	7,6	5,7	7,0	7,0	7,9

Vapeur produite p. heure et p. m ² de surf. de chauffe. kg.	15,4	18,6	12,7	15,9	13	14,5	15,4	11,1	15,3	15,9
Vapeur produite p. heure et p. m ² de plan d'eau. . kg.	"	144	272	288	205	"	268	232	261	328
Vapeur produite p. heure et p. m ² de chambre de vap. kg.	"	479	570	601	376	"	612	543	524	779
Rendement appar. Vap. par kg. de charbon brut . kg.	9,3	7,4	8,8	9,3	9,1	9,2	9,2	9,5	8,97	9,3
Utilisation %	64,5	51,5	64,1	64,3	64,2	64,5	64	69,2	65,3	67,3
Pertes à la cheminée. %	29,3	38,7	29,5	24,4	29,3	29,4	"	23,9	27,9	17,3
Autres pertes %	6,2	7,8	6,4	11,2	6,5	6,1	"	6,9	6,8	15,4
Prix des charb. par tonne rendus à l'usine . . . Fr.	29,50	"	24,32	21	20,70	29,50	21,25	20,16	20,16	21,45
Prix des 1000 kilog. de vapeur. Fr.	3,16	"	2,76	2,24	2,19	3,20	2,31	2,12	2,25	2,31

Pour la rectitude des comparaisons, il est bon de rappeler que les essais A et F ont porté sur une même installation, à un an d'intervalle.

Les résultats sont presque identiques; mais le pouvoir calorifique du charbon de l'essai A, déterminé à l'aide de l'obus Mahler, a été obtenu dans un autre laboratoire que celui des essais ultérieurs.

Les essais B et C ont une utilisation hypothétique, car la chaleur de combustion des charbons employés à ces essais n'a pas été déterminée. De plus, l'essai B se rapporte à une installation de six chaudières cylindriques à bouilleurs avec adjonction d'une seule chaudière semi-tubulaire; elle représente un type d'installation aujourd'hui démodé.

Pour ces diverses raisons, les trois essais de 1891 offrent moins d'intérêt que les essais de 1892, de 1895 et de 1896.

Il serait à souhaiter que des essais de vaporisation de ce genre, avec analyses de gaz, etc., soient plus fréquemment répétés. On pourra en raccourcir fréquemment la durée, la réduire à dix heures par exemple, ce qui est suffisant, suivant les *normes* établies par l'Association internationale de la surveillance des générateurs à

vapeur, dans ses Congrès de Hambourg, de Wurzburg et d'Amsterdam, dont il sera question dans le Chap. VII.

10. Moyens d'atténuer les pertes de chaleur. — La première des mesures à prendre est celle qui consiste à régler convenablement l'entrée d'air au foyer, à réchauffer cet air, si c'est possible, avec une partie des chaleurs perdues, et à s'arranger pour que les gaz au niveau du registre soient à 250-300° C., suivant la pression de la vapeur. Il faut également veiller à ce que ces gaz ne renferment pas d'oxyde de carbone en quantité dosable.

Mais, avant tout, il faut organiser le contrôle permanent du travail de la chaufferie, par l'observation régulière du *tirage de la cheminée*, de la *température des gaz des carneaux* et de la *composition chimique de ces gaz*, ainsi que de leur *teneur en acide carbonique*.

Ces observations se font aisément au moyen d'instruments enregistreurs (*fig. 2, p. 38*) dont nous parlerons plus loin. On a ainsi le moyen de comparer les travaux des différents chauffeurs.

11. Tableau de M. Izart. — Dans son très intéressant livre intitulé : *Méthodes économiques de combustion* (Paris, Dunod et Pinal, 1908),

Classes	Causes de pertes	Leurs remèdes	Appareils de mesure pour contrôler l'importance de la perte
Combustible	Humidité dans le charb. Cendres dans le charbon.	Parc à charbon couvert. Choix d'un bon charbon.	Essai au laboratoire.
	Escarbilles et mâchefer	1. Choix d'une bonne grille. 2. Récupération des escarbilles dans les cendres par lavage.	Pyromètre pour évaluer la température.
	Suite	1. Température élevée au foyer. 2. Emploi de charbon maigre.	Peser le charb. pour estimer la consom. pour l'allumage.
	Allumage	La marche à feu couvert peut être avantageuse.	Peser le charbon, mesurer l'eau et estimer la consommation par kilogramme d'eau vaporisée.
	Conduite du feu	1. Prime au chauffeur. 2. Suppression du chauffeur par l'emploi de foyers mécaniques.	Hygromètres.
	Humidité dans l'air	Pas de remède pratique. 1. Régler le registre d'après les indicateurs de tirage.	Indicateurs de tirage.
	Excès d'air et insuffisance d'air	2. Emploi de régulateurs automatiques de tirage. 3. Impl. tirage forcé ou aspiré.	
	Refroidissement du foyer par l'air	1. Fermeture automatique du registre pendant le chargement. 2. Empl. des foyers mécaniques. 3. Chauffage de l'air par les chaleurs perdues.	Pyromètre pour évaluer la température dans le foyer.

<p>Pertes thermiques</p>	<p>Chaleur latente</p>	<p>Combustion incomplète des carbonés et des hydrocarbures.</p>	<p>1. Foyers mécaniques. 2. Température élevée. 3. Revêtements réfractaires au foyer.</p>	<p>Analyseurs de gaz appelés économétrés; indicateurs chimiques de l'état oxydant ou réducteur des gaz.</p>
<p>Chaleur latente</p>	<p>Fumée noire.</p>	<p>1. Température élevée au foyer. 2. Emploi de charbon maigre.</p>	<p>Indicateur de densité de la fumée.</p>	
<p>Chaleur latente</p>	<p>Radiation du massif de la chaudière.</p>	<p>1. Massif convenable. 2. Calorifuger les parties métalliques.</p>		
<p>Chaleur sensible</p>	<p>Chaleur emportée par les mâchefers au dégrassage.</p>	<p>Suppression du dégrassage avec certains foyers mécaniques.</p>		
<p>Chaleur sensible</p>	<p>Humidité dans les gaz de la combustion (1).</p>	<p>1. Ne pas mouiller les charbons. 2. Emploi de charbon maigre.</p>	<p>Essai de laboratoire sur une prise de gaz.</p>	
<p>Chaleur sensible</p>	<p>Chaleur emportée par les gaz de la combustion.</p>	<p>1. Chaudière à grande surface de chauffe. 2. Appareils récupérateurs et surchauffeurs.</p>	<p>Mesure de la température dans la cheminée.</p>	

(1) Cette humidité qui emporte une quantité de chaleur importante comprend : 1° l'humidité dans le charbon; 2° l'humidité dans l'air; 3° l'humidité produite par la combustion de l'hydrogène contenu dans les matières volatiles du charbon.

M. Izart a résumé, dans un tableau fort bien fait,

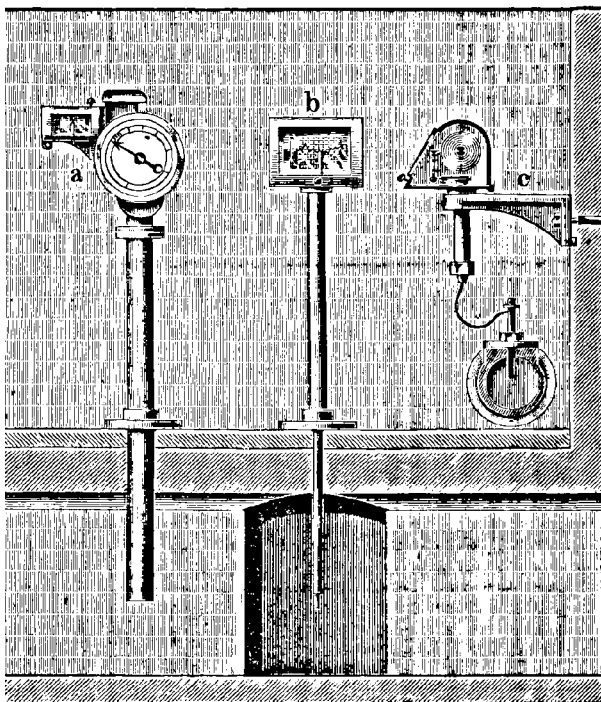


Fig. 2. — Enregistreurs de tirage et de température (M. Klepp).
a, Indicateur-enregistreur de tirage plongeant dans le carneau ;
b, Pyromètre-enregistreur plongeant dans le carneau ; *c*, Pyromètre-enregistreur relié par un tube flexible avec une conduite de vapeur surchauffée.

les pertes de chaleur, leurs causes et leurs re-

mèdes. Nous le reproduisons tel quel (p. 36 et 37), en faisant remarquer à nos lecteurs que le rôle attribué par cet auteur à l'humidité du combustible nous paraît quelque peu exagéré.

CHAPITRE III

CONTRÔLE DES PERTES DE CHALEUR PAR L'ANALYSE DES GAZ DES CARNEAUX

12. Importance de l'analyse des gaz. — La combustion idéale irréalisable en pratique, serait sans excès d'air, c'est-à-dire que la quantité d'air alimentant le foyer étant exactement celle nécessaire pour la combustion complète du charbon, en transformant le carbone en acide carbonique et l'hydrogène en vapeur d'eau (§ 6). Dans ces conditions purement théoriques, il y aura une perte de chaleur réduite, représentée par les calories enlevées par les gaz de la cheminée dont le volume est égal au volume d'air théorique arrivé sur le foyer, et dont la température doit être supérieure à celle de la vapeur produite. Pratiquement, on ne saurait pas songer à éviter l'excès d'air, et l'on arrive à une combustion complète avec un excès d'air va-

riant de 50 à 100 % du volume théorique ; autrement, on s'exposerait à une combustion incomplète produisant à peine 30 % de la chaleur résultant d'une combustion complète.

Il s'agit donc, pour l'industriel, d'assurer la combustion complète de son charbon, avec le plus petit excès d'air possible. L'analyse des gaz de la cheminée montrera jusqu'à quel point cette condition est atteinte. La présence d'oxyde de carbone indiquera toujours une combustion incomplète, et la teneur des gaz en acide carbonique permettra de calculer l'excès d'air. Avec le volume d'air théorique et une combustion complète, on devra trouver, dans les gaz de la cheminée, une teneur en acide carbonique égale à celle de l'air en oxygène, soit 21 %, impossible à atteindre, l'excès d'air étant indispensable, et l'on peut considérer 16 % de CO^2 comme un maximum. La présence d'une certaine dose d'oxyde de carbone alors que la teneur en acide carbonique n'est pas exagérée, est un fait rare qui indique un délayage ultérieur de gaz par l'air infiltré par les fissures de la maçonnerie, la prise des gaz ayant été pratiquée dans les carreaux en amont du registre de la cheminée.

Connaissant la teneur en acide carbonique

des gaz de combustion, et partant, l'excès d'air exprimé proportionnellement au volume théorique, et connaissant, d'autre part, la température moyenne des gaz, par rapport à la température de l'air alimentant le foyer, le calcul des pertes de chaleur par ces gaz se fait à l'aide de la formule de Siegert :

$$P = \frac{0,66 (T - t)}{CO^2}$$

dans laquelle P = perte de chaleur pour cent des calories contenues dans le charbon ; T = température des gaz de la cheminée ; t = température de l'air ambiant et CO², la teneur volumétrique du gaz en acide carbonique.

Le tableau des p. 44 et 45 calculé par M. Beckert dans son livre sur le chauffage (en allemand, Berlin, Springer, 1898) permet de trouver immédiatement les résultats, les colonnes horizontales indiquant les températures des gaz par 100 degrés, avec indication des différences par 10 degrés.

Soit, par exemple, 10 % d'acide carbonique comme teneur moyenne des gaz de combustion, dont la température moyenne est de 350° C. Pour 10 % CO², l'excès d'air est de 110, c'est-

à-dire que le volume d'air employé est 2,10 fois plus grand que le volume théorique. Pour 300°, nous trouvons une perte de chaleur de 22,9 ‰, avec 0,8 pour 10° C., soit $22,9 + (0,8 \times 5) = 26,9$ ‰.

Donc, pour calculer la perte de chaleur par les gaz de la cheminée, il est nécessaire de connaître la température moyenne de ces gaz et d'en effectuer le dosage de l'acide carbonique, avec un appareil Orsat ou similaire, ce qui est une opération facile. Évidemment, il faut faire l'essai sur un échantillon moyen de gaz prélevé à l'aide de l'appareil *Ridder* (fig. 9, p. 57), sorte de cloche emmagasinant le gaz pendant un temps déterminé, réglée par un contrepoids. La température du gaz doit être observée fréquemment, le mieux avec un pyromètre enregistreur (fig. 2) dont il existe des modèles variés.

13. Pyromètres électriques. — Les pyromètres basés sur la variation de la résistance d'un courant électrique avec la température, notamment celui de C. W. Siemens, de Londres, n'ont pas donné le degré de précision voulu, parce que le fil de platine exposé à la chaleur n'offre pas la même résistance au bout d'un certain temps de chauffage.

Les propriétés thermo-électriques forment une

TABLE DES PERTES DE CHALEUR

Acide carbonique p. $\%$		1	2	3	4	5	6	7	8
Température théorique de la combustion (C.)		139	272	399	520	635	745	850	950
Excès d'air p. $\%$		2000	950	600	425	320	250	200	165
<i>Température des gaz sortants</i>		<i>Pertes de</i>							
Diff.	100°	72,0	36,0	24,0	18,0	14,5	12,1	10,4	9,1
Diff.	10°	7,0	3,7	2,4	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0
Diff.	200°	—	72,9	48,3	36,7	29,5	24,6	21,2	18,6
Diff.	10°	—	3,9	2,8	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0
Diff.	300°	—	—	74,2	55,3	44,9	37,6	32,4	28,4
Diff.	10°	—	—	2,6	2,0	1,6	1,3	1,2	1,0
Diff.	400°	—	—	100,0	75,6	60,8	50,9	43,9	38,5
Diff.	10°	—	—	—	2,0	1,6	1,4	1,2	1,1
Diff.	500°	—	—	—	95,8	77,1	64,6	55,3	48,9
Diff.	10°	—	—	—	2,1	1,7	1,4	1,2	1,1
Diff.	600°	—	—	—	—	93,9	78,7	68,2	59,7
Diff.	10°	—	—	—	—	1,7	1,5	1,3	1,1
Diff.	700°	—	—	—	—	—	93,2	81,2	70,8
Diff.	10°	—	—	—	—	—	1,5	1,3	1,1
Diff.	800°	—	—	—	—	—	—	94,2	82,2
Diff.	10°	—	—	—	—	—	—	1,2	1,2
Diff.	900°	—	—	—	—	—	—	—	93,9
Diff.	10°	—	—	—	—	—	—	—	1,2
Diff.	1000°	—	—	—	—	—	—	—	—
Diff.	10°	—	—	—	—	—	—	—	—
Diff.	1100°	—	—	—	—	—	—	—	—
Diff.	10°	—	—	—	—	—	—	—	—
Diff.	1200°	—	—	—	—	—	—	—	—

PERTES DANS LES GAZ DE LA CHEMINÉE 45

DANS LES GAZ DE LA CHEMINÉE

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1045	1136	1223	1306	1385	1460	1531	1599	1664	1726	1785	1841	1895
133,33	110	91	75	62,5	50	40	31,25	23,53	16,67	10,5	5	0

chaleur p. % du pouvoir calorifique

8,2	7,4	6,7	6,2	5,7	5,3	4,9	4,7	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6
0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
16,6	15,0	13,7	12,6	11,7	10,9	10,2	9,6	9,1	8,6	8,2	7,8	7,4
0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
25,3	22,9	20,9	19,3	17,7	16,6	15,6	14,7	13,9	13,2	12,6	12,0	11,4
0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
34,3	31,1	28,4	26,2	24,3	22,7	21,3	20,0	18,9	18,0	17,1	16,3	15,6
1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
43,8	39,0	36,2	33,4	31,0	28,9	27,1	25,5	24,2	22,9	21,9	20,9	20,0
1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
53,4	48,2	44,2	40,8	37,9	35,3	33,2	31,3	29,6	28,1	26,8	25,6	24,5
1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
63,3	57,4	52,5	48,4	45,0	42,0	39,5	37,2	35,2	33,5	31,9	30,5	29,2
1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
73,6	66,7	61,0	56,3	52,3	48,9	46,0	43,4	41,1	39,1	37,3	35,6	34,1
1,1	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
84,1	76,2	69,8	64,4	59,9	56,0	52,7	49,7	47,1	44,8	42,8	41,0	39,2
1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
94,9	86,1	78,8	72,8	67,8	63,4	59,6	56,3	53,4	50,8	48,5	46,6	44,5
1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
--	95,2	88,2	81,3	75,8	71,0	66,8	63,1	59,8	57,1	54,4	52,0	49,9
	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
	—	97,9	90,3	84,1	78,8	74,1	70,1	66,5	63,3	60,5	57,9	55,6

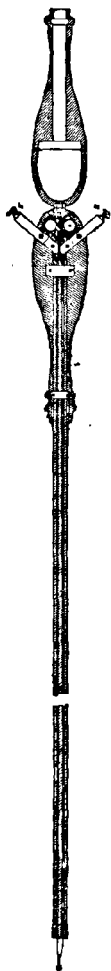


Fig. 3. — Couple thermo-électrique.

meilleure base pour la mesure de hautes températures. Après quelques tentatives infructueuses faites par plusieurs savants, une solution élégante du problème fut réalisée en 1901 par M. Le Chatelier, dont le pyromètre thermo-électrique permet la mesure de très hautes températures de hauts fourneaux, etc., comme aussi de très basses températures réalisées artificiellement.

Couple thermo-électrique de M. Le Chatelier ⁽¹⁾. — La partie essentielle du pyromètre électrique Le Chatelier consiste dans un couple thermo-électrique (fig. 3) composé de deux fils de 0^{mm},6 de diamètre et de 1^m,5 de longueur, dont l'un est en *platine pur* et l'autre en *platine rhodié*, à 10 %. La jonction des fils est réalisée par une torsade dont l'extrémité est soudée à la

(1) Le pyromètre électrique Le Chatelier est construit par M. Pellin, Paris.

soudure autogène obtenue par la fusion du platine au moyen du chalumeau oxydrique. Ce point de fusion permet de régler la marche de l'aiguille du galvanomètre et de déterminer le point de l'échelle correspondant à 1780° C.

Les fils du couple, sur toute la longueur, sont isolés par des cylindres en terre réfractaire, percés parallèlement, dans le sens de la longueur, de deux trous de 1 millimètre, à travers lesquels on fait passer les fils; ces cylindres sont renfermés dans une canne en nickel; la soudure, dépasse les isolants et la canne en nickel qui les contient de 5 centimètres environ; de petits tubes en porcelaine servent à protéger cette soudure.

L'autre extrémité de la canne en nickel porte une poignée en bois sur laquelle se trouvent, extérieurement, les bornes de prise de courant et, intérieurement, deux pinces qui limitent la longueur du couple ainsi que deux poulies sur chacune desquelles est enroulée une longueur supplémentaire de fils de couple, ce qui permet d'en faire sortir une nouvelle quantité en cas d'avarie de la soudure.

Lorsque le couple thermo-électrique doit être placé à demeure dans un courant d'air chaud, on le dispose de la manière suivante :

La soudure, les fils du couple isolés par une torsade d'amiante sont placés dans un tube en nickel, fermé à une de ses extrémités de manière à éviter toute action oxydante ou réductrice ; ce tube porte, à une distance convenable, du côté de l'extrémité ouverte, une bague en fer qui est maintenue dans un presse-étoupe qu'on peut fileter extérieurement et fixer sur la tubulure filetée de la conduite d'air chaud.

Les extrémités du couple constituant les pôles sont réunies à deux bornes mises en communication avec un câble aux bornes d'un galvanomètre dont l'échelle indique les températures allant de 0 à 1 600° C.

Les pyromètres destinés aux carneaux des générateurs à vapeur indiquent les températures de 0 à 800° C. Le couple thermo-électrique platine-platine rhodié est remplacé par le couple fer-constantan (alliage en parties égales de cuivre et nickel) qui possède les mêmes propriétés mais coûte moins cher. Le galvanomètre porte une échelle plus courte.

Galvanomètre pyrométrique enregistreur de M. Le Chatelier. — L'appareil enregistreur est représenté par la fig. 4. Le bâti en aluminium repose sur un socle porté par trois vis calantes V, V', V'' qui assurent le réglage de l'appareil.

Sous la partie supérieure B de l'appareil, se trouve suspendu et parfaitement équilibré un

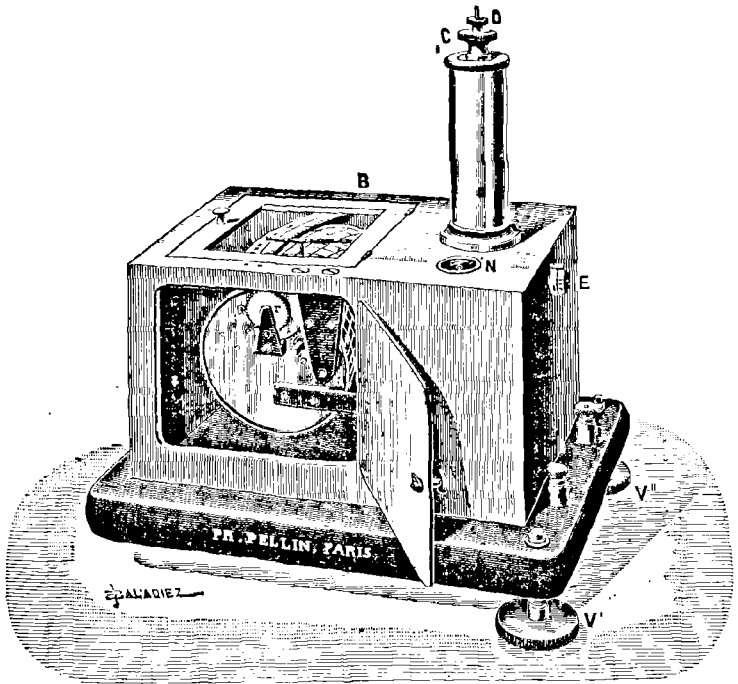


Fig. 4. — Galvanomètre enregistreur.

mouvement d'horlogerie à échappement à ancre portant un tambour en aluminium qui reçoit la

D. SIDANSKY — Consommation des Chaudières à vapeur 4

feuille de papier pour l'enregistrement, ce tambour fait un tour complet en 26 heures et son mouvement d'horlogerie se remonte tous les quinze jours.

Une came r , actionnée par le mouvement d'horlogerie, met en contact, pendant 20 à 25 secondes, le tambour avec l'encrier porté par l'aiguille du galvanomètre, puis s'en éloigne rapidement et sans secousse en raison même de son équilibre. Ce contact a lieu toutes les deux minutes et la figure inscrite sur le papier est une série de points.

L'enregistrement est régulier, sans vibrations au moment et après le contact, et l'appareil est d'un maniement facile. Le réglage de la hauteur de l'aiguille et, par conséquent, le réglage du contact de l'encrier au tambour (du stylet à la bande d'enregistrement) se fait à l'aide de la tête de torsion CD supportant tout l'équipage de la bobine; la hauteur de la suspension, réglée une fois pour toutes par le constructeur à l'aide du bouton D, protégé par un capuchon vissé dans le bouton C (non visible sur la figure), ne doit jamais être touchée qu'en cas de rupture de la suspension; le bouton D a pour mission de monter ou de descendre la bobine et son aiguille portées par la suspension; le bou-

ton C ramène tout l'équipage au zéro. On réglera donc le contact par le bouton D et le zéro de l'appareil par le bouton C si l'on a eu à changer la suspension.

L'aiguille fixée à la partie supérieure du cadre se meut sur une échelle divisée de 0 à 800° ou de 0 à 1800° pour la course totale de l'échelle suivant que l'on emploie un couple fer-constantan (0-800) ou platine-platine-rhodié (0-1800).

14. Tirage de la cheminée. — Les appareils employés pour mesurer le tirage de la cheminée sont nombreux. Le plus simple (*fig. 5*) consiste en un tube de verre courbé en forme d'U dans lequel on met un peu d'eau. L'une des

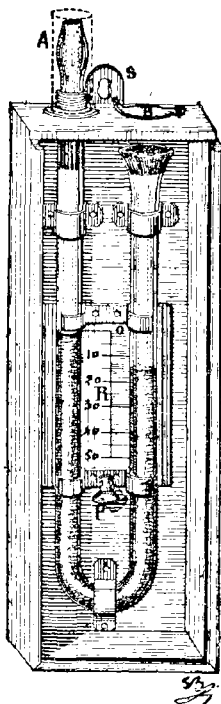


Fig. 5. — Indicateur de tirage.

branches étant en communication avec le carneau où règne la dépression à mesurer, l'autre avec l'atmosphère. Il s'établit dans les deux branches une différence de niveau d'eau qui donne, en millimètres, l'indication cherchée. On complète cet appareil en le logeant dans une petite boîte fermant par un couvercle à glissière, et suspendue verticalement par l'attache S. L'une des branches A sortant de la boîte est protégée par une coiffe en cuivre, qu'on retire pour faire la jonction au carneau. On verse l'eau dans l'autre branche par l'orifice B. Enfin, pour éviter de régler fréquemment le volume d'eau, une échelle mobile R, graduée en millimètres, se déplace entre les deux branches de l'U. On place le zéro en face du niveau supérieur, et on lit sur l'échelle en face du niveau inférieur.

M. Scheurer-Kestner a préconisé un indicateur spécial, également à eau, composé d'une boîte rectangulaire (*fig. 6*), en communication avec la cheminée. Cette boîte est remplie d'eau colorée jusqu'à une certaine hauteur, indiquée extérieurement par un tube à niveau incliné, derrière lequel est placée une échelle graduée. La dépression produite dans la boîte par le tirage de la cheminée y modifie le niveau d'eau qu'on observe sur l'échelle extérieure.

La plupart des appareils à eau ont le défaut de ne pas se lire à distance et d'exiger le réglage

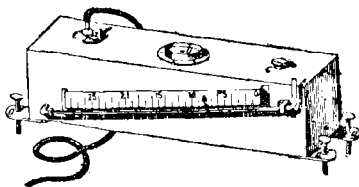


Fig. 6. — Appareil Scheurer-Kestner.

fréquent du volume d'eau. Aussi leur préfère-t-on l'appareil Hudler (fig. 7 et 8), sans liquide ni

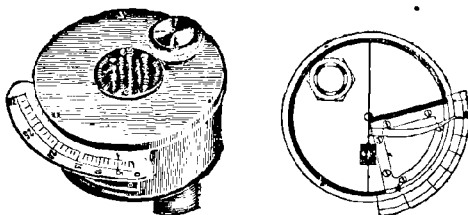


Fig. 7 et 8. — Appareil Hudler.

ressort, facile à poser et à nettoyer, ne se détraquant jamais ; de plus, il est lisible à distance.

On le place en vue du chauffeur manœuvrant le registre. Il est relié à un point quelconque du carneau, par un tube en fer de 20 millimètres.

On préférera un point éloigné du foyer, car la dépression y est plus forte; mais proportionnelle à celle du foyer.

C'est une boîte cylindrique renfermant un papillon diamétral mobile sur son centre, et qu'un contrepoids réglé, fixé dans le bas, tend à maintenir vertical. Il partage donc la boîte en deux compartiments. Celui de gauche est traversé par un tube en laiton perforé qui se visse, par le filet arrière, sur le conduit au carneau, et se serre par le bouton molleté avant. Il y règne donc la dépression du carneau. Celui de droite est ouvert à l'atmosphère par sa moitié inférieure seulement. Alors la suppression de l'air pousse le bas du papillon d'un certain angle, jusqu'à ce que le contrepoids le tienne en équilibre. Or, une aiguille solidaire du papillon reproduit, sur un cadran, le déplacement du papillon et indique en millimètres d'eau la dépression dans les carneaux (1).

(1) *L'indicateur Hudler* est en vente chez M. Klepp à Paris.

CHAPITRE IV

ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSE DES GAZ

15. Prise d'échantillon. — La prise d'échantillon des gaz des carneaux doit être effectuée en avant du registre, afin d'éviter le délayage par l'air qui s'infiltré dans le registre. Les gaz étant aspirés par la cheminée, il faut, pour en prendre un échantillon, les aspirer plus fortement au moyen d'une pompe ou d'un appareil approprié.

L'aspirateur le plus simple est composé de deux bouteilles de 5 litres de capacité chacune, reliées ensemble, dans leurs parties inférieures, au moyen d'un tube de caoutchouc adapté aux tubulures latérales. L'une des deux bouteilles étant remplie d'eau, on la met en communication avec le tube descendant dans les carneaux, au niveau du registre, en la plaçant sur une table, pendant que la bouteille vide est placée

plus bas, par terre par exemple. L'eau descend de la première bouteille dans la seconde, en aspirant les gaz qui remplissent alors la première bouteille.

Il faut s'arranger de manière que le tube qui est plongé dans les carneaux soit bien jointé dans la maçonnerie, et que son extrémité soit coupée en biseau, l'ouverture dirigée vers l'arrivée des gaz.

Pour avoir un échantillon moyen des gaz pendant un temps donné, il faut faire marcher l'aspirateur par interruption, à intervalles réguliers.

16. Appareil Ridder. — *L'échantillonneur de gaz, système Ridder (fig. 9)*, consiste essentiellement en un gazomètre qui aspire et emmagasine automatiquement les gaz de la combustion de chaque foyer auquel on l'adapte; il peut fonctionner pendant 12 heures consécutives et emmagasiner d'une façon continue une partie du gaz au fur et à mesure de sa production, constituant ainsi un échantillon moyen du gaz produit. A la fin de la journée, au relèvement de chaque poste d'ouvriers, ou à un moment quelconque, on effectue l'analyse de cet échantillon moyen.

L'échantillonneur se compose essentiellement

d'une cloche cylindrique C plongeant dans une cuve à eau A et fonctionne comme un véritable gazomètre. La cloche est suspendue à une

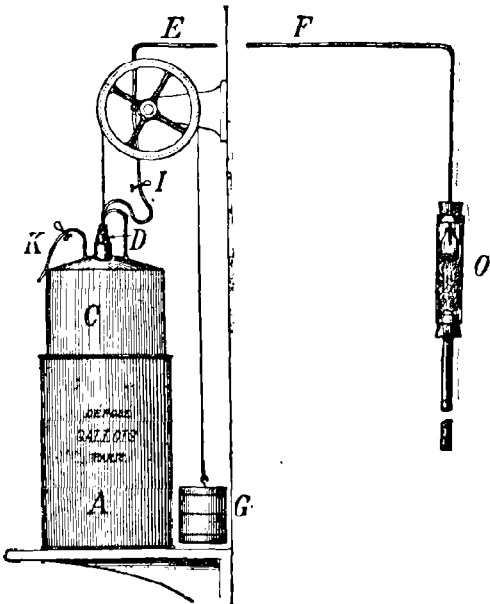


Fig. 9. — Appareil Ridder.

corde qui s'enroule autour d'une poulie et porte, à son extrémité opposée, des contrepois varia-

bles G, suivant le temps que doit durer l'échantillonnage.

La communication entre l'intérieur de la cloche et la portion de carneau où se trouve le registre est établie au moyen d'un tube en cuivre de faible diamètre F, et pour que les gaz aspirés n'apportent avec eux ni poussière, ni suie, ni humidité, ils passent d'abord dans un manchon O contenant un tampon en charpie de verre ou d'amiante et un flacon dessiccateur de chlorure de calcium (c'est une véritable filtration qui s'effectue). Avant d'entrer dans la cloche, ils traversent un petit flacon à eau D reposant sur la cloche elle-même et y déterminent un barbotage qui prouve que l'appareil fonctionne.

Pour que leur composition ne se modifie pas, par voie de dissolution, au contact de l'eau de la cuve, il y a, à la surface de celle-ci, un disque métallique creux dont le diamètre est presque égal à celui de la cloche elle-même, et qui réduit au minimum la surface de contact entre l'eau et les gaz.

Si on veut remplir la cloche en deux heures, ou huit heures, ou douze heures, on fait usage du contrepoids qui la soulève en deux heures, huit heures, douze heures.

Il ne reste plus alors qu'à analyser les gaz échantillonnés. A cet effet, on enlève les contre-poids de l'extrémité de la corde et on fait communiquer, au moyen d'un tube de caoutchouc K qui se fixe sur une tubulure spéciale que porte la cloche, l'intérieur de celle-ci avec une éprouvette à gaz ordinaire de 100 centimètres cubes, ou bien avec un appareil d'Orsat. La cloche en s'abaissant détermine un refoulement⁽¹⁾.

17. Dosage de l'acide carbonique. — Le gaz carbonique se combine avec de la soude pour former du carbonate de soude qui est un sel soluble. Si l'on fait passer un volume mesuré des gaz à essayer, 100 centimètres cubes par exemple, par un récipient rempli d'une lessive de soude ou de potasse, tout l'acide carbonique sera promptement absorbé et son volume gazeux disparaîtra.

Les appareils basés sur ce principe sont nombreux. Nous n'en décrivons que les plus usités.

Appareil Orsat perfectionné. — L'appareil Orsat est trop connu pour que nous ayons besoin de le décrire. La *fig. 10* représente cet appareil perfectionné par *Fuchs-Schultze*.

(1) L'appareil Ridder est en vente chez M. Ed. Gallois à Paris.

Description. — Le mesureur de gaz *a*, a un volume de 100 centimètres cubes. La division

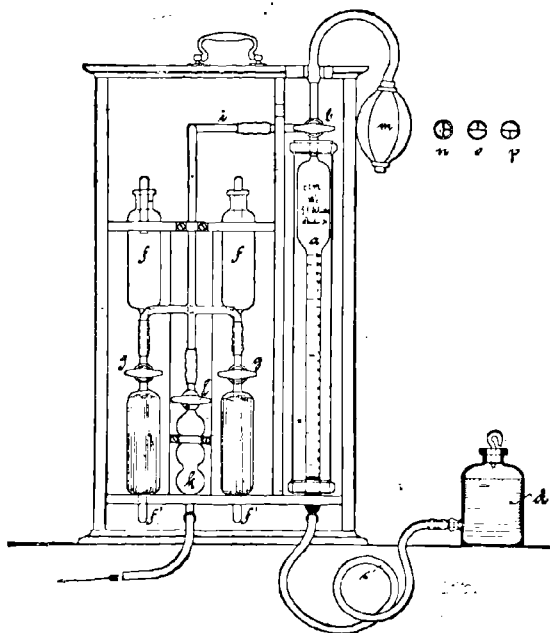


Fig. 10. — Appareil Orsat perfectionné, système Fuchs-Schultz.

100 se trouve sur la partie capillaire placée au-dessous du robinet *b* qui est un robinet à trois

voies. Au-dessous du point zéro, la burette est disposée pour recevoir un tuyau de caoutchouc *c* qui la relie au flacon *d* contenant l'eau acidulée.

Les laboratoires *f* comprennent chacun deux récipients superposés, réunis l'un à l'autre par un tube *f'*.

Le récipient inférieur peut être fermé par le robinet *s* qui porte, sur le côté opposé à sa racine, une courte partie capillaire sur laquelle se branche un bout de caoutchouc.

Le tuyau capillaire à robinets des anciens appareils se trouve ainsi supprimé.

Le mesureur *a* est réuni aux laboratoires d'absorption *f* par le tube *i*. Ce dernier peut être mis en communication par un filtre à ouate *k* et un robinet *l* avec la conduite des gaz.

L'aspiration des gaz se fait par la poire *m*. Les laboratoires *f* sont reliés entre eux et reliés au robinet à trois voies *b* au moyen de tuyaux en caoutchouc.

Au-dessus des laboratoires *f* se trouve un espace suffisamment grand pour y placer le flacon *d* quand on transporte l'appareil, ou quand on ne s'en sert pas.

On fait les déterminations comme à l'ordinaire, c'est-à-dire qu'on absorbe l'acide carbonique au moyen d'une pastille de potasse,

l'oxygène au moyen de potasse et d'acide pyrogallique, l'oxyde de carbone au moyen d'une solution de chlorure cuivreux ou d'une solution de protochlorure de cuivre ammoniacal.

Le gaz qui reste est de l'azote.

La solution alcaline d'acide pyrogallique se prépare en dissolvant 27 grammes d'acide pyrogallique dans 60 centimètres cubes d'eau chaude. Après filtration et refroidissement du filtrat, on lui mélange 105 centimètres cubes d'une solution de potasse caustique de 1,26 à 1,28 de densité.

La solution de chlorure cuivreux s'obtient en faisant agir sur 53 grammes de chlorure cuivreux et 75 grammes de rognures de cuivre, 300 centimètres cubes d'acide chlorhydrique et en laissant le tout en contact pendant un jour en flacon fermé et sous agitation fréquente. La solution obtenue est diluée avec 150 centimètres cubes d'eau. Il faut la conserver en flacons bien bouchés.

Quant à la solution de protochlorure de cuivre ammoniacal, on la prépare en mettant en contact des rognures de cuivre avec 75 $\frac{0}{10}$ de leur poids d'une solution de chlorhydrate d'ammoniaque et 25 $\frac{0}{10}$ d'ammoniaque.

Pour absorber l'oxygène, on se sert égale-

ment des morceaux de phosphore placés sous l'eau et protégés contre l'influence de la lumière (1).

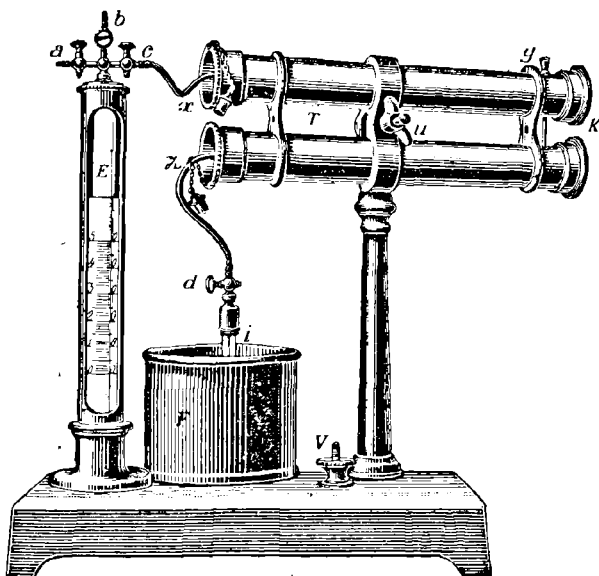


Fig. 11. — Analyseur de gaz système Baillet.

13. Analyseur rapide système Baillet.—
L'appareil de M. Baillet (fig. 11) est une modifi-

(1) Cet appareil est en vente chez M. Émile Degrémont, au Cateau.

cation de l'appareil Orsat. Il comprend une poche avec compresseur à vis, un tube mesureur E, une cloche où se rend l'excès de gaz sortant des tubes à réactifs, ces derniers étant disposés pour absorber chacun un gaz déterminé : CO_2 , O et CO.

L'opération, qui est très rapide, comprend :

1° le mesurage de 100 centimètres cubes de gaz ;

2° l'absorption effectuée en refoulant, à l'aide de la poche, le gaz à essayer dans un tube renfermant un réactif approprié ;

3° le mesurage du volume gazeux restant et, par différence, la partie absorbée.

Les réactifs employés sont identiques à ceux de l'appareil Orsat.

19. Burette à gaz Hempel. — Cet appareil se compose (*fig. 12*) de deux burettes *a* et *b*, reliées à leur partie inférieure par un tuyau de caoutchouc *t* et d'autant de pipettes P que l'on veut doser de gaz différents, soit une pipette pour l'acide carbonique, une pipette pour le pyrogallate de potasse et le dosage de l'oxygène, une pipette de protochlorure de cuivre ammoniacal pour l'absorption et le dosage de l'oxyde de carbone.

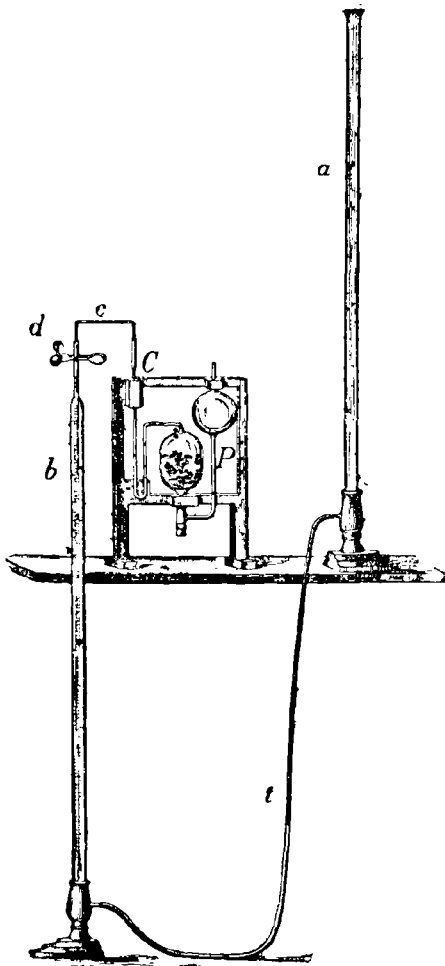


Fig. 12. — Burette à gaz Hempel.

D. SIDERSKY — Consommation des Chaudières à vapeur 5

Manipulation. — Les deux burettes *a* et *b* d'une contenance de 100 cc. chacune, sont, l'une ouverte à sa partie supérieure, l'autre surmontée d'un tube capillaire *c*, muni d'une pince *d*.

On les remplit d'eau à moitié et en élevant *a* au-dessus de *b*, on fait passer l'eau de la première dans la seconde jusqu'à ce que l'eau commence à s'écouler par le tube capillaire.

A ce moment, on relie le tube *c* de la burette, au tube *K* de la cloche de Ridder et en abaissant la burette *a*, on détermine le remplissage complet de *b*, avec le gaz à analyser. Cela fait, on ferme la pince *d* et on coupe la communication *cK*, puis plaçant les deux burettes l'une près de l'autre, en utilisant la pression *a*, on amène le niveau de l'eau dans *b* au zéro de la graduation. On pince le tuyau *t* et on ouvre *d*, l'excès de gaz comprimé s'échappe et il reste dans la burette *b* un volume exact de 100 cc., à la pression atmosphérique du gaz à analyser. On relie alors *b* au tube *c* de la pipette contenant la liqueur correspondante au dosage à effectuer. On fait passer à travers la pipette tout le gaz de la burette *b* en soulevant la burette *a*, et on ferme *d*. Au bout de 2 ou 3 minutes, on ouvre *d* et, en abaissant la burette *a*, on réaspire dans *b* tout le gaz que la liqueur de la pipette

n'a pas dissout et on ferme *d* ; puis, supprimant la communication de *c* avec la pipette, on juxtapose les deux burettes *a* et *b* de façon à faire correspondre le niveau supérieur des deux colonnes d'eau et on lit alors directement sur *b* le volume de gaz absorbé (1).

20. Carbonimètre Sidersky.— Cet appareil, représenté par la *fig.* 13, (p. 68) est employé dans les fabriques de sucre pour l'essai du gaz du four à chaux. Il peut servir également au dosage de l'acide carbonique dans les gaz des carneaux.

Le gaz à essayer arrive par le tuyau en caoutchouc *g* dans le tube en verre A, contenant 100 centimètres cubes entre les deux traits *o* et 100. Ce tube a été rempli d'eau préalablement et cette eau est chassée par le gaz et descend dans la bouteille à trois tubulures E. Quand le niveau de l'eau s'est abaissé en A jusqu'au trait O, on ferme le robinet *p* et l'on ouvre les robinets *r* et *s* de manière à ramener le gaz à la pression ordinaire. Puis, on ferme le robinet *s* et l'on fait remonter l'eau en A, en pressant la poire en caoutchouc F. Le gaz traverse alors les deux éprouvettes D et D' remplies en partie

(1) La burette Hempel est en vente chez M. Ed. Gallois à Paris.

d'une solution de potasse caustique, et il passe

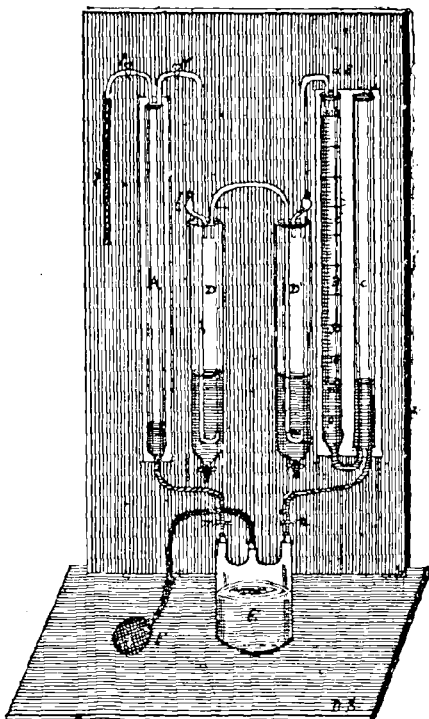


Fig. 13. — Carbonimètre Sidersky.

ensuite dans le tube B. Ce dernier est gradué

en 100 centimètres cubes, chaque division correspondant à un centimètre cube ; il communique avec un autre tube en verre C, non gradué. A mesure que le gaz privé d'acide carbonique entre dans le tube B, on fait descendre l'eau dans la bouteille E, de manière à faire coïncider les niveaux d'eau dans B et C. Lorsque l'eau est monté dans A jusqu'au trait de 100, c'est-à-dire qu'on a envoyé dans l'appareil 100 centimètres cubes du gaz à essayer, on lit, sur la graduation de B, le volume d'eau qui y est resté, correspondant au volume d'acide carbonique absorbé par la polasse contenue dans D et D'. Ces tubes sont disposés de façon à rendre facile leur remplissage et leur vidange (1).

(1) Le carbonimètre Sidersky est construit par M. Ed. Gallois à Paris.

CHAPITRE V

—

ANALYSEURS AUTOMATIQUES DES GAZ

21. Système des primes aux chauffeurs,
— Dans beaucoup de fabriques autrichiennes, on a adopté le *système des primes* qu'on accorde aux chauffeurs lorsque la teneur en CO^2 des gaz de la cheminée dépasse 10 ‰. L'analyse des gaz est alors effectuée automatiquement, d'une façon permanente, par l'un des appareils suivants :

a) Le *dasymètre Siebert et Dürr* (fig. 14) est formé d'une balance très fixe enfermée dans une cage en verre, à travers laquelle passent les gaz filtrés préalablement. A l'un des fléaux de la balance est suspendue une boule en verre contenant un volume connu d'air ; la boule est équilibrée dans l'air par un contrepoids. Lors du passage des gaz par la cage de la balance, la boule se déplace par suite de la densité

plus ou moins élevée des gaz, suivant leur teneur en CO^2 ; une aiguille partant de la boule indiquée, sur un cadran divisé fixe, la valeur correspondante cherchée.

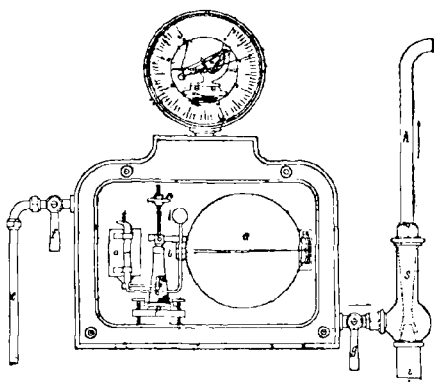


Fig. 14. — Dasymètre Siebert et Darré.

b) L'économètre *Arndt* (fig. 15, p. 72) est basé sur le même principe de la densité variable des gaz. Il est formé également d'une balance dont les deux fléaux portent des ballons en verre : l'un fermé, est rempli d'air, l'autre se remplit avec les gaz à essayer qui le traversent d'une façon permanente. L'aiguille de la balance s'arrête sur le chiffre donnant la teneur des gaz en CO^2 ,

c) La *balance à gaz de Lux* (fig. 16) est une variante des appareils précédents, affectant éga-

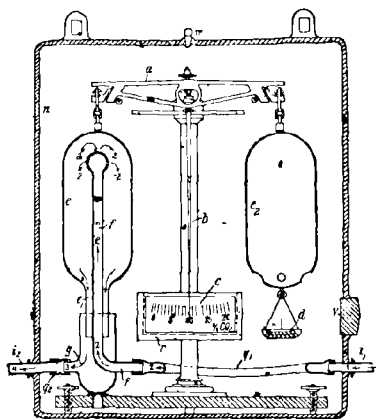


Fig. 15. — Écoanètré Arndt.

lement la forme d'une balance dont l'un des

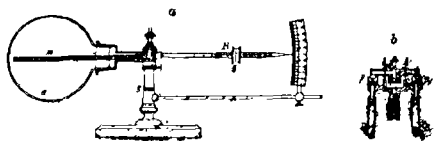


Fig. 16. — Balance à gaz de Lux.

fléau est chargé d'une boule qui est traversée par les gaz, pendant que l'autre fléau se termine

en aiguilles se déplaçant devant une échelle graduée.

22. Analyseur-enregistreur automatique, système Krell-Schultze. — Cet appareil indique la teneur en acide carbonique des gaz de la cheminée d'après leur densité par rapport à celle de l'air (*fig. 17*).

Fonctionnement. — Deux tubes égaux d'environ 1^m,75 de haut sont juxtaposés et réunis en bas par un liquide. L'un des tuyaux est parcouru par un courant de gaz de fumées, l'autre par de l'air atmosphérique, aspirés l'un et l'autre par un éjecteur fonctionnant par l'effet du tirage de la cheminée.

Les gaz étant plus lourds que l'air, en raison de leur teneur en CO², exercent sur le liquide une pression plus élevée et provoquent une dénivellation du liquide que

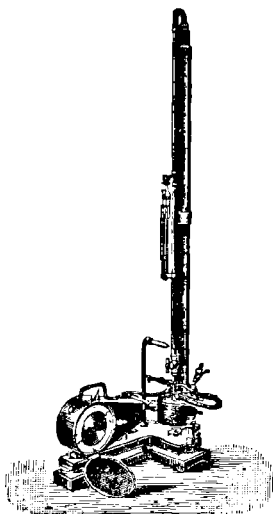


Fig. 17. — Analyseur automatique Krell-Schultze.

l'on mesure par un manomètre différentiel très précis placé à la partie inférieure, presque horizontalement, et muni d'une échelle divisée. L'appareil est gradué de telle façon qu'on lit directement sur cette échelle la teneur en CO^2 . En outre, l'image du liquide rendu opaque est projetée par une lampe à incandescence et une lentille sur un papier sensible qui est entraîné régulièrement par un mouvement d'horlogerie. On obtient ainsi un diagramme analogue à celui qui est représenté par la *fig.* 18, les zones blanches correspondant à la teneur en CO^2 aux différents instants de la journée.

M. Schultze a récemment apporté quelques perfectionnements à son appareil pour permettre la lecture à distance de ses observations (1).

23. Analyseur-enregistreur automatique Ados. — L'appareil Ados (2) est basé sur le principe suivant :

Un dispositif d'aspiration envoie à intervalles réguliers un volume de gaz déterminé dans une burette d'absorption où le volume disparu de l'acide carbonique est mesuré automa-

(1) En vente chez M. Émile Degrémont, constructeur au Calcau (Nord).

(2) En vente chez MM. Orenstein et Koppel, à Paris.

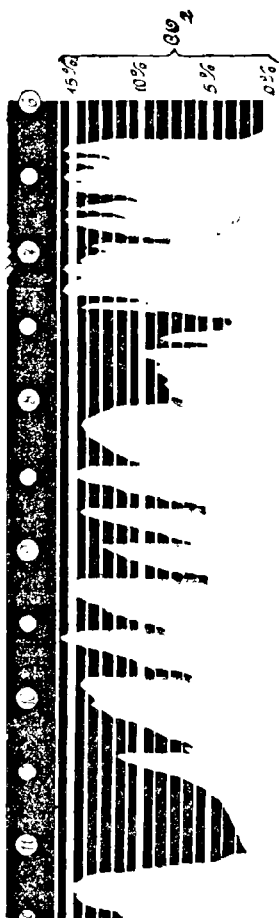


Fig. 18. — Diagramma Krell.

tiquement, la mesure est transmise, par l'intermédiaire d'un flotteur, à un stylet inscripteur qui trace, sur la feuille de l'enregistreur, un trait vertical d'une longueur proportionnelle à la te-

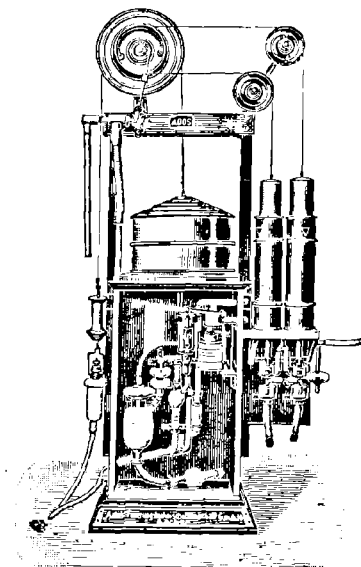


Fig. 19. — Appareil Ados (ancien modèle).

neur du gaz en acide carbonique. La manœuvre se répétant à intervalles fréquents et réguliers, il en résulte des diagrammes contrôlant la conduite de la chaufferie.

L'ancien modèle (*fig. 19*), fonctionnant à l'aide des pompes actionnées par le tirage même de la cheminée, est un système compliqué. Le nouveau modèle (*fig. 20*), plus simple, fonctionne à

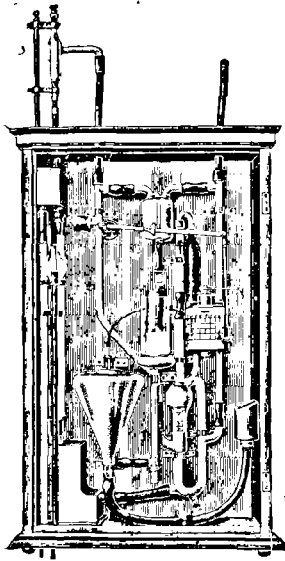
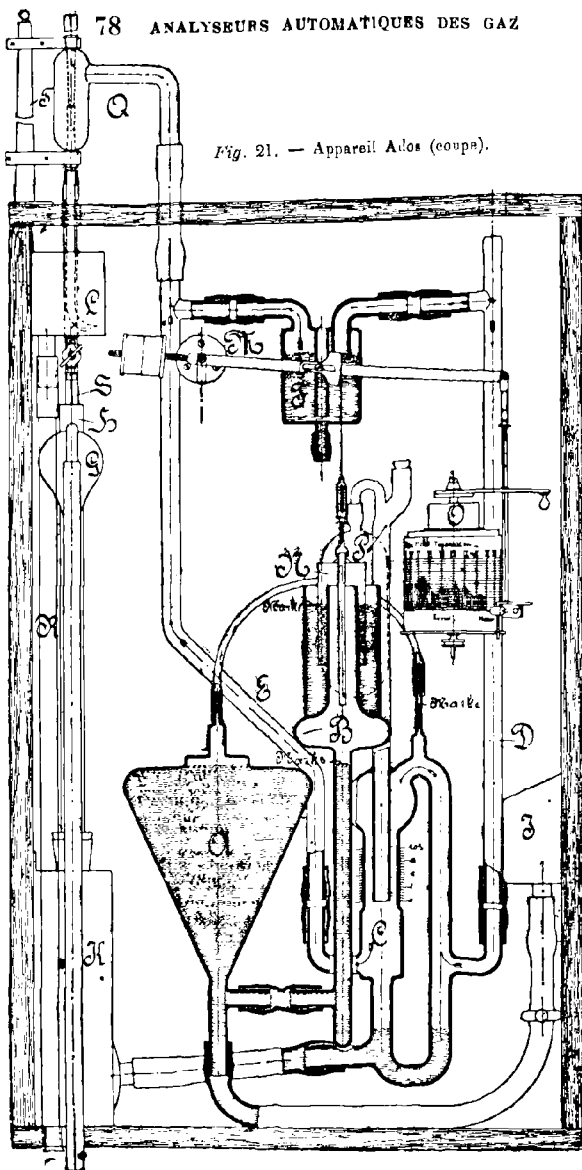


Fig. 20. — Appareil Ados (nouveau modèle).

l'aide d'un courant d'eau à faible débit. La *fig. 21* (p. 78) en donne une coupe.

L'injecteur Q aspire les gaz à travers le tube E, le récipient mesureur C et le tube D, ce der-

Fig. 21. — Appareil Ados (coupe).



nier étant en communication avec la tuyauterie venant des carneaux. Une partie de l'eau traversant l'injecteur Q passe dans le réservoir L et, par le petit robinet réglable, à travers le tube H dans le mécanisme hydraulique K. La glycérine qui se trouve à la partie inférieure de K est repoussée et remonte dans le récipient mesureur C, fermant ainsi la communication avec les raccords d'entrée et de sortie D et E.

Par le fait que la glycérine monte toujours dans le récipient mesureur C, les gaz y contenus sont comprimés, et si la pression atmosphérique est dépassée, une partie est *pressée* dans le ballon P. Au moment où le zéro du cylindre calibré est atteint dans le récipient mesureur, la communication avec P se ferme, l'orifice de communication avec P étant exactement au niveau du zéro, et les gaz en C qui, à ce moment, ont atteint exactement un volume de 100 centimètres cubes sont forcés, étant donné que la glycérine monte toujours davantage, de passer à travers le tube capillaire et d'entrer en contact avec la potasse caustique contenue dans le vase d'absorption A.

La potasse caustique absorbe l'acide carbonique. Les gaz non absorbés font pression sur la potasse caustique, de sorte qu'elle remonte dans le vase

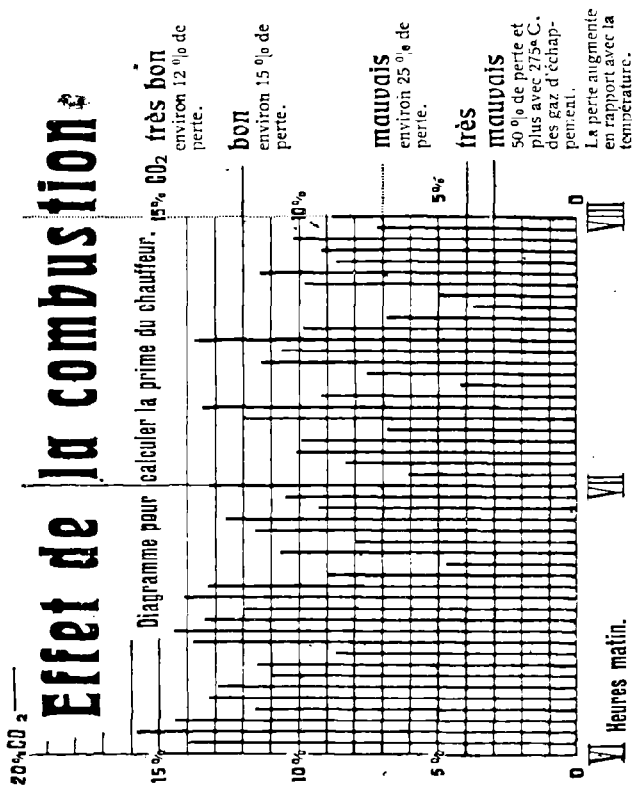


Fig. 22.

à cylindre plongeur B jusqu'à ce qu'elle bouche le tube étroit qui se trouve dans le cylindre plongeur, qui est lui-même suspendu au levier enregistreur. Si la potasse caustique remonte davantage, le cylindre plongeur subit un mouvement ascensionnel par l'air qui se trouve renfermé en dessous et cela d'autant plus que la potasse caustique monte plus haut. Il est évident que la potasse caustique montera d'autant plus haut qu'il y a moins d'acide carbonique absorbé par elle.

Comme le cylindre plongeur qui se trouve en mouvement ascensionnel est fixé au levier enregistreur, la plume trace sur le papier fixé sur le tambour du mouvement d'horlogerie O, qui fait une rotation par 24 heures, de longs traits si la quantité d'acide carbonique contenue dans le gaz est minime ; plus la quantité d'acide carbonique est élevée, moins les traits sont longs. On obtient ainsi le diagramme représenté par la *fig. 22*.

Au moment où la glycérine est montée jusque dans le tube étroit se trouvant dans le récipient mesureur C (*fig. 21*, p. 78), l'eau a atteint le point le plus élevé du siphon G qui commence aussitôt à se mettre en fonctionnement, et, en vidant l'eau, permet à la glycérine de passer

du récipient mesureur C dans la chambre K.

Les gaz analysés rentrent du vase d'absorption dans le récipient mesureur C et sont aspirés par l'injecteur aussitôt que les communications avec C et E deviennent libres.

Pendant la fermeture du récipient mesureur C vers D et E, les gaz sont aspirés continuellement par l'injecteur Q qui les fait sortir par le vase de sûreté F.

La consommation d'eau est d'environ de 1 à 1,2 mètres cubes par 24 heures. Cependant, cette eau n'est pas perdue ; comme elle ne fait que traverser l'appareil, elle n'est pas altérée et peut être employée à nouveau.

La pression de l'eau au moment où elle entre dans l'injecteur, doit être de 5 mètres de colonne d'eau, soit $\frac{1}{2}$ atmosphère.

On peut donc se servir de l'eau venant d'un réservoir établi à une hauteur élevée, mais alors l'eau ne doit pas être chaude, elle doit avoir plutôt la température atmosphérique.

Entretien de l'appareil. — L'appareil doit être remis en état toutes les 24 heures.

Les soins quotidiens à apporter à l'entretien de l'appareil sont les suivants :

Après que l'eau a été aspirée de K par le siphon G, on ferme le petit robinet d'admission

au réservoir L ; ensuite, on change la bande du diagramme ; on remonte le mouvement d'horlogerie et on replace la plume à l'heure exacte ; on remplit la plume d'encre ; on enlève le bouchon du tuyau d'admission P ; on vérifie si la solution de potasse dans B arrive bien jusqu'à la marque, et, s'il y a lieu, on établit son niveau à cette marque, après avoir desserré la pince à tube, en élevant ou en abaissant le réservoir J ;

Ces opérations finies, on ouvre le robinet d'admission du réservoir, pour laisser fonctionner l'appareil pendant 24 heures.

CHAPITRE VI

CALCUL DES RENDEMENTS

24. Calcul des consommations.

a) Quantité de charbon brûlé par mètre carré de surface de grille et par heure. — Elle s'établit facilement, connaissant la surface des grilles et le poids de charbon brûlé.

Ce point mérite toute l'attention du chauffeur ; il faut que le charbon soit bien réparti sur la grille et y occupe une faible hauteur : 8 à 10^{cm} environ, ou, ce qui revient au même, il faut faire des chargements plus nombreux et moins abondants ; il faut enfin que la construction de la grille soit telle qu'elle divise l'air le mieux possible dans la couche de combustible (voir Chap. I^{er}, p. 12).

Les charbons très riches en matières volatiles sont surtout difficiles à bien utiliser ; au premier feu, ils se désagrègent rapidement en pous-

sières et en matières volatiles qui, si le tirage est très énergique, sont emportées dans les carneaux et souvent même dans la cheminée sans avoir pu donner aux chaudières tout ce qu'ils pouvaient donner. Avec les chaudières actuelles et les charbons qu'on emploie, on obtient un bon résultat industriel en brûlant 70 à 80 kilogrammes de charbon par mètre carré de surface de grille et par heure (soit environ $1^{\text{kg}},5$ à $1^{\text{kg}},7$ par mètre carré de surface de chauffe des générateurs). Nous savons que, dans beaucoup de fabriques, on va jusqu'à 110 et même 115 kilogrammes. Un excès dans ce sens se traduit tout de suite par une moins bonne utilisation du combustible.

b) Quantité d'eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe et par heure (ou puissance de vaporisation). — Elle se détermine par une simple division, connaissant la surface de chauffe et la quantité d'eau évaporée. Cette dernière se mesure, à son tour, soit à l'aide d'un compteur d'eau Schmid, soit à l'aide de deux bacs jaugeurs qu'on remplit et vide alternativement avec l'eau d'alimentation des générateurs.

La puissance de vaporisation est très variable, suivant la construction des chaudières, suivant

qu'on a affaire à la surface de chauffe directe ou à la surface indirecte, etc.

Pour les chaudières semi-tubulaires à deux bouilleurs, elle se tient autour de 15 kilogrammes.

En général, il faut éviter de forcer trop les générateurs en poussant trop les feux. Outre qu'on arrive à une combustion incomplète du charbon, on court le risque de produire de la vapeur chargée de gouttelettes liquides. Ces dernières emportent bien de la chaleur avec elles ; mais elles ne possèdent pas de force élastique et n'ont aucune puissance motrice. D'un autre côté, elles n'ont emmagasiné que de la chaleur d'échauffement et ne contiennent pas de chaleur latente de vaporisation. Elles ne peuvent donc abandonner pour les chauffages que ce qu'abandonnent les « retours » de la vapeur qui les a apportées.

M. Saillard indique que, dans beaucoup de sucreries, on a cédé au désir d'augmenter le travail journalier, sans s'être assuré, au préalable, qu'on avait une surface de chauffe suffisante. C'est ainsi qu'on a été amené à pousser les feux au delà des limites raisonnables. On obtient, dans ces conditions, des cendres et des mâche-fers qui sont très riches en charbon, de la va-

peur qui est chargée de gouttelettes d'eau et le tout se chiffre par une forte dépense de combustible.

c) *Quantité de vapeur produite par kilogramme de charbon (ou coefficient de vaporisation).* — Connaissant le volume et la température de l'eau envoyée aux générateurs ainsi que la quantité de charbon brûlée, on arrive au coefficient de vaporisation par un simple calcul.

On a l'habitude, pour avoir des résultats comparables, de calculer ce que serait ce coefficient si l'eau d'alimentation avait une température de 0° et la vapeur, une température de 100°.

Le calcul à faire est le suivant : supposons que 1 kilogramme de charbon ait donné 9^{kg},5 de vapeur à 150° avec de l'eau à 90°.

On a, d'après la formule de Regnault :

Chaleur totale de vaporisation	= 606,5 + 0.305 × 150 = 652
Calories apportées par kg. d'eau d'alimentation	= 90
Calories cédées par kilogramme de vapeur de chauffe.	562
Chaleur totale de vaporisation contenue dans la vapeur à 100°	= 636
D'où coefficient de vaporisation réel =	$\frac{9^{kg},5 \times 562}{636}$

Suivant la qualité du charbon employé, le

coefficient de vaporisation peut varier de 5 à 10 kilogrammes. Il se tient, le plus souvent, entre 7 et 8^{kg},5 pour les charbons ayant un pouvoir calorifique de 8 000 calories par kilogramme.

25. Poids du charbon consommé. — Le contrôle du poids de charbon peut s'effectuer d'une façon rudimentaire en comptant le nombre des brouettes ou des wagonnets entrés dans la chaufferie.

Lorsque cette dernière est reliée aux stocks de charbon par une voie ferrée, il suffit d'y intercaler un petit pont-basculé à tickets gravés en creux par pression. Le rouleur fait son poids, place le ticket où le poids s'inscrit en creux, puis introduit le dit ticket dans une boîte *ad hoc*, où au bout de la journée on les recueillera pour les totaliser.

Dans les grandes installations, on fait usage de la *basculé automatique*, qui débite, pèse et totalise, sans qu'on ait à s'en occuper.

26. Compteur d'eau système Schmid. — Cet appareil est représenté en coupe par la *fig. 23*. Il se compose essentiellement de deux cylindres à double effet (I et II) dans lesquels la distribution s'effectue pour chacun d'eux par le piston de l'autre cylindre. Ces pistons font tourner un arbre horizontal dont le nombre de

tours est compté par un totalisateur, lequel indique le volume d'eau qui a été débité. Cet appareil a obtenu en 1885 la *médaille d'or* de la *Société industrielle de Mulhouse*, à la suite de nombreux essais prolongés.

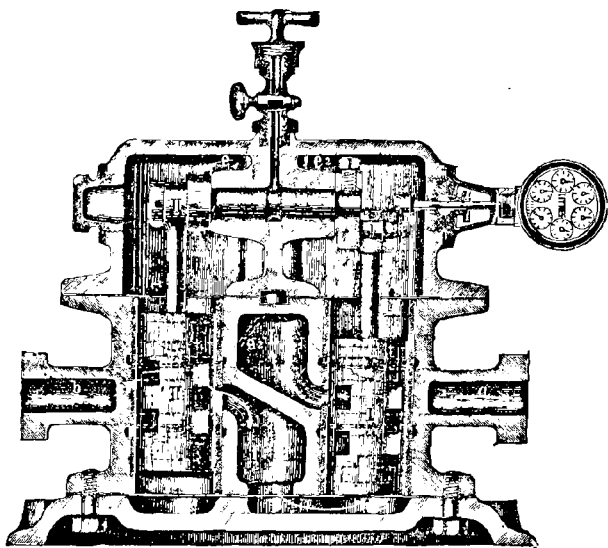


Fig. 23. — Compteur à eau système Schmid.

Les qualités essentielles de ce compteur sont, au point de vue pratique, la *construction robuste* et le peu de résistance offerte au passage

de l'eau et, au point de vue mécanique, la simplicité de sa construction, cet appareil n'ayant que cinq organes en mouvement : deux pistons, deux bielles et un arbre (1).

(1) Le compteur Schmid est construit par MM. d'Espine, Achard et C^{ie}, à Paris.

CHAPITRE VII

—

NORMES INTERNATIONALES

27. L'Association internationale pour la surveillance des chaudières à vapeur a, dans ses Congrès de Hambourg, Würzburg, Amsterdam, etc., établi une série de normes destinées à uniformiser les résultats d'essais de chaudières et machines à vapeur, afin d'en généraliser l'intérêt. Elle a établi des normes⁽¹⁾ particulières pour les essais de vaporisation, en spécifiant qu'on ne doit confier ces essais qu'aux personnes rompues à ce genre de travaux, et qu'il faut spécifier, dans chaque cas, le but poursuivi, l'essai complet n'étant effectué que dans des cas spéciaux.

(1) BOYSEN et MAASCH. — *Normen des Internationalen Verbandes der Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine*. Hambourg, 1902.

Nous allons donner un extrait des règles générales, définies par les *normes de Hambourg*, relatives aux *chaudières à vapeur*, en laissant de côté ce qui est en dehors de cette importante question.

RÈGLES GÉNÉRALES

28. Objet des essais. — L'essai d'une chaudière à vapeur aura pour but de déterminer :

a) la quantité de vapeur produite par heure et mètre carré de surface de chauffe ;

b) la quantité d'eau d'une température donnée vaporisée par un kilogramme d'un combustible désigné ;

c) le *rendement thermique*, c'est-à-dire la quantité de calories utilisées par la chaudière pour cent des calories développées par la combustion (rapport de la vapeur produite au pouvoir calorifique du combustible utilisé) ;

d) les diverses pertes de chaleur.

Remarque. — En cas de réchauffeurs et d'économiseurs, qui sont des dispositifs indépendants de la chaudière mais utilisant une partie de la chaleur produite par celle-ci, en déterminer séparément le rendement.

29. Nombre et durée des expériences.

Variations admissibles. — Le nombre et la durée des expériences dépendent du but poursuivi et doivent, en tenant compte des conditions de marche et d'installation, être effectuées suivant les règles qui suivent lorsqu'il s'agit d'essais particulièrement importants, soit, par exemple, pour accorder des primes aux chauffeurs.

Il faut procéder à des essais préliminaires lorsqu'il s'agit d'étudier en marche une installation nouvelle, examiner les dispositions spéciales et instruire les collaborateurs.

Les essais d'une certaine importance doivent toujours être effectués en double, l'un après l'autre, sans être interrompus par dérangement. Si les résultats des deux essais ne diffèrent entre eux que dans la mesure des erreurs d'observation, on en prendra les moyennes qu'on considérera comme formant le résultat définitif.

Pour la consommation de combustible, la durée de l'essai sera de 10 heures au minimum. Pour le rendement en vapeur produite, l'essai durera au moins 8 heures.

En cas d'une installation fonctionnant régulièrement, la durée de l'essai pourra être abrégée : 8 heures pour la consommation de combustible et 6 heures pour la production de vapeur.

Si la quantité de vapeur produite est déterminée par condensation de surface, la durée de l'essai peut être abrégée suivant les variations de marche.

Les durées indiquées se rapportent aux essais non interrompus par des dérangements.

Les essais ne doivent jamais être effectués au lendemain d'une installation de chaudière. Il faut laisser au fournisseur le temps nécessaire pour vérifier l'installation et pour y apporter des améliorations au besoin. Ce *petit délai* devra être stipulé, si possible, dans le contrat de livraison.

30. Poids et mesures pour les calculs. — Les températures seront exprimées en degrés centigrades.

Les *pressions* représentent l'excès de la pression produite sur celle de l'atmosphère.

Les *tensions* inférieures à celle de la pression atmosphérique sont exprimées en *vide* (vacuum) et représentent la différence entre la pression atmosphérique et les tensions observées, en partant du zéro.

L'unité de pression ou de vide est 1 kilogramme par centimètre carré, ou bien la pression barométrique normale.

La tension absolue de la vapeur est obtenue, soit en ajoutant, à la pression observée, celle

de l'atmosphère, soit en retranchant de la pression atmosphérique le vide observé.

Le tirage est exprimé en millimètres d'eau (différence de niveau).

La surface de chauffe d'une chaudière représente les parois métalliques léchées par les gaz de combustion, d'un côté et par l'eau, de l'autre côté. S'il y a d'autres parois transmettant la chaleur à la chaudière, et s'il faut en tenir compte, il convient d'en indiquer la surface léchée par les gaz de combustion.

Toutes les surfaces doivent être mesurées sur le côté exposé au feu.

Le pouvoir calorifique d'un combustible indiquera le nombre de calories d'un kilogramme de combustible brut, sans retranchement des cendres ni de l'humidité.

Dans le calcul, on supposera que tout l'hydrogène contenu dans le combustible est transformé en eau vaporisée, et que l'humidité du charbon est également convertie en vapeur.

Dans les essais de rendement par kilogramme de combustible et par mètre carré de surface, on calculera toujours en eau de 0° C. et en vapeur de 100° (637 calories).

31. Exécution des essais. — Il faut s'arranger de façon à trouver des situations identiques au début et à la fin des essais.

Pour les essais de production de vapeur, on aura soin de blinder le plus près possible de la chaudière, les tuyaux à vapeur ne servant pas aux essais.

ESSAIS DES CHAUDIÈRES A VAPEUR

On suivra les indications données plus haut pour déterminer la nature, le nombre et la durée des essais.

On indiquera en détail les conditions de construction et de marche de la chaudière, et l'on y joindra les dessins explicatifs. Pour les essais complets, on notera :

- a) la surface de chauffe ;
- b) les surfaces exposées aux gaz des réchauffeurs et des surchauffeurs ;
- c) les contenances des espaces occupées par l'eau et par la vapeur, celles des réchauffeurs de l'eau d'alimentation et des surchauffeurs de vapeur ;
- d) la surface de vaporisation ;

e) les surfaces totale et libre de grille, et l'on notera à part les dimensions des barreaux ;

f) la coupe des principaux carneaux ;

g) les diamètres moyens de tous les robinets d'arrêt utilisés aux essais.

h) la hauteur de la cheminée (au-dessus de la surface de la grille) et le diamètre de sa bouche ainsi que de sa partie la plus étroite.

Nettoyer la chaudière extérieurement et intérieurement avant de procéder aux essais et vérifier s'il n'y a pas de fuites.

Pour procéder aux essais, il est indispensable que la chaudière se trouve en fonctionnement normal, c'est-à-dire en marche depuis plusieurs jours avec le même combustible et dans les mêmes conditions que pendant la durée de l'essai.

Le niveau d'eau et la pression seront maintenus autant que possible à la même hauteur pendant toute la durée de l'essai, et on les notera de quart d'heure en quart d'heure. Dans le cas de surchauffeurs, on notera tous les quarts d'heure, les températures de gaz devant et derrière ces appareils et la température de la vapeur immédiatement derrière les surchauffeurs.

Remarque. — S'il devient impossible d'éviter, vers la fin de l'essai, les changements de niveau

d'eau ou de pression de vapeur, on en tiendra compte dans les calculs suivant les tensions observées au début et à la fin de l'essai.

Ces observations exigent des soins particuliers pour les chaudières multitubulaires dont le volume d'eau est faussé par les bulles de vapeur.

L'eau d'alimentation est pesée, ou mesurée, en tenant compte de la dilatation par la température. Pour les essais importants, on déterminera l'eau uniquement par la pesée.

L'alimentation devra être continue si possible. Dans le cas contraire, on évitera d'alimenter la chaudière 10 minutes avant le commencement et 10 minutes avant la fin de l'essai.

La température de l'eau d'alimentation sera prise directement dans le réservoir. Pour des essais de précision, on la mesurera tout près de l'entrée d'eau dans la chaudière, à chaque coup d'alimentation ou, tout au moins, toutes les demi-heures.

On évitera, dans les essais des chaudières, l'alimentation par injecteurs. On évitera également les pompes alimentaires dont la vapeur de retour vient au contact avec l'eau d'alimentation à moins qu'on puisse déterminer exactement les quantités d'eau et de chaleur introduites ainsi dans l'eau d'alimentation.

S'il y a de l'eau entraînée par la vapeur, l'essai est entaché d'erreurs, à moins qu'on puisse évaluer par des procédés particuliers, l'eau entraînée.

Au début de l'essai, le feu sera normal au point de vue chargement et nettoyage de grille, et l'on enlèvera du cendrier les cendres et escarbilles. En cas d'impossibilité d'enlever les résidus, on les mettra avant et après l'essai à une hauteur déterminée. À la fin de l'essai, le feu sera dans le même état qu'au début. On notera à part la durée et la consommation de combustible de la mise en route, mais ces données n'entreront pas en ligne de compte pour l'essai.

Le combustible consommé pendant l'essai sera déterminé par la pesée.

Pour obtenir un échantillon moyen du combustible employé, on procédera de la manière suivante :

On prendra une pelle pleine de charbon dans chaque wagonnet, qu'on versera dans un récipient muni d'un couvercle. Après la fin de l'essai, on videra le récipient, on mélangera le combustible qu'on étalera par terre en forme de carré. On divisera ce dernier par ses diagonales, en 4 parties dont on enlèvera 2 parties opposées.

On concassera le charbon restant, on mélangera, on l'étalera de nouveau par terre et l'on répétera l'opération jusqu'à ce qu'il en reste environ 10 kilogrammes dont on remplira plusieurs vases bien fermés, échantillons destinés à l'analyse. D'autre part, on prélèvera, pendant la durée de l'essai, plusieurs échantillons de combustible destinés au dosage de l'humidité.

La composition du combustible sera établie par l'analyse chimique, en indiquant le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O), le soufre (S), les cendres (M) et l'eau (E) pour 100 de combustible. On peut négliger la teneur du combustible en azote (Az). D'autre part, on en déterminera les matières volatiles.

Le pouvoir calorifique du combustible sera déterminé par un essai calorimétrique.

Remarque. — On peut également déduire le pouvoir calorifique approximatif de la composition chimique, au moyen de la formule conventionnelle suivante :

$$81 C + 290 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 25 S - 6 E.$$

La température des gaz de combustion sera observée à leur sortie de la chaudière, et en tout cas en avant du registre. L'observation sera

faite au moyen de thermomètres à mercure ou de pyromètres thermo-électriques. On introduira ces instruments dans le passage des gaz, on fera l'observation très fréquemment, au moins tous les quarts d'heure, et autant que possible au moment des prises d'échantillon de gaz.

La température de l'air pénétrant sous la grille sera mesurée dans le voisinage immédiat du chauffage en protégeant le thermomètre contre la chaleur rayonnante. On établira la moyenne de toutes les observations.

La prise d'échantillon de gaz sera continue si possible, ou bien intermittente, aux intervalles fréquents et réguliers, tout au moins toutes les 20 minutes. On fera usage d'un tube introduit dans le carneau, tout près du thermomètre, dont l'ouverture inférieure plongera dans le passage du gaz. Le tube sera placé dans la maçonnerie et bien jointé. On dosera régulièrement l'acide carbonique, alors que l'analyse complète des gaz de combustion, comprenant les dosages de CO^2 , O, CO et Az, sera effectuée seulement en cas de besoin. A cet effet, on prendra des échantillons moyens, au moyen d'aspirateurs fonctionnant régulièrement.

En cas de combustion incomplète, on procédera à l'analyse complète des gaz, suivant des

procédés spéciaux, l'analyse habituelle n'y suffisant plus.

Pour déterminer les entrées d'air dans les carneaux des gaz, il faut prendre des échantillons de gaz en différentes places et y doser l'acide carbonique et l'oxygène.

Remarque. — Pour découvrir les fissures dans la maçonnerie, on charge la grille avec un combustible produisant beaucoup de fumée, et l'on ferme le registre. Ou bien on promène le long de la maçonnerie une bougie allumée, pour voir si la flamme n'est pas aspirée par moment.

Pour établir la perte de chaleur par les gaz de combustion, on prendra pour base uniquement la composition des gaz passant près du thermomètre.

APPENDICE

32. Calcul des pertes de chaleur d'une chaudière à vapeur.

a) La perte de chaleur occasionnée par le fait que la température des gaz T est supérieure à celle de l'air ambiant (t), est déduite de la proportion des éléments contenus dans les gaz, de leur chaleur spécifique et de la différence ($T - t$).

La quantité de gaz de combustion par kilo-

gramme de combustible brûlé est déduite de la composition chimique de ce dernier et de la teneur en acide carbonique des gaz, au moyen du calcul suivant :

Soient C , le carbone p. $\%$ de combustible et k , l'acide carbonique p. $\%$ de gaz ; un kilogramme de combustible fournira alors $\left(\frac{C}{0,536 k}\right)$ mètres cubes de gaz (sans vapeur d'eau) mesurés à 0° C., et à 760 millimètres de pression barométrique.

Remarque : $C =$ proportion p. $\%$ de poids et $k =$ proportion p. $\%$ de volume.

Le poids de la vapeur d'eau produite par la combustion est $\frac{9H + E}{100}$, H étant l'hydrogène et E , l'eau p. $\%$ de combustible.

Remarque. — Le volume de la vapeur d'eau produite par la combustion, mesuré à 0° C. et à 760 millimètres est $= \frac{9H + E}{0,804 \times 100}$.

Le volume total des gaz produits par la combustion d'un kilogramme de combustible est $\left(\frac{C}{0,536 k} + \frac{9H + E}{80,4}\right)$ mètres cubes, mesurés à 0° C. et à 760 millimètres de pression barométrique.

La chaleur spécifique des gaz de combustion est en moyenne de 0,32 ; celle de la vapeur d'eau, de 0,48. La perte de chaleur dans les gaz par

kilogramme de combustible (P) sera, en calories :

$$P = \left(0,32 \left[\frac{C}{0,536 k} \right] + 0,48 \left[\frac{9H + E}{100} \right] \right) (T - t)$$

Remarque. — La quantité d'air nécessaire à la combustion d'un kilogramme de combustible est établie de la manière suivante : soit un combustible ayant C = carbone, H = hydrogène, S = soufre et O = oxygène p. %, un kilogramme exigera pour sa combustion

$$\left(\frac{8}{3} C + 8H + S - O \right) \frac{100}{23} = L \text{ kg. d'air}$$

ou bien $\frac{L}{1,29} =$ mètres cubes d'air.

Si l'analyse des gaz a donné

k	= Acide carbonique p. % de volume
o	= Oxygène "
n	= Azote "

on aura le volume d'air employé (V) rapporté à l'unité du volume théorique (V : 1), c'est-à-dire l'excédent d'air, par la formule

$$\frac{21}{21 - 79 \frac{o}{n}}$$

b) Les pertes de chaleur résultant de la com-

bustion incomplète du charbon, dans les cendres et les scories, sont établies de la manière suivante :

Après avoir achevé l'essai, on pèse soigneusement les résidus du foyer, qu'on mélange convenablement pour en prélever un échantillon moyen destiné à l'analyse. On y déterminera la *partie combustible* qu'on considérera comme du carbone, avec 8100 calories par kilogramme et l'on calculera la perte par rapport au poids du combustible initial.

La perte de chaleur qui résulte de l'enlèvement de scories très chaudes est très petite et peut être négligée.

Remarque. — La perte de chaleur résultant d'une combustion incomplète de gaz, avec production de fumées épaisses, est quelquefois considérable. Pour l'établir, il faut doser par les procédés connus les éléments incomplètement brûlés des gaz et calculer la chaleur correspondante.

c) Pour établir le bilan de la chaleur, il faut rapporter toutes les pertes de chaleur, ainsi que les calories utilisées pour la vaporisation de l'eau, au pouvoir calorifique du combustible déterminé calorimétriquement, en les exprimant en tant pour cent. La différence entre 100 et la

somme des calories constatées, abstraction faite des erreurs d'observation inévitables, sera considérée comme représentant les pertes par rayonnement, par la combustion incomplète des gaz et par le noir de fumée.

CHAPITRE VIII

ÉCONOMIE DANS LES MÉTHODES DE CHAUFFE

33. Améliorations possibles. — Pour les chaudières déjà installées, mais mal conçues, soit comme type choisi, soit comme montage, la seule amélioration possible est la prévention des déperditions de chaleur, par l'emploi de bons calorifuges.

Mais des améliorations sont possibles dans l'alimentation du foyer en combustible, dans son alimentation en air, et dans la récupération des chaleurs perdues. Nous allons passer en revue ces trois sortes d'améliorations.

34. Alimentation de combustible. — L'alimentation en combustible, habituellement réglée à la main, donne à l'influence personnelle du chauffeur une importance considérable ; des écarts de 40 % ont été observés, suivant l'habi-

leté professionnelle ou le degré de conscience des individus. M. Izart propose de rendre favorable cette influence, par un système de primes sur l'économie réalisée, et il recommande des primes progressives. Au moyen d'un compteur d'eau et d'une bascule, établis de façon à écarter toute suspicion, il pense que les résultats se produiraient d'eux-mêmes. Mais il oublie d'insister sur les fraudes possibles, et il nous semble plus logique de suivre le système autrichien, qui consiste à donner des primes aux chauffeurs lorsque la teneur des gaz en acide carbonique dépasse un certain taux.

L'alimentation mécanique des foyers remédie, d'après M. Izart, aux défauts inévitables des foyers chargés à la main, à savoir : le refroidissement dû à l'ouverture intermittente des portes ⁽¹⁾, et le ralentissement de combustion qui suit chaque chargement. Elle diminue le coût de la main-d'œuvre (dans les grandes installations, elle le réduit de 50 et de 75 %) et elle régularise la chauffe, en augmentant très nota-

(1) La suppression des rentrées d'air pendant le chargement ou le déchargement est réalisée par un grand nombre de systèmes de liaison entre les portes de foyers et les registres. L'un des plus connus est l'appareil Poindron (note de M. E. Schmidt).

blement la fumivorité. Mais son installation coûte, en moyenne, 30 francs par cheval, et les frais d'entretien sont relativement élevés.

Le principe de fonctionnement des foyers mécaniques est le suivant : tantôt l'alimentation en combustible se fait par le dessus, c'est la classe d'appareils la plus importante ; mais alors le principe de la combustion est peu différent des foyers chargés à la pelle. Tantôt l'alimentation se fait par une grille sans fin, qui prend une certaine force et exige de fréquentes réparations. Tantôt le foyer agit par pelletées ou projections, en imitant le chargement à la pelle. M. Izart trouve plus satisfaisants, comme principe de combustion, les appareils à cuisson où le charbon est réchauffé dans une chambre distincte du foyer, système compliqué ; enfin les foyers à alimentation par dessous qui donnent, comme le précédent système, une combustion parfaite et une fumivorité absolue.

Quant aux dispositifs spéciaux pour assurer la fumivorité, nous partageons entièrement l'avis exprimé par l'auteur cité, formulé dans les termes suivants :

La véritable fumivorité ne doit pas être curative, mais préventive ; il faut chercher moins à détruire la fumée qu'à en empêcher la forma-

tion. La parfaite fumivorité sera assurée par l'emploi de charbon à faible teneur en matières volatiles, par son introduction graduelle dans le foyer et, si possible, au-dessous de la couche incandescente, enfin par la réalisation d'une haute température au foyer, maintenue constante par l'emploi des voûtes et revêtements réfractaires, convenablement disposés.

35. Alimentation d'air. — Pour bien régler l'alimentation d'air au foyer, quelques auteurs recommandent d'observer un indicateur de tirage, et de régler l'ouverture du registre au minimum pour le maintien de la pression. Ce réglage du registre peut être rendu automatique par la variation de la pression, et il existe divers appareils établis dans ce but.

Les accélérateurs de tirage sont des appareils à jet de vapeur, ou éjecteurs, tantôt soufflant dans le cendrier de l'air aspiré à l'extérieur, tantôt aspirant les gaz de la cheminée pour les rejeter au dehors. M. Izart donne la préférence à ce dernier système, parce que la vapeur d'eau n'est pas envoyée dans le foyer. Mais, aux deux systèmes, il préfère le ventilateur, auquel il accorde l'avantage d'une consommation de vapeur limitée entre 1 et 4 % de la vapeur produite. Cet ingénieur combat surtout l'usage des che-

minées en briques, dont l'installation coûte à peu près le double de celle d'un tirage par ventilateur.

Comme le fait observer judicieusement M. Schmidt dans sa note bibliographique de l'ouvrage de M. Izart, nous trouvons dans la brochure de M. Donath (1), sur le contrôle de la combustion des foyers, la relation d'essais faits à la Station Centrale Électrique de Nuremberg en 1900, sur des ventilateurs Sturtevant, en contradiction avec ces données. On y voit que la consommation de vapeur du ventilateur, pour cent de vapeur produite, varie entre :

4,8 pour 421 tours
5,8 pour 495 tours
7,1 pour 557 tours
et 8,5 pour 614 tours

si bien que, avec le ventilateur, le coût des 1 000 kilogrammes de vapeur est supérieur de 4,7 % à celui qu'on a avec une cheminée ordinaire. Du reste, il y a 25 ans, on a installé dans le Nord, un peu partout, des ventilateurs soufflants, pour brûler les charbons maigres qui

(1) Prof. DONATH. — *Ueber den Zug und die Kontrolle der Dampfkesselfenerungen*. Wien et Leipzig, 1902, p. 36.

étaient alors sans emploi. Il ne reste plus trace de ces installations. On y a renoncé parce que les charbons maigres ont trouvé leurs emplois divers, et aussi à cause des coups de feu fréquents et de l'usure des grilles.

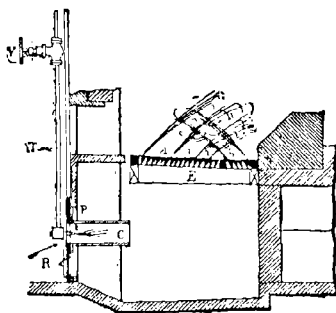


Fig. 24.

En revanche, avec les soufflages à vapeur sous grilles (*fig. 24*), on a du moins le double avantage, d'abord d'éviter le plus souvent les dards de flammes et les jets de chalumeau qui sont l'un des écueils des ventilateurs soufflants, puis surtout de supprimer absolument l'adhérence des mâchefers aux barreaux, ce qui facilite l'opération pénible du décrassage, et assure la conservation des grilles.

Ce principe a été appliqué par M. Édouard

Poillon dans son *système de réchauffage de l'air par les fumées*, lequel réalise à la fois les deux améliorations de l'alimentation en air et de la récupération des chaleurs perdues.

Ce système comporte, comme l'indique la *fig. 25* (p. 116), un récupérateur tubulaire R ad-joint à la chaudière ; l'air aspiré par la soufflerie S y suit un chemin inverse de celui des gaz. Cet air chaud, aspiré par C, est injecté sous la grille, et en partie au-dessus pour les périodes de char-gement, ce qui assure la fumivorté. M. Poillon a déjà procédé à plusieurs installations de ce genre, et nous empruntons au rapport détaillé de M. Archambault de Vençay, ingénieur en chef de l'*Association des propriétaires d'Appa-reils à vapeur du Sud-Est*, les résultats sui-vants des essais comparatifs effectués à l'usine Watel, de Marseille (Communication faite par M. Poillon au Congrès de l'Association des Chi-mistes, en mars 1907) :

Désignation	19 mai	28 mai	
	Chaudière N° 1 Grille et récupérateur Poillon	Chaudière N° 2 Grille ordinaire	
Durée de l'essai	10 h.	10 ^h , 17	
Pression effective moyenne (<i>p</i>) de la vapeur produite	5 ^k , 920	6 ^k , 500	
Température moyenne (<i>t</i>) de l'eau introduite	43°	87°6	
Allure de la chaudière (charbon brûlé par heure et m ² de surface de grille)	46 ^k , 1	45 ^k , 9	
Vapeur produite par heure et m ² de surface de chauffe	10, 8	9, 5	
Rendement apparent (vapeur pro- duite par kg. de charbon brut)	9, 77	8, 66	
Rendement net	Poids d'eau prise à 0° et vapo- risée à la pression (<i>p</i>) par kg. de charbon brut	9, 13	7, 51
	Poids d'eau prise à 0° et vapo- risée à 100° p. kg. de charb. brut.	9, 41	7, 75
	Fraction d'utilisation de la cha- leur de combustion du char- bon %	80, 45	65, 57
Prix de revient	Prix de la tonne de charbon rendue à l'usine	26 ^{fr}	26 ^{fr}
	Prix de la tonne de vapeur avec eau à 0° et vaporisée à 100°.	2, 76	3, 35

Les deux chaudières sont identiques, d'une surface de chauffe de 160 mètres carrés, et leur surface de grille, de 3,60 mètres carrés.

Rapport des deux surfaces = 42.

Timbre : 8 kilogrammes.

Désignation	19 mai	28 mai
	Chaudière N° 1 Grille et récupérateur Poillon	Chaudière N° 2 Grille ordinaire
Bilan calorifique du charbon (en centièmes) pour une puissance calorifique du charbon	cal. 7451	cal. 7525
Pertes par la cheminée (gaz et vapeur d'eau).	0/0 12,14	0/0 28,99
Pertes diverses (résidus, rayonnement extérieur, indéterminées) .	7,41	5,44
Total des pertes dues à la combustion.	19,55	34,43
Pertes dues à la soufflerie	3,68	—
Calories utilisées en vapeur . . .	76,77	65,57
	100,00	100,00

Ces résultats très nets indiquent un avantage

réel de 17 % en faveur de l'emploi de l'air chaud avec une grille appropriée.

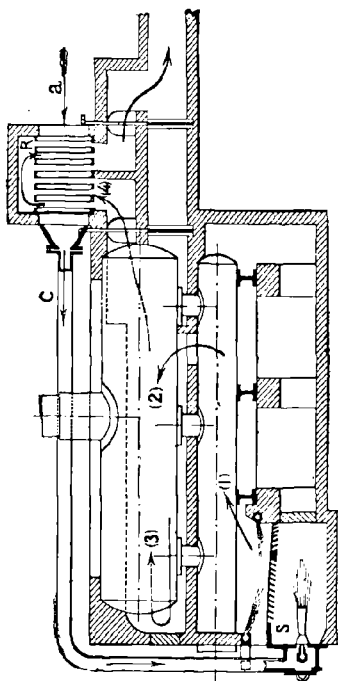


Fig. 25. — Récupérateur de chaleur (système Poillon).

M. Archambault de Vençay fait remarquer, en outre, que la bonne conduite des feux est

toutefois moins importante avec le système Poillon, grille et récupérateur, qu'avec une grille ordinaire, parce qu'il y a pression d'air chaud dans le cendrier au lieu d'aspiration d'air froid, et que, d'autre part, grâce au dispositif spécial, chaque fois qu'on ouvre les portes, il y a refoulement d'air chaud au-dessus de la grille.

Les deux diagrammes thermométriques représentés par les *fig. 26* et *27* indiquent les détails très instructifs d'un autre essai comparatif, dont M. Izart a rendu compte dans la nouvelle édition de son livre sur les méthodes économiques de combustion.

Les deux chaudières identiques ont été alimentées par le même combustible : du menu allemand ; la chaudière n° 2, munie d'une grille ordinaire, vaporisa, en eau ramenée à zéro et vapeur à 100°, 6^{kg},22 ; la chaudière n° 1 avec soufflage et récupération système Poillon, vaporisa, dans les mêmes conditions, 8^{kg},34. Le gain a donc été de 2^{kg},12.

A l'aide des températures indiquées sur les diagrammes, et des teneurs en acide carbonique des gaz relevées à l'analyseur, nous pouvons étudier les variations du rendement, en faisant usage de la *table de Beckert* (p. 44).

Pour la chaudière n° 2 (grille ordinaire), la

température des gaz est 260° environ, et la teneur en acide carbonique est de $5,3\%$. La perte

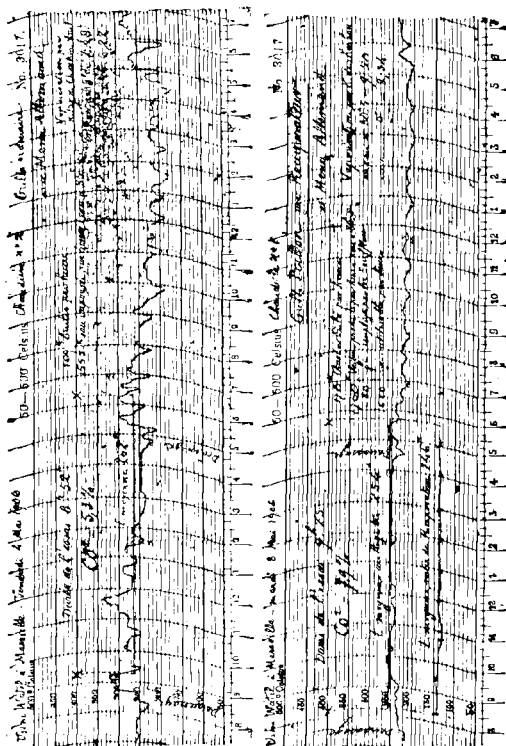


Fig. 26 et 27. — Diagrammes thermométriques.

de chaleur par la cheminée ressort à 33% . Pour la chaudière n° 1, la température des gaz avant

le récupérateur est d'environ 250° et la teneur en acide carbonique est 7 ‰, soit une perte de chaleur apparente de 23 ‰, soit un gain de 10 ‰, dû au soufflage forcé et au brassage des gaz résultant du dispositif employé.

Mais la perte réelle de chaleur n'est pas de 23 ‰, puisque, à la sortie du récupérateur, la température des gaz tombe à 145° C. et la perte dans la cheminée ressort alors à 14 ‰ seulement. La différence dans le rendement est donc de 19 ‰.

Le diagramme thermométrique de la marche avec le récupérateur (*fig. 27*) indique une régularité beaucoup plus grande de la température que dans la marche avec la grille ordinaire (*fig. 26*).

36. Récupération des chaleurs perdues. — En dehors du réchauffage de l'air insufflé sous la grille, il y a un autre mode de récupération partielle des chaleurs perdues. C'est le réchauffage de l'eau d'alimentation par les *économiseurs*. En effet, on constate une augmentation très sensible de la vaporisation et de l'utilisation d'une chaudière, lorsque l'eau lui est fournie à une température sensiblement égale à son point d'ébullition sous la pression normale de marche. A cette considération vient s'ajouter le fait que l'ébullition est un procédé

commode pour débarrasser l'eau de la majeure partie des sels de chaux en dissolution (les bicarbonates), et l'on a été conduit à étudier une catégorie fort intéressante de *bouilleurs-décanteurs*, employés dans un grand nombre d'industries.

Les types d'économiseurs les plus employés sont ceux de *Green* et de *Calvert*, très répandus surtout en Angleterre. Ils fonctionnent fort bien ; mais ils exigent des soins d'entretien faute desquels l'économie à réaliser devient illusoire.

ANNEXES

Règlement pour les appareils à vapeur.

- I. *Rapport du Ministre des Travaux publics.*
- II. *Décret du 9 Octobre 1907.*

I. RAPPORT

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Paris, le 7 octobre 1907

Monsieur le Président,

Les décrets du 30 avril 1880 et du 29 juin 1886, qui régissent depuis plus de vingt-cinq ans l'emploi des générateurs et des récipients de vapeur, ont été inspirés du même esprit qui animait déjà le précédent règlement du 25 janvier 1865 : on s'est efforcé de concilier, autant que

possible, les nécessités de la sécurité publique avec les exigences de l'industrie.

Les efforts de l'administration n'ont pas été vains, car, si l'on compare la statistique des appareils à vapeur en activité et des accidents qui ont affecté ces appareils, respectivement pour les deux périodes quinquennales 1881-85 et 1899-1903, on voit l'effectif des appareils assujettis au règlement s'élever de 96 000 à 140 000 et le nombre de morts par 10 000 appareils et par an, s'abaisser de 3,7 à 1,5.

Néanmoins, sur certains points, cette réglementation n'est plus aujourd'hui en rapport exact, soit avec les principes techniques susceptibles d'assurer le maximum de sécurité, soit avec le degré de liberté qui peut être donné à l'industrie sans augmentation de risque. Il n'y a rien là qui doive surprendre, si l'on songe aux progrès accomplis, aux transformations subies par les arts mécaniques durant ce quart de siècle. Actuellement il semble possible, sans nuire au développement de l'industrie et en accordant au contraire de notables facilités à certaines installations, de favoriser de plus en plus la décroissance du rapport entre le nombre annuel des morts et la puissance des appareils à vapeur.

La revision tendant à ce but a été étudiée

d'abord par une commission spéciale, dont le premier soin a été de recueillir les observations de tous les ingénieurs des mines chargés de la surveillance des appareils à vapeur et de s'entourer de renseignements sur les règlements étrangers. Des délibérations de cette commission est sorti un texte que la Commission centrale des machines à vapeur a remanié en le simplifiant. Enfin le Conseil d'État a amendé le projet sur plusieurs points, soit dans un but de précision, soit pour compléter les conditions d'emplacement des chaudières en vue d'assurer plus de sécurité aux travailleurs des ateliers.

La statistique montre que la cause principale des accidents mortels qui surviennent dans l'emploi des appareils à vapeur est le défaut d'entretien. Le règlement s'est donc attaché à rendre plus précises et, dans la mesure nécessaire, plus complètes que par le passé, les obligations de l'exploitant à cet égard. L'article 36 du décret de 1880 dit bien que « ceux qui font usage de générateurs ou de récipients de vapeur veilleront à ce que ces appareils soient entretenus constamment en bon état de service » et que, à cet effet, ils tiendront la main à ce que des visites complètes, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, soient faites à des intervalles rapprochés pour

constater l'état des appareils et assurer l'exécution en temps utile, des réparations ou remplacements nécessaires. » Mais quels sont ces intervalles, que le décret qualifie de rapprochés ? Quelles traces laissent ces visites ? Comment le service des mines peut-il s'assurer qu'elles ont été faites ? Dans le système nouveau, les cas où l'appareil doit être l'objet d'une visite complète tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, sont soigneusement précisés. Cette visite complète devient le complément indispensable de tout renouvellement de l'épreuve hydraulique. Quelles que soient les circonstances, elle doit avoir lieu au minimum une fois chaque année. Il en restera une trace matérielle, sous la forme d'un compte-rendu daté et signé par le visiteur, compte-rendu qui sera représenté aux agents du service des mines. De plus, un registre d'entretien sera tenu par l'exploitant, qui devra y noter à leur date, les visites intérieures et extérieures ainsi que les réparations.

Les industriels n'ont pas tous à leur service, dans leurs établissements, un personnel technique compétent pour procéder à ces indispensables visites ; mais ils peuvent s'adresser à des spécialistes du dehors. L'affiliation à une association de propriétaires d'appareils à vapeur est

l'un des moyens qu'il leur est loisible d'employer pour s'assurer, dans des conditions faciles et relativement peu coûteuses, les services de visiteurs exercés.

Les vérifications auxquelles procèdent ces associations étaient déjà mises à profit sous le régime du décret de 1880 pour éviter certains renouvellements d'épreuve conformément à l'article 3. Le règlement projeté fait un pas de plus dans le même sens. Il pourra dorénavant être sursis à l'épreuve décennale, sur l'autorisation de l'ingénieur des mines, lorsqu'une association agréée certifiera le bon état de l'appareil dans toutes ses parties.

De la statistique des accidents se dégage un enseignement important : c'est que les victimes des accidents de chaudières sont en très grande majorité, non des personnes tuées par les effets mécaniques de la fragmentation de l'appareil, mais des ouvriers brûlés ou asphyxiés par un retour de flamme ou une projection de vapeur d'eau. Ce genre d'accident s'est multiplié à la suite de l'introduction dans l'usage industriel, des générateurs à tubes d'eau, plus sujets que les grands corps cylindriques aux avaries de détail, par suite de leur principe même et parce que, dans les premiers temps de leur emploi, ni les

constructeurs ni les usagers n'en connaissent parfaitement le fort et le faible. Quoi qu'il en soit de cette dernière circonstance, il est visiblement d'une importance de premier ordre, pour la sécurité d'emploi de toutes les chaudières et en particulier de celles à tubes d'eau, que les chauffeurs soient le mieux protégés possible contre les dangers de brûlure et d'asphyxie. On peut beaucoup, dans cet ordre d'idées, en disposant d'une manière judicieuse les portes des foyers, les fermetures des boîtes à tubes et des boîtes à fumée, en dotant toute chambre de chauffe d'issues aisément praticables dans les deux directions au moins, en assurant l'aération des chaufferies. C'est à quoi le règlement nouveau pourvoit par ses articles 16 et 17.

A la faveur du progrès que ces prescriptions nouvelles, jointes à l'expérience technique maintenant acquise par les constructeurs et par le personnel des usines, réaliseront dans la sécurité d'emploi des générateurs à petits éléments, il devient possible de modifier les règles relatives à l'emplacement des chaudières et des groupes de chaudières au voisinage des habitations ou dans les immeubles à étages. On a, pour ainsi dire, incorporé dans le règlement la jurisprudence administrative relative aux dérogations d'empla-

ement, en décidant de faire dorénavant abstraction, pour le calcul du produit caractéristique, des éléments de petite section. La rupture d'un de ces éléments ne saurait, en effet, donner lieu à de grands efforts dynamiques. Elle pourrait être dangereuse, il est vrai, pour le personnel même de la chaufferie; mais, à cet égard, on compte sur la protection qui résultera désormais des dispositions prescrites par les articles 16 et 17.

Les locomobiles ont donné lieu, durant ces dernières années, à des accidents dont la fréquence et la gravité étaient hors de proportion avec la puissance totale de cette classe d'appareils. C'est pourquoi, tandis que le règlement nouveau se distingue, ainsi qu'il vient d'être expliqué par des innovations libérales, en ce qui touche les générateurs fixes, les appareils locomobiles sont l'objet de mesures destinées à resserrer à leur égard la surveillance administrative. On a tenu, cependant, à leur conserver, d'une manière générale, le même système réglementaire qu'aux autres appareils à vapeur, c'est-à-dire à les laisser sous le régime de la simple déclaration; les mesures spéciales qui les visent, notamment la substitution à l'épreuve décennale d'une épreuve tous les cinq ans et l'obligation

d'une vérification complète de l'état de l'appareil lors de tout changement de propriétaire, n'ont rien qui puisse porter atteinte aux intérêts légitimes de l'industrie.

Le décret du 25 janvier 1865 avait laissé les récipients de vapeur hors de toute réglementation. Le décret de 1880 a réglementé certains de ces appareils ; mais il n'a visé que ceux au moyen desquels une matière est élaborée ou bien ceux dans lesquels de l'eau à haute température est emmagasinée pour fournir ensuite un dégagement de chaleur ou de vapeur. Le nouveau règlement substitue une notion plus simple à des définitions particularistes, ainsi que l'a déjà fait le décret du 1^{er} février 1893, relatif aux appareils à vapeur de la navigation maritime. Il protège, mieux que par le passé, les récipients de vapeur contre les excès de pression et contre l'affaiblissement par usure, causes principales d'explosion pour ces appareils. Enfin, il exclut de l'intérieur des maisons habitées ceux qui ont à la fois un grand volume et une forte pression.

Il existe une catégorie d'appareils à vapeur intermédiaires, pour ainsi dire, entre les générateurs et les récipients : ce sont les marmites de Papin ou, comme on dit incorrectement, mais

usuellement, dans l'industrie, les autoclaves chauffés à feu nu. Ces vases clos, où de la vapeur est engendrée, mais séjourne sans écoulement, n'ont pas été explicitement visés par le décret du 30 avril 1880. La circulaire du 21 juillet de la même année prescrit de les assimiler aux générateurs de vapeur, quitte à les dispenser, par voie de dérogation, des appareils de sûreté qui leur sont inutiles. C'est une solution qui donne lieu, pour le moins à des formalités inutiles. Le projet fixe, par un article explicite, le régime réglementaire applicable à ces appareils.

Je ne crois pas nécessaire d'insister sur les autres modifications apportées aux dispositions du décret du 30 avril 1880. Elles ont surtout pour but de mettre la réglementation des appareils de sûreté en harmonie avec l'état présent de la science technique et de préciser les dispositions applicables aux réchauffeurs, surchauffeurs, etc. Dans son ensemble, le projet de décret ci-joint, me paraît constituer, par rapport à la réglementation antérieure, une mise au point conforme aux progrès de l'art et profitable à la sécurité publique, quoique laissant à l'industrie la plus grande somme possible de liberté.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président,
les assurances de mon profond respect.

*Le Ministre des travaux publics,
des postes et des télégraphes,*

LOUIS BARTHOU.

II. DÉCRET DU 9 OCTOBRE 1907

Le Président de la République française,

Sur le rapport du ministre des travaux publics, des postes et des télégraphes,

Vu la loi du 21 juillet 1856, concernant les contraventions aux règlements sur les appareils et bateaux à vapeur ;

Vu la loi du 18 avril 1900, concernant les contraventions aux règlements sur les appareils à pression de vapeur ou de gaz et sur les bateaux à bord desquels il en est fait usage ;

Vu le décret du 30 avril 1880 relatif aux chaudières à vapeur autres que celles placées sur les bateaux ;

Vu le décret du 29 juin 1886 portant modification du précédent ;

Vu l'avis de la Commission centrale des machines à vapeur ;

Le Conseil d'État entendu,

Décète :

Art. 1^{er}. — Sont soumis aux formalités et aux mesures prescrites par le présent règlement :

1^o Les générateurs de vapeur, autres que ceux qui sont placés à bord des bateaux ;

2^o Les récipients définis ci-après (titre V).

Sont exceptés, toutefois, de l'application de ce règlement :

a) Les générateurs dont la capacité est inférieure à 25 litres.

b) Les générateurs de capacité quelconque où des dispositions matérielles efficaces empêchent la pression effective de la vapeur de dépasser 300 grammes par centimètre carré, à la condition que ces générateurs soient munis d'une plaque portant les mots « non soumis au décret du 9 octobre 1907 » et indiquant la pression maximum pour laquelle ces dispositions sont prises ; le constructeur doit adresser à l'ingénieur des mines, au plus tard à la fin du mois, un état des générateurs remplissant les conditions prévues au présent paragraphe, qu'il a livrés avec la désignation des acquéreurs.

TITRE PREMIER

*Mesures de sûreté relatives aux chaudières
placées à demeure.*

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

Toutefois elle pourra être faite sur le lieu d'emploi dans les circonstances et sous les conditions qui seront fixées par le ministre.

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

Art. 3. — Lorsqu'une chaudière a subi, dans un atelier de construction ou de réparation, des changements ou des réparations notables, l'épreuve doit être renouvelée sur la demande du constructeur ou du réparateur.

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

1° Lorsque la chaudière ayant déjà servi, est l'objet d'une nouvelle installation ;

2° Lorsqu'elle a subi une réparation notable ;

3° Lorsqu'elle est remise en service après un chômage de plus d'un an.

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

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

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

L'intervalle entre deux épreuves consécuti-

ves ne doit pas être supérieur à dix années. Avant l'expiration de ce délai, celui qui fait usage d'une chaudière à vapeur doit lui-même demander le renouvellement de l'épreuve.

Toutefois, il peut être sursis à la réépreuve décennale, sur l'autorisation de l'ingénieur des mines, lorsqu'une association de propriétaires d'appareils à vapeur, agréée à cet effet par le ministre, certifie le bon état de l'appareil dans toutes ses parties.

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

Toutes les parties de celle-ci doivent pouvoir être visitées.

Toutefois, pour les réépreuves sur le lieu d'emploi, l'ingénieur en chef aura la faculté d'autoriser des atténuations à cette règle dans la mesure et sous les conditions précisées par les instructions du ministre.

Pour les appareils neufs et pour ceux ayant subi des changements notables ou de grandes réparations, la surcharge d'épreuve est égale, en kilogrammes par centimètre carré :

A la pression effective avec minimum de un demi, si le timbre n'excède pas 6 ;

A 6, si le timbre est supérieur à 6 sans excéder 20 ;

A 7, si le timbre est supérieur à 20 sans excéder 30 ;

A 8, si le timbre est supérieur à 30 sans excéder 40 ;

Au cinquième de la pression effective, si le timbre excède 40.

Dans les autres cas, la surcharge d'épreuve est moitié de celle résultant des indications qui précèdent.

L'épreuve est faite sous la direction et en présence de l'ingénieur ou du contrôleur des mines.

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

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

Art. 5. — Après qu'une chaudière ou partie de chaudière a été éprouvée avec succès, il y est ap-

posé un ou plusieurs timbres indiquant en kilogrammes par centimètre carré, la pression effective que la vapeur ne doit pas dépasser.

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

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

Toute chaudière neuve présentée à l'épreuve doit porter une plaque d'identité indiquant :

- 1° Le nom du constructeur ;
- 2° Le lieu, l'année et le numéro d'ordre de fabrication.

Art. 6. — Les réchauffeurs d'eau sous pression, les sécheurs et les surchauffeurs de vapeur sont considérés comme chaudières ou parties de chaudières pour tout ce qui est prescrit par les articles précédents.

Art. 7. — Chaque chaudière est munie de deux soupapes de sûreté, chargées de manière à laisser la vapeur s'écouler dès que sa pression effective atteint la limite maximum indiquée par le timbre réglementaire.

Chacune de ces soupapes doit suffire pour évacuer à elle seule et d'elle-même toute la vapeur produite, dans toutes les circonstances du fonc-

tionnement, sans que la pression effective dépasse de plus de un dixième la limite ci-dessus.

Les mesures nécessaires doivent être prises pour que l'échappement de la vapeur ou de l'eau chaude ne puisse pas occasionner d'accident.

Art. 8. — Quand des réchauffeurs d'eau d'alimentation seront munis d'appareils de fermeture permettant d'intercepter leur communication avec les chaudières, ils porteront une soupape de sûreté réglée eu égard à leur timbre et suffisante pour limiter d'elle-même et en toutes circonstances la pression au taux fixé par l'article 7.

Il en sera de même pour les surchauffeurs de vapeur, à moins que les dispositions prises n'excluent l'éventualité d'une élévation de la pression au-dessus du timbre.

Art. 9. — Toute chaudière est munie d'un manomètre en bon état placé en vue du chauffeur et gradué de manière à indiquer en kilogrammes par centimètre carré la pression effective de la vapeur dans la chaudière.

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

La chaudière est munie d'un ajutage terminé par une bride de 4 centimètres de diamètre et

4 millimètres d'épaisseur, disposée pour recevoir le manomètre vérificateur.

Art. 10. — Chaque chaudière est munie d'un appareil de retenue, soupape ou clapet, fonctionnant automatiquement et placé au point d'insertion du tuyau d'alimentation qui lui est propre.

Art. 11. — Chaque chaudière est munie d'une soupape ou d'un robinet d'arrêt de vapeur, placé, autant que possible, à l'origine du tuyau de conduite de vapeur, sur la chaudière même.

Art. 12. — Toute paroi en contact par une de ses faces avec la flamme ou les gaz de la combustion doit être baignée par l'eau sur sa face opposée.

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

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

1° Aux sècheurs et surchauffeurs de vapeur à petits éléments distincts de la chaudière :

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

Art. 13. — Chaque chaudière est munie de deux appareils indicateurs du niveau de l'eau indépendants l'un de l'autre et placés en vue de l'ouvrier chargé de l'alimentation.

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

Des précautions doivent être prises contre le danger provenant des éclats de verre en cas de bris des tubes, au moyen de dispositions qui ne fassent pas obstacle à la visibilité du niveau.

Art. 14. — Sur les groupes générateurs composés de deux ou de plusieurs appareils distincts, toute prise de vapeur correspondant à une conduite de plus de 50 centimètres carrés de section intérieure et par laquelle, en cas d'avarie à l'un des appareils, la vapeur provenant des autres pourrait refluer vers l'appareil avarié, est pourvue d'un clapet ou de soupape de retenue, disposé de manière à se fermer automatiquement

dans le cas où le sens normal du courant de vapeur viendrait à se renverser.

Art. 15. — Lorsqu'une chaudière est chauffée par les flammes perdues d'un ou plusieurs foyers, tout le courant des gaz chauds doit, en arrivant au contact des tôles, être dirigé tangentiellement aux parois de cette chaudière.

A cet effet, si les rampants destinés à amener les flammes ne sont pas construits de façon à assurer ce résultat, les tôles exposées au coup de feu doivent être protégées en face des débouchés des rampants dans les carneaux, par des murettes en matériaux réfractaires distantes des tôles d'au moins 5 centimètres et suffisamment étendues dans tous les sens pour que les courants des gaz chauds prennent des directions sensiblement tangentielles aux surfaces des tôles voisines avant de les toucher.

Art. 16. — Sur toute chaudière à vapeur, ainsi que sur tout réchauffeur d'eau, sécheur ou surchauffeur de vapeur, les orifices des foyers, les boîtes à tubes et les boîtes à fumée sont pourvues de fermetures solides, établies de manière à empêcher, en cas d'avarie, les retours de flamme ou les projections d'eau et de vapeur sur les ouvriers.

Dans les chaudières à tubes d'eau et les sur-

chauffeurs, les portes de foyers et les fermetures de cendriers sont disposées de manière à s'opposer automatiquement à la sortie éventuelle d'un flux de vapeur. Des mesures seront prises pour qu'un semblable flux ait toujours un écoulement facile et inoffensif vers le dehors.

Art. 17. — La chambre de chauffe de toute chaudière et de tout surchauffeur à foyer doit être de dimensions suffisantes pour que toutes les opérations de la chauffe et de l'entretien courant s'effectuent sans danger. Elle doit offrir aux chauffeurs des moyens de retraite faciles dans deux directions au moins. Elle doit être bien éclairée.

Les plates-formes des massifs doivent posséder des moyens d'accès aisément praticables. Tout travail à poste fixe est interdit sur ces massifs, sauf pour le service de la chaufferie.

La ventilation des locaux où sont installés les chaudières ou groupes générateurs doit être assurée et de telle manière que la température n'y soit jamais exagérée.

Art. 18. — Les vases clos chauffés à feu nu dans lesquels l'eau est portée à une température de plus de cent degrés, sans que le chauffage ait pour effet de produire un débit de vapeur, sont considérés comme chaudières à vapeur pour l'application du présent règlement.

Toutefois les appareils de sûreté obligatoires sur une chaudière de cette sorte sont seulement les suivants ;

1° Deux soupapes de sûreté conformément à l'article 7, dans le cas où la capacité de la chaudière excède 100 litres ; dans le cas contraire, une seule soupape, remplissant d'ailleurs les conditions stipulées audit article ;

2° Un manomètre et une bride de vérification remplissant les conditions prescrites à l'article 9 ;

3° Deux appareils indicateurs du niveau de l'eau, conformément à l'article 13, à moins que le mode d'emploi ne comporte nécessairement l'ouverture du vase entre les opérations successives auxquelles il sert. Dans ce cas, il peut n'y avoir qu'un seul appareil indicateur du niveau de l'eau et cet appareil peut être réduit à un robinet de jauge, placé de manière à donner de l'eau tant que la condition de l'article 12 est remplie.

TITRE II

Établissement de chaudières à vapeur placées à demeure.

Art. 19. — Toute chaudière destinée à être employée à demeure ne peut être mise en service

qu'après une déclaration adressée par celui qui fait usage du générateur au préfet du département. Cette déclaration est enregistrée à sa date. Il en est donné acte. Elle est communiquée sans délai à l'ingénieur en chef des mines.

Art. 20. — La déclaration fait connaître avec précision :

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

2° Le nom et le domicile de celui qui se propose d'en faire usage ;

3° La commune et le lieu où elle est établie ;

4° La forme, la capacité et la surface de chauffe ;

5° Le numéro du timbre réglementaire ;

6° Un numéro distinctif de la chaudière si l'établissement en possède plusieurs ;

7° Enfin le genre d'industrie et l'usage auquel elle est destinée.

Tout changement dans l'un des éléments déclarés entraîne l'obligation d'une déclaration nouvelle.

Art. 21. — Les chaudières et les groupes générateurs se classent, sous le rapport des conditions d'emplacement, en trois catégories.

Cette classification a pour base le produit $V(t - 100)$, où t représente, en degrés centi-

grades, la température de vapeur saturée correspondant au timbre de la chaudière, conformément à la table annexée au présent décret, et où V désigne, en mètres cubes, la capacité de la chaudière, y compris ses réchauffeurs d'eau et ses surchauffeurs de vapeur, mais abstraction faite des parties de cette capacité qui seraient constituées par des tubes ne mesurant pas plus de 10 centimètres de diamètre intérieur, ainsi que par les pièces de jonction entre ces tubes n'ayant pas plus de 1 décimètre carré de section intérieure.

Lorsque plusieurs chaudières sont disposées de manière à pouvoir desservir une même conduite de vapeur, on forme la somme des produits ainsi définis, mais en ne comptant qu'une fois les réchauffeurs ou surchauffeurs communs.

Une chaudière ou un groupe générateur est de première catégorie quand le produit caractéristique ainsi obtenu excède 200, de deuxième quand il n'excède pas 200 mais excède 50, de troisième quand il est égal ou inférieur à 50.

Art. 22. — Les chaudières ou les groupes générateurs compris dans la première catégorie doivent être en dehors de toute maison d'habitation et de tout bâtiment fréquenté par le public. Ils doivent également, à moins que la nature de

l'industrie ne s'y oppose, être en dehors de tout atelier occupant à poste fixe, un personnel autre que celui des chauffeurs, des conducteurs de machines et de leurs aides. En aucun cas, les locaux où se trouvent ces appareils ne doivent être surmontés d'étages : toutefois on ne considère pas comme un étage au-dessus de l'emplacement d'une chaudière, une construction dans laquelle ne se fait aucun travail nécessitant la présence d'un personnel à poste fixe.

Art. 23. — Une chaudière ou un groupe générateur de première catégorie doit être au moins à 3 mètres de toute maison d'habitation et de tout bâtiment fréquenté par le public.

Lorsqu'une chaudière ou un groupe de première catégorie est placé à moins de 10 mètres d'une maison d'habitation ou d'un bâtiment fréquenté par le public, il en est séparé par un mur de défense.

Ce mur, en bonne et solide maçonnerie, est construit de manière à défilier la maison ou le bâtiment par rapport à tout point de la chaudière ou de l'une quelconque des chaudières distant de moins de 10 mètres, sans toutefois que sa hauteur dépasse de plus d'un mètre la partie la plus élevée de la chaudière. Son épaisseur est égale au tiers au moins de sa hauteur, sans que

cette épaisseur puisse être inférieure à un mètre en couronne. Il est séparé du mur de la maison voisine ou du bâtiment assimilé par un intervalle libre de 30 centimètres de largeur au moins.

Les distances de 3 mètres et de 10 mètres fixées ci-dessus sont réduites respectivement à 1^m,50 et à 5 mètres, lorsque la chaudière est installée de façon que la partie supérieure de la dite chaudière se trouve à 1 mètre en contre-bas du sol, du côté de la maison voisine ou du bâtiment assimilé.

Art. 24. — Une chaudière ou un groupe générateur appartenant à la deuxième catégorie doit être en dehors de toute maison habitée et de tout bâtiment fréquenté par le public.

Toutefois, cette chaudière ou ce groupe peut être dans une construction contenant des locaux habités par l'industriel, ses employés, ouvriers et serviteurs, et par leurs familles, à la condition que ces locaux soient séparés des appareils, dans toute la section du bâtiment, par un mur en solide maçonnerie de 45 centimètres au moins d'épaisseur, ou que leur distance horizontale soit de 10 mètres au moins de la chaudière ou du groupe.

TITRE III

Chaudières locomobiles

Art. 25. — Sont considérées comme locomobiles les chaudières à vapeurs qui peuvent être transportées facilement d'un lieu dans un autre, n'exigent aucune construction pour fonctionner sur un point donné et ne sont employées que d'une manière temporaire à chaque station.

Art. 26. — Les dispositions du titre 1^{er} sont applicables aux chaudières locomobiles, sauf les modifications suivantes :

1° Le cas d'une nouvelle installation prévu à l'article 3 est remplacé pour les locomobiles par le cas d'un changement de propriétaire;

2° L'intervalle de dix années, mentionné au même article 3, est réduit à cinq ans pour les locomobiles, à moins que ces appareils ne fonctionnent exclusivement dans les limites d'un même établissement ou ne soient affectés à un service public soumis à un contrôle administratif.

* **Art. 27.** — Chaque chaudière porte une plaque sur laquelle sont inscrits, en caractères indélébiles et très apparents, le nom et le domicile du propriétaire et un numéro d'ordre, si ce pro-

priétaire possède plusieurs chaudières locomobiles.

Art. 28. — Toute chaudière locomobile doit être, avant sa mise en service, l'objet d'une déclaration adressée par le propriétaire de l'appareil au préfet du département dans lequel ce propriétaire est domicilié. Les prescriptions des articles 19 et 20 s'appliquent à ce cas, sauf remplacement des indications de l'article 20 numérotées 2, 3 et 6 par celles mentionnées à l'article 27.

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

TITRE IV

Chaudières des machines locomotives

Art. 29. — Les machines à vapeur locomotives sont celles qui, sur terre, travaillent en même temps qu'elles se déplacent par leur propre force, telles que les machines des chemins de fer et des tramways, les machines routières, les rouleaux compresseurs, etc.

Art. 30. — Les dispositions du titre 1^{er} modifiées par l'article 26 sont applicables aux chau-

dières des machines locomotives. Ces machines doivent être pourvues de la plaque prescrite par l'article 27.

Art. 31. — Les dispositions de l'article 28, paragraphe 1^{er}, s'appliquent également à ces chaudières.

Art. 32. — La circulation des machines locomotives a lieu dans les conditions déterminées par des règlements spéciaux.

TITRE V

Réipients

Art. 33. — Sont soumis aux dispositions suivantes les réipients de formes diverses d'une capacité de plus de 100 litres, qui reçoivent de la vapeur d'eau empruntée à un générateur distinct. Sont exceptés toutefois :

1° Ceux dans lesquels des dispositions matérielles efficaces empêchent la pression effective de cette vapeur de dépasser 300 grammes par centimètre carré ;

2° Les cylindres de machines avec ou sans enveloppes, les enveloppes de turbines, les tuyauteries.

Art. 34. — Ces réipients sont soumis aux épreuves et assujettis à la déclaration, soit con-

formément aux articles 2 à 5 et aux articles 19 et 20, s'ils sont installés à demeure, soit conformément aux articles 26 et 28, s'ils sont mobiles. Dans ce dernier cas, l'article 27 leur est applicable.

Art. 35. — Tout récipient dont le timbre n'est pas au moins égal à celui de la chaudière ou des chaudières dont il dépend, doit être garanti contre les excès de pression par une soupape de sûreté si sa capacité est inférieure à 1 mètre cube, ou par deux soupapes de sûreté si sa capacité atteint ou dépasse 1 mètre cube. Cette soupape ou ces soupapes doivent remplir, par rapport au timbre du récipient, les conditions fixées à l'article 7.

Elles peuvent être placées, soit sur le récipient lui-même, soit sur le tuyau d'arrivée de la vapeur, entre le robinet et le récipient.

Art. 36. — Lorsqu'un récipient ou un groupe de récipients formant un même appareil doit, en vertu de l'article 35, être muni d'une ou de deux soupapes de sûreté, il doit également être muni d'un manomètre et d'un ajustage remplissant les conditions spécifiées à l'article 9.

Art. 37. — Un récipient est considéré comme n'ayant aucun produit caractéristique, s'il ne renferme pas normalement d'eau à l'état liquide

et s'il est pourvu d'un appareil de purge fonctionnant d'une manière efficace et évacuant l'eau de condensation à mesure qu'elle prend naissance. S'il n'en est pas ainsi, son produit caractéristique est le produit $V(t - 100)$ calculé comme pour une chaudière.

Un récipient, installé à demeure, dont le produit caractéristique excède 200, doit être en dehors de toute maison habitée et de tout bâtiment fréquenté par le public.

TITRE VI

Dispositions générales

Art. 38. — Le ministre peut, sur le rapport des ingénieurs des mines, l'avis du préfet et celui de la commission centrale des machines à vapeur, accorder dispense de tout ou partie des prescriptions du présent décret, dans le cas où il serait reconnu que cette dispense ne peut pas avoir d'inconvénient.

Art. 39. — Les chaudières et récipients à vapeur en activité, ainsi que leurs appareils et dispositifs de sûreté doivent être constamment en bon état d'entretien et de service.

La conduite des chaudières à vapeur ne doit

être confiée qu'à des agents sobres et expérimentés.

L'exploitant est tenu d'assurer en temps utile les nettoyages, les réparations et les remplacements nécessaires.

A l'effet de reconnaître l'état de chaque appareil à vapeur et de ses accessoires, il doit faire procéder par une personne compétente, aussi souvent qu'il est nécessaire et au minimum une fois chaque année, à l'examen défini de l'article 40.

Cet examen doit, notamment, avoir lieu dans chacun des cas mentionnés à l'article 3.

Lorsque l'appareil arrive à l'expiration de la période décennale ou quinquennale visée aux articles 3 et 26, il doit être procédé au dit examen, soit préalablement à l'octroi du sursis prévu par ces articles, soit, si l'épreuve a lieu, aussitôt après cette épreuve.

Art. 40. — L'examen consiste dans une visite complète de l'appareil, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Le visiteur dresse, de chaque examen, un compte-rendu mentionnant les résultats de l'examen et les défauts qui auraient été constatés. Ce compte-rendu daté et signé par le visiteur, doit être représenté par l'exploitant à toute réquisition du service des mines.

En ce qui concerne les appareils dont le délai de réépreuve périodique est fixé à cinq années par les articles 26, 30 et 34, l'exploitant est tenu d'envoyer en communication à l'ingénieur des mines chaque compte-rendu d'examen dressé conformément aux dispositions qui précèdent.

Art. 41. — L'exploitant doit tenir un registre d'entretien où sont notés à leur date, pour chaque appareil à vapeur, les épreuves, les examens intérieurs et extérieurs, les nettoyages et les réparations. Ce registre doit être coté et paraphé par un représentant de l'autorité chargée de la police locale. Il est présenté à toute réquisition des fonctionnaires du service des mines.

Art. 42. — Les appareils mobiles sont assujettis aux mêmes conditions d'emplacement que les appareils fixes, lorsqu'ils restent pendant plus de six mois installés pour fonctionner sur le même emplacement.

Art. 43. — Les conditions fixées par les articles 7 et 12, ainsi que celles relatives à l'emplacement des chaudières et des récipients, ne sont pas applicables aux appareils installés ou mis en service avant la promulgation du présent décret et satisfaisant, sur ces points, aux règlements antérieurs.

Art. 44. — Les contraventions au présent

réglement sont constatées, poursuivies et réprimées conformément aux lois.

Art. 45. — En cas d'accident ayant occasionné la mort ou des blessures, le chef de l'établissement doit prévenir immédiatement le maire de la commune et l'ingénieur des mines chargé de la surveillance. L'ingénieur se rend sur les lieux, dans le plus bref délai, pour visiter les appareils, en constater l'état et rechercher les causes de l'accident. Il rédige sur le tout :

1° Un procès-verbal des constatations faites qu'il adresse à l'ingénieur en chef et que celui-ci fait parvenir au procureur de la République avec son avis ;

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

Si l'ingénieur des mines délègue le contrôleur subdivisionnaire des mines pour se rendre sur les lieux, ce dernier établit et signe le procès-verbal et le rapport. Il les adresse à l'ingénieur des mines et celui-ci les transmet avec ses observations à l'ingénieur en chef, qui procède comme il est dit ci-dessus.

En cas d'accident n'ayant occasionné ni mort ni blessure, le chef de l'établissement n'est tenu de prévenir que l'ingénieur des mines. L'enquête

est faite sur place par l'ingénieur ou, par délégation de l'ingénieur, par le contrôleur subdivisionnaire. L'ingénieur ou le contrôleur qui a procédé à l'enquête rédige un rapport qui est adressé au préfet comme dans le premier cas.

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

Art. 46. — Par exception, le ministre pourra confier la surveillance des appareils à vapeur aux ingénieurs ordinaires et aux conducteurs des ponts et chaussées, sous les ordres de l'ingénieur en chef des mines de la circonscription.

Art. 47. — Les appareils à vapeur qui dépendent des services spéciaux de l'État sont surveillés par les fonctionnaires et agents de ces services.

Art. 48. — Les attributions conférées aux préfets des départements par le présent décret sont exercées par le préfet de police dans toute l'étendue de son ressort.

Art. 49. — Sont rapportés les décrets du 30 avril 1880 et du 29 juin 1886.

Art. 50. — Le ministre des travaux publics, des postes et des télégraphes est chargé de l'exé-

156 RÈGLEMENT POUR LES APPAREILS A VAPEUR

ction du présent décret, qui sera publié au
Journal officiel et inséré au *Bulletin des lois*.

Fait à Rambouillet, le 9 octobre 1907.

A. FALLIÈRES.

Par le Président de la République :

*Le Ministre des travaux publics, des postes
et des télégraphes,*

LOUIS BARTHOU.

TABLEAUX DIVERS

I. TABLE DONNANT LA TEMPÉRATURE (EN DEGRÉS CENTIGRADES) DE L'EAU CORRESPONDANT A UNE PRESSION DONNÉE (EN KILOGRAMMES EFFECTIFS) (1).

Valeurs correspondantes			
De la pression effective en kilogrammes	De la température en degrés C.	De la pression effective en kilogrammes	De la température en degrés C.
0,5	111	10,5	185
1,0	120	11,0	187
1,5	127	11,5	189
2,0	133	12,0	191
2,5	138	12,5	193
3,0	143	13,0	194
3,5	147	13,5	196
4,0	151	14,0	197
4,5	155	14,5	199
5,0	158	15,0	200
5,5	161	15,5	202
6,0	164	16,0	203
6,5	167	16,5	205
7,0	170	17,0	206
7,5	173	17,5	208
8,0	175	18,0	209
8,5	177	18,5	210
9,0	179	19,0	211
9,5	181	19,5	213
10,0	183	20,0	214

(1) Annexée au Décret du 9 octobre 1907.

II. AIR SEC ET AIR SATURÉ

Températures	Air sec		Pour 1 mètre cube d'air saturé			
	Volumen — Le volume à 0° et 760 ^{mm} étant 1	Poids du mètre cube	Poids		Chaleur	
			Air sec	Vapeur	Air	Vapeur
degrés C.	m. cubes	kilog.	kilog.	kilog.	calories	calories
— 11	0,960	1,347				
— 5	0,980	1,318				
0	1,000	1,293	1,2854	0,0049	0,0000	2,9528
+ 5	1,020	1,266	1,2589	0,0068	1,4963	4,1290
11	1,041	1,241	1,2270	0,0100	3,2082	6,0750
17	1,061	1,218	1,1941	0,0144	4,8254	8,7898
22	1,082	1,205	1,1656	0,0193	6,0955	11,806
28	1,102	1,173	1,1293	0,0270	7,5163	16,587
33	1,122	1,152	1,0967	0,0353	8,6027	21,775
39	1,143	1,134	1,0538	0,0482	9,7691	29,795
44	1,163	1,110	1,0141	0,0618	10,606	38,294
50	1,184	1,092	0,9604	0,0823	11,415	51,143
55	1,204	1,073	0,9997	0,1034	11,893	64,480
61	1,224	1,056	0,8400	0,1348	12,179	84,243
67	1,245	1,038	0,7588	0,1736	12,085	108,84
72	1,265	1,027	0,6809	0,2127	11,654	133,67
78	1,285	1,004	0,5731	0,2689	10,624	169,49
83	1,306	0,989	0,4694	0,3246	8,2609	205,08
89	1,326	0,974	0,3261	0,4035	6,8986	255,67
94	1,347	0,961	0,1888	0,4806	4,2195	305,26
100	1,367	0,946	0,0000	0,5884	0,0000	374,82

A DIVERSES TEMPÉRATURES

Air saturé		Températures	Air sec	
Poids de vapeur dans			Volumés — Le volume à 0° et 760 ^{mm} étant 1	Poids du mètre cube
1 m. cube d'air saturé	1 kilog. d'air sec			
ki.og.	kilog.	degrés C.	m. cubes	kilog.
0,00200		121	1,414	0,894
0,00324		149	1,516	0,834
0,00487	0,00380	163	1,597	0,809
0,00679	0,00540	191	1,689	0,763
0,00996	0,00815	204	1,750	0,737
0,01437	0,01210	232	1,852	0,698
0,01925	0,01656	260	1,954	0,660
0,02697	0,02388	286	2,056	0,616
0,03532	0,03226	312	2,150	0,601
0,04818	0,04572	340	2,260	0,571
0,06177	0,06090	367	2,362	0,540
0,08226	0,08565	395	2,465	0,524
0,10345	0,11377	422	2,566	0,504
0,13468	0,16043	450	2,668	0,484
0,17357	0,22883	477	2,770	0,467
0,21265	0,31237	505	2,871	0,450
0,26880	0,46926	532	2,974	0,429
	0,69160			
	1,23740			
	2,54515			
	∞			

Multipliant le degré hygrométrique par les chiffres de cette colonne, on a le poids de vapeur.

Le poids de la vapeur saturée à pression et température égales = 5/8 de l'air sec.

III. POIDS ET VOLUME DE L'OXYGÈNE ET

(D'après

Combustibles	Poids moléculaires			Poids par kilogramme de combustible			
	Combustibles	Oxygène	Produits	Combustion			
				Par l'oxygène		Par l'air	
				Oxygène	Produits	Air	Produits
Carbone . . .	12	32	$\text{CO}^2 = 44$	2,667	3,667	11,594	12,594
Carbone . . .	12	16	$\text{CO} = 28$	1,333	2,333	5,797	6,797
Oxyde de carbone (CO) .	28	16	$\text{CO}^2 = 44$	0,571	1,571	2,484	3,484
Hydrogène . .	2	16	$\text{H}^2\text{O} = 18$	8,000	9,000	34,784	35,784
Formène CH^4 .	16	80	$\left. \begin{array}{l} \text{CO}^2 = 44 \\ 2\text{H}^2\text{O} = 36 \end{array} \right\}$	4,000	5,000	17,392	18,392
Éthylène C^2H^6 .	28	120	$\left. \begin{array}{l} 2\text{CO}^2 = 88 \\ 2\text{H}^2\text{O} = 36 \end{array} \right\}$	3,428	4,428	14,903	15,903

DE L'AIR NÉCESSAIRE A LA COMBUSTION

M. Ser)

Composition en volume			Volume en mètres cubes ramenés à 0° C., par kilogramme de combustible				
Combustibles	Oxygène	Produits	Combustion gazeuse	Combustion			
				Par l'oxygène		Par l'air	
				Oxygène	Produits	Air	Produits
1C	2O	2CO ²	0,9325	1,8650	1,8650	8,9669	8,9669
1C	1O	2CO	0,9325	0,9325	1,8650	4,4834	5,4159
2CO	1O	2CO ²	0,7986	0,3993	0,7986	1,9188	2,3181
2H	1O	2H ² O	11,1700	5,5850	11,1700	26,8500	32,4350
1C+4H	4O	{ 2CO ² 4H ² O }	1,3990	2,7980	4,1970	13,4520	14,8510
1C+2H	3O	{ 2CO ² 2H ² O }	0,7986	2,3958	3,1940	11,5190	12,3176

IV. COMPOSITION ET PUISSANCE CALORIFIQUE DE DIVERS COMBUSTIBLES (MAHLER)

Désignation des combustibles	Analyse élémentaire					Matières volatiles	pouvoir calorifique	
	Carbone	Hydrogène	Oxygène	Azote	Eau hygroscopique		Cendres	Observé
Houille flamante du puits Sainte-Marie (Blanzy)	79,378	4,967	8,735	1,13	3,90	1,90	7 865,8	8 358,1
Houille à gaz de Commentry	80,183	5,245	7,193	0,98	3,06	3,40	7 870,4	8 408,5
" " Lens	83,727	5,216	6,007	1,00	1,05	29,55	8 395	8 744,7
Houille grasse du Treuil (St-Etienne)	84,546	4,772	4,592	0,84	1,25	4,00	8 391,7	8 856,7
Houille demi-grasse du puits Saint-Marc (Anzin)	88,473	4,139	3,458	1,18	1,35	1,70	8 392,5	8 636,5
Houille anthrac. de Kébao (Tonkin).	85,746	2,733	2,671	0,60	1,80	5,45	7 828,1	8 532
Anthracite de Pensylvanie	86,456	1,995	1,449	0,75	4,45	5,90	7 484,4	8 256,4
Lignite de la Terre de Feu	46,159	3,862	13,070		16,50	18,50	4 885	7 039
" de Trifail (Syrte)	65,455	4,782	23,303		0,71	4,75	6 284	6 646
" de Vaugivard	59,765	4,512	25,799		3,14	6,75	5 536	6 076
Tourbe de Bobène	53,183	5,542	34,230		6,13	0,92	5 489	5 903
Bois sapin de Norvège (partiellement desséché).	47,366	5,581	39,780		6,94	0,33	4 477	4 477
Bois de chêne de Lorraine	46,368	5,427	40,335		6,92	0,75	4 329	4 329
Cellulose (C ₁₂ H ₁₀ O ₁₀)	41,440	6,170	49,390	0,75	"	"	4 200	4 200

IV (suite). COMPOSITION ET PUISSANCE CALORIFIQUE DE DIVERS COMBUSTIBLES (MALHER)

Désignation des combustibles	Analyse élémentaire					Pouvoir calorifique	
	Carbone	Hydrogène	Oxygène et Azote	Eau hygroscopique	Cendres	Observé directement	Abstraction faite des cendres et de l'eau
Coke métallurgique de la Grand-Combe	89,273	0,212	2,215	0,500	7,800	7 010	7 290
Coke de houille de Commentry (préparé)	92,727	0,444	2,629	"	4,200	7 665	8 001
Coke de houille demi-grasse d'Anzin (id.)	94,582	0,633	1,585	"	3,200	7 787	8 004
Coke d'antracite de Pensylvanie.	91,036	0,685	2,146	0,233	5,900	7 528	8 036
Coke ou pétrole d'Amérique	97,885	0,489	1,222	"	0,200	8 057	8 073
Houille oxydée à chaud de Commentry.	70,036	3,311	23,053	"	3,600	6 115	6 384
Houille oxydée à froid de Bianzy.	72,436	4,314	15,020	3,500	4,600	7 119	7 754
Huile lourde de pétrole d'Amérique	86,894	13,107	"	"	"	10 913	"
Pétrole raffiné d'Amérique	85,491	14,216	0,293	"	"	11 047	"
Essence de pétrole d'Amérique	80,583	15,101	4,316	"	"	11 086	"
Pétrole brut d'Amérique.	83,012	13,889	3,099	"	"	11 094	"
Huile lourde de Bakou (Russie)	86,700	12,944	"	"	0,35	10 805	10 843
Pétrole de Novorossisk (Caucase)	84,906	11,636	3,458	"	"	10 328	"
Naphtosoliste de la Nouvelle-Galles.	74,574	10,576	3,913	"	10,937	9 246	10 381
Ozokérite de Boryslaw	83,510	14,440	0,100	"	1,950	10 946	11 163

VII. MOYENNES D'ANALYSES DE HOUILLES (SAILLARD)

Numéro de la mine	Cendres p. 100 de matière sèche		Matières volatiles p. 100 de matière combustible	
	Teneurs extrêmes	Teneurs moyennes	Teneurs extrêmes	Teneurs moyennes
	<i>a) Mines Françaises</i>			
1.	14,24 - 22,66	18,45	33,4 - 37,3	35,35
2.	6,39 - 14,19	11,60	35,3 - 37,5	36,40
3.	12,97 - 10,41	7,34	15,40 - 32,20	24,83
4.	3,06 - 36,69	9,55	12,9 - 34,6	17,40
5.	7,83 - 8,76	8,15	28,1 - 30,2	29,3
6.	5,16 - 16,03	8,04	14,7 - 29	24,3
7.	5,18 - 14,28	8,96	16,7 - 25,6	21,76
8.	6,02 - 13,82	9,27	16,7 - 28,70	24,90
9.	6,64 - 16,85	11,55	10,9 - 17,1	13
10.	7,81 - 12,45	9,86	10,9 - 19,6	16,8
11.	5,55 - 14,09	10,83	21,4 - 28,2	25,15
12.	" "	6,64	" "	15,9
13.	7,00 - 7,75	7,37	16,6 - 17,1	16,85
14.	2,98 - 20,86	9,86	10,44 - 24,44	18,19

15.	6,14 - 14,38	8,62	11,8 - 20,9	17,2
16.	4,10 - 16,73	8,81	13,20 - 25,9	19,36
17.	" "	11,06	" "	23,80
18.	" "	9,60	" "	11,80
19.	10,18 - 12,08	11,13	42,2 - 43,7	43,00
20.	" "	9,39	" "	15,2
<i>b) Mines de Belgique</i>				
22.	3,12 - 8,55	6,66	12,13 - 14,7	13,7
23.	3,06 - 10,92	8,39	13,18 - 15,7	14,52
24.	5,65 - 9,23	7,70	13,5 - 14,7	14,2
25.	6,72 - 9,90	8,21	16,4 - 16,8	16,7
26.	" "	11,42	" "	17,2
27.	" "	3,20	" "	24,5
28.	4,88 - 13,10	10,01	18,5 - 34	29,3
29.	9,85 - 12,14	10,99	26,1 - 27,2	26,6
29 bis.	7,85 - 9,01	8,86	15,5 - 17,2	16,6
30.	6,28 - 7,18	6,73	12,5 - 14,58	13,55
31.	" "	8,65	" "	12,6
32.	14,08 - 16,57	15,12	11,7 - 21,3	15,25
<i>c) Mines d'Allemagne</i>				
38.	" "	11,30	" "	10
39.	6,84 - 8,39	7,75	16,6 - 19,4	18,03

VIII. PUISSANCE CALORIFIQUE DE QUELQUES
MATIÈRES ET RÉSIDUS INDUSTRIELS (DIVERS)

Substance	Puissance calorifique	Auteurs
Alcool éthylique.	7 068	Berthelot et Matignon
" méthylique	5 321	Stohmann et Klaber
" amylique (Fusel).	5 021	Luginin
Benzine	9 949	Berthelot
Naphtaline	9 664	"
Cire du Japon	9 000	Stohmann
Stéarine	9 429	"
Fibres de laine	5 510	"
Graisse de bœuf	9 357	"
" cheval	9 384	"
" mouton.	9 406	"
" porc.	9 380	"
Beurre	9 192	"
Huile de colza	9 489	"
" d'olive.	9 328	"
Glycérine	4 317	"
Bagasse (cannes à sucre épuisées).	3 974	} d'après les données de M. Krügger
Feuilles de cannes à sucre.	3 542	
Mélasse de betteraves	3 000	Matignon
" de cannes	2 675	"
Alcool dénaturé 90°	5 520	Sorel
" allemand.	6 119	Bunte
Alcool carburé (électrine) à 50 0/0.	7 453	Sorel
Pétrole russe.	10 969	Mehr
Pétrole américain	11 044	"
Essence de pétrole	11 344	"
Ergine	10 020	"
Benzol	10 036	"
Huile de paraffine.	10 250	"

BIBLIOGRAPHIE

- E. BAILLET. — *Contrôle permanent de la chauffe*, Lille.
- BECKERT. — *Eisenhüttenkunde*, Berlin, 1898.
- DONATH. — *Ueber den Zug und die Kontrolle der Dampfkesselfeuerungen*, Vienne, 1902.
- FISCHER. — *Manuel pour l'essai des combustibles*, Paris, 1902, Béranger.
- IZART. — *Méthodes économiques de combustion*, 2^e édition. Paris, Dunod et Pinat, 1908.
- *Économie dans la chaufferie*, Mois industriel, n^o 9. Paris, Dunod et Pinat.
- LE CHATELIER. — *Pyromètre électrique*, Comptes-rendus de l'Ac. des Sc., CXIV (1891), p. 470.
- MOHR. — *Feuerungstechnische Untersuchungen*, Berlin, 1906.
- VON REICHER. — *Anlage und Betrieb der Dampfkessel*, Leipzig, 1876.
- POILLON. — *Emploi de l'air chaud pour la combustion*. Bulletin de l'Assoc. des Chimistes, avril 1907, t. XXIV, p. 1360.
- EM. SAILLARD. — *Les charbons employés en sucrerie*, Paris, 1904.
- *Le contrôle des générateurs*, Circulaire hebdomadaire des fabricants de sucre, n^o 759.
- SCHUEURER-KESTNER. — *Pouvoir calorifique des combustibles solides, liquides et gazeux*, Paris, Masson, 1896.

170 CONSOMMATION DES CHAUDIÈRES A VAPEUR

- E. SCHMIDT. — *Compte-rendu de l'ouvrage de M. Izart sur les méthodes économiques de combustion*, Amiens, 1907.
- SEYFFART. — *Kesselhaus-und Kalkofen-kontrolle*, 2^e édition, Magdebourg et Vienne, 1904.
- SIDERSKY. — *Constantes physico-chimiques*. Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire Léauté. Paris, Gauthier-Villars et Masson, 1897.
- *Aide-mémoire de sucrerie*, Paris, Béranger, 1898.
- *Essai des combustibles*. Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire Léauté. Paris, Gauthier-Villars et Masson, 1904.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS	5

CHAPITRE PREMIER

Production économique de la vapeur

Différents types de chaudières à vapeur	7
Choix d'un bon combustible	8
Méthodes de chauffe	8
Installation de la grille, du cendrier et du registre. A. Grille; B. Cendrier; C. Registre	10
Conseils pratiques au chauffeur	16
a) Pour charger les feux	16
b) Entretien des feux	18
c) Décrassage	20
d) Charbon	22
Volume d'air théorique nécessaire à la combustion.	22
Volume d'air pratiquement admissible à la combustion.	25
Les anémomètres	27

CHAPITRE II

Rendement et pertes de chaleur

Causes des mauvais rendements	29
Importance des pertes de chaleur.	31
Moyens d'atténuer les pertes de chaleur	35
Tableau de M. Izart.	35

172 CONSOMMATION DES CHAUDIÈRES A VAPEUR

CHAPITRE III

Contrôle des pertes de chaleur par l'analyse des gaz des carneaux

	Pages
Importance de l'analyse des gaz	40
Table des pertes de chaleur (Beckert)	44
Pyromètres électriques.	43
Couple thermo-électrique de M. Le Chatelier	46
Galvanomètre pyrométrique enregistreur de M. Le Chatelier.	48
Tirage de la cheminée	51
Indicateur simple	51
Indicateur Scheurer-Kestner	52
Appareil Hudler	53

CHAPITRE IV

Échantillonnage et analyse des gaz

Prise d'échantillon	55
Aspirateur à eau	55
Appareil Ridder	56
Dosage de l'acide carbonique	59
Appareil Orsat perfectionné	59
Analyseur rapide système Baillet.	62
Burette à gaz Hempel	64
Carbonimètre Sidersky.	66

CHAPITRE V

Analyseurs automatiques des gaz

Système des primes aux chauffeurs	70
Dasympètre Siegert et Dürr	70
Économètre Arndt	71
Balance à gaz de Lux	72

TABLE DES MATIÈRES

173

	Pages
Analyseur - enregistreur automatique système Krell-Schultze	73
Analyseur - enregistreur automatique système Ados	74
Entretien de l'appareil.	82

CHAPITRE VI

Calcul des rendements

Calcul des consommations	84
a) Quantité de charbon brûlé par mètre carré de surface de grille et par heure	84
b) Quantité d'eau vaporisée par mètre carré de surface de chauffe et par heure	85
c) Quantité de vapeur produite par kg. de charbon brûlé	87
Poids du charbon consommé	88
Compteur d'eau système Schmid	88

CHAPITRE VII

Normes internationales

Association internationale pour la surveillance des chaudières à vapeur	91
--	----

Règles générales

Objet des essais	92
Nombre et durée des expériences	93
Variations admissibles	93
Poids et mesures pour les calculs.	94
Exécution des essais.	96
Essais des chaudières à vapeur.	96
Calcul des pertes de chaleur d'une chaudière à vapeur.	102

174 CONSOMMATION DES CHAUDIÈRES A VAPEUR

CHAPITRE VIII

Économie dans les méthodes de chauffe

	Pages
Améliorations possibles	107
A. Alimentation de combustible	107
B. Alimentation d'air	110
Réchauffage de l'air système Poillon.	113
C. Récupération des chaleurs perdues. Les bouilleurs-décanteurs.	119

ANNEXES

Réglement pour les chaudières à vapeur

I. Rapport du Ministre des Travaux publics .	121
II. Décret du 9 octobre 1907.	130

Tableaux divers

I. Comparaison des pressions et des températures	157
II. Air sec et air saturé à diverses températures	158
III. Poids et volume de l'oxygène et de l'air nécessaire à la combustion (Ser).	160
IV. Composition et puissance calorifique des divers combustibles (Mahler)	162
V. Composition et puissance calorifique des lignites (Langbein).	164
VI. Composition et puissance calorifique des divers combustibles gazeux (divers)	165
VII. Moyennes d'analyses de houilles (Saillard).	166
VIII. Puissance calorifique de quelques matières et résidus industriels (divers)	168
BIBLIOGRAPHIE	169

SAINT-AMAND (CHER). — IMPRIMERIE BUSSIÈRE

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS

55. Quai des Grands-Augustins, Paris (6^e).

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

ŒUVRES DE CHARLES HERMITE

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Par **Émile PICARD**,
Membre de l'Institut.

TROIS VOLUMES IN-8 (25-16) SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : Vol. de XL-500 p., avec un portrait d'Hermite; 1905. 18 fr.
TOME II : Volume de VI-520 pages avec un portrait; 1908.. 18 fr.
TOME III..... (Sous presse.)

LEÇONS ÉLÉMENTAIRES

SUR LE

CALCUL DES PROBABILITÉS

Par **R. de MONTESSUS**,
Docteur ès sciences mathématiques, Lauréat de l'Institut.

PHILOSOPHIE DU HASARD. PRINCIPE DU CALCUL DES PROBABILITÉS.
JEUX DE HASARD. JEUX SAVANTS. LA SPÉCULATION.
PROBABILITÉ GÉOMÉTRIQUE. PROBABILITÉ DES CAUSES. TIR DES ARMES A FEU.
LES ASSURANCES. LES SCIENCES MORALES ET ÉCONOMIQUES.

IN-8 (25-16) DE VI-191 PAGES AVEC 17 FIGURES; 1908..... 7 FR.

LES RAYONS CATHODIQUES

Par **P. VILLARD**,
Docteur ès sciences, Lauréat de l'Institut.

DEUXIÈME ÉDITION.

IN-8 (20-13) DE 107 PAGES, AVEC 48 FIGURES, CARTONNÉ; 1908. 2 FR.

ENCYCLOPÉDIE
DES
SCIENCES MATHÉMATIQUES
PURES ET APPLIQUÉES,

Publiée sous les auspices des Académies des Sciences de Munich,
de Vienne, de Leipzig et de Göttingue,

Édition française publiée d'après l'édition allemande

SOUS LA DIRECTION DE

Jules MOLK,

Professeur à l'Université de Nancy.

Avec le concours de nombreux savants et professeurs français.

L'édition française de l'*Encyclopédie* est publiée en sept tomes formant chacun trois ou quatre volumes de 300 à 500 pages grand in-8, paraissant en fascicules de 10 feuilles environ in-8 (25-16).

Fascicules parus du Tome I :

Volume I. Fascicule 1	5 fr.
Volume I. Fascicule 2	5 fr. 25 c.
Volume II. Fascicule 1	8 fr.
Volume III. Fascicule 1	8 fr.
Volume III. Fascicule 2	8 fr.
Volume IV. Fascicule 1	5 fr.

LEÇONS

DE

PHYSIQUE GÉNÉRALE

PAR

James CHAPPUIS,

Professeur de Physique générale

à l'École centrale des Arts et Manufactures.

Alphonse BERGET,

Attaché au Laboratoire

des Recherches physiques à la Sorbonne.

COURS PROFESSE A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES

et complété suivant le programme du certificat de Physique générale.

2^e édition entièrement refondue. 3 volumes in-8 (25-16),
avec figures.

TOME I: *Instruments de mesure. Pesanteur. Élasticité. Statique des liquides et des gaz*; avec 306 figures; 1907..... 18 fr.

TOME II: *Electricité et Magnétisme*, avec 400 fig.; 1900.. 15 fr.

TOME III: *Acoustique. Optique. Electro-optique.* (Sous presse.)

LA THÉORIE DE MAXWELL ET LES OSCILLATIONS HERTZIENNES

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL

Par H. POINCARÉ,

Membre de l'Institut,

TROISIÈME ÉDITION.

IN-8 (20-13) DE 97 PAGES AVEC 9 FIGURES, 1907; CARTONNÉ. 2 FRANCS

LA CONSTRUCTION

EN

BÉTON ARMÉ

GUIDE THÉORIQUE ET PRATIQUE

Par C. KERSTEN,

Ingénieur-Architecte,

Professeur à l'École royale des Travaux publics de Berlin.

Traduit d'après la 3^e édition allemande par P. POINSIGNON,
Ingénieur E. C. L.

2 VOLUMES IN-8 (23-14) SE VENDANT SÉPARÉMENT.

I^{re} PARTIE : *Calcul et exécution des formes élémentaires.* Volume de IV-194 pages avec 119 figures; 1907..... 6 fr.

II^{re} PARTIE : *Applications à la construction en élévation et en sous-sol.* Volume de VII-280 pages avec 497 figures; 1908.

EXERCICES ET PROJETS

D'ÉLECTROTECHNIQUE

PUBLIÉS SOUS LA DIRECTION DE

Eric GERARD,

Directeur de l'Institut électrotechnique
Montefiore.

Omer De BAST,

Sous-Directeur

de l'Institut électrotechnique Montefiore.

DEUX VOLUMES IN-8 (25-16) SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : *Applications de la Théorie de l'électricité et du magnétisme.* Volume de VII-240 pages, avec 96 figures; 1907.... 6 fr.

TOME II : *Applications relatives aux machines et installations électriques.* (Sous presse.)

LA REVUE ÉLECTRIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE M. J. BLONDIN,

Avec la collaboration de MM. ARMAGNAT, BECKER, BOURGUIGNON,
COURTOIS, DA COSTA, JACQUIN, JUMAU, GOISOT,
J. GUILLAUME, LABROESTE, LAMOTTE, MAUDUIT, MAURAIN,
PELLISSIER, RAVEAU, G. RICHARD, TURPAIN, etc.

La *Revue électrique* paraît deux fois par mois, par fascicules de 32 pages in-4 (28-22). Elle forme par an 2 volumes de 400 pages environ.

Prix de l'abonnement pour un an :

(A partir du 1^{er} janvier ou du 1^{er} juillet.)

Paris.....	25 fr.
Départements.....	27 fr. 50 c.
Union postale.....	30 fr.

Les années antérieures se vendent..... 22 fr.

LA TERRE ET LA LUNE

FORME EXTÉRIEURE ET STRUCTURE INTERNE

Par P. PUISEUX,

Astronome à l'Observatoire de Paris.

IN-8 (25-16) DE IV-176 PAGES AVEC 28 FIG. ET 26 PL.; 1908. 9 FR.

COURS D'ÉLECTRICITÉ

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS,

Par H. PELLAT,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

TROIS VOLUMES IN-8 (25-16) SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : <i>Électrostatique. Lois d'Ohm. Thermo-électricité</i> , volume de vi-329 pages, avec 145 figures; 1901.....	10 fr.
TOME II : <i>Électrodynamique. Magnétisme. Induction. Mesures électromagnétiques</i> , volume de iv-554 pages, avec 221 figures; 1903.....	18 fr.
TOME III : <i>Électrolyse. Électrocapillarité. Ions gazeux</i> , volume de vi-290 pages, avec 77 figures; 1908.....	10 fr.

LEÇONS SUR LES THÉORIES GÉNÉRALES

DE

L'ANALYSE

Par René BAIRE,

Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

DEUX VOLUMES IN-8 (25-16), SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : *Principes fondamentaux, variables réelles.* Volume de X-232 p., avec 17 figures; 1907..... 8 fr.

TOME II : *Fonctions analytiques. Équations différentielles. Applications géométriques. Fonctions elliptiques.* (Sous presse.)

MESURES ÉLECTRIQUES

ÉTALONS ET INSTRUMENTS.

ESSAIS MÉCANIQUES, PHOTOMÉCANIQUES, MAGNÉTIQUES
ET ÉLECTRIQUES.

APPLICATIONS AUX LIGNES, GÉNÉRATEURS,
MOTEURS ET TRANSFORMATEURS.

LEÇONS DONNÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE

Par Eric GERARD,

Directeur de cet Institut, Ingénieur principal des Télégraphes,
Professeur à l'Université de Liège.

3^e ÉDITION. IN-8 (25-16) DE IX-702 PAGES, AVEC 304 FIG.; 1908... 12 fr.

LA CONSTRUCTION

D'UNE

LOCOMOTIVE MODERNE

Par le D^r Robert GRIMSHAW,

Ingénieur, Auteur des « Procédés mécaniques spéciaux ».

Traduit sur la 2^e édition allemande, par P. POINSIGNON, Ingén. E. C. L.
IN-8 (23-14) DE XIV-64 PAGES, AVEC 42 FIGURES; 1907... 3 fr. 75 c.

LECONS DE MÉCANIQUE CÉLESTE

PROFESSÉES A LA SORBONNE

Par **H. POINCARÉ**,

Membre de l'Institut.

TROIS VOLUMES IN-8 (25-16), SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I. — *Théorie générale des perturbations planétaires.*

Volume de VI-367 pages; 1905..... 12 fr.

TOME II. — (I^{re} PARTIE). — *Développement de la fonction perturbatrice.* Volume de IV-167 pages; 1907..... 8 fr.

— II^e PARTIE. — *Théorie des petites planètes. Théorie de la Lune.*
(En préparation.)

THÉORIE ET USAGE

DE LA

RÈGLE A CALCULS

(RÈGLE DES ÉCOLES — RÈGLE MANNHEIM)

Par **P. ROZÉ**,

Licencié ès Sciences.

IN-8 (23-14) de IV-118 p., AVEC 85 FIG. ET 1 PL.; 1907... 3 fr. 50 c.

TABLES NUMÉRIQUES

ET LOGARITHMIQUES A L'USAGE DES CHIMISTES

Par **O.-E. TSAKALOTOS** et **Erio METTLER**,

Assistants aux Laboratoires de Chimie technique et théorique à l'Université de Genève.

VOLUME IN-16 (19-12) DE VI-108 PAGES; 1907..... 3 fr.

SUR L'ORIGINE DU MONDE

THÉORIES COSMOGONIQUES DES ANCIENS & DES MODERNES

Par **H. FAYE**,

Membre de l'Institut.

Quatrième édition, avec une Préface de **H. DESLANDRES**, de l'Institut.

VOLUME IN-8 (23-14) DE XI-313 p., AVEC FIG.; 1907..... 6 fr.

LÉCTURES DE MÉCANIQUE

LA MÉCANIQUE ENSEIGNÉE PAR LES AUTEURS ORIGINAUX

Par **E. JOUGUET**,
Ingénieur des Mines.

DEUX VOLUMES IN-8 (25-15) SE VENDANT SÉPARÉMENT.

I^{re} PARTIE : *La naissance de la Mécanique*. Volume de x-210 p.
avec 88 figures; 1908..... 7 fr. 50 c.

II^e PARTIE : *L'organisation de la Mécanique*. (Sous presse.)

L'ÉLECTRICITÉ

DÉDUITE DE L'EXPÉRIENCE

ET RAMENÉE AU PRINCIPE DES TRAVAUX VIRTUELS

Par **E. CARVALLO**,
Docteur ès sciences, Agrégé de l'Université.

2^e édition. In-8 (20-13) de 98 p. avec 12 fig.; 1907; cartonné. 2 fr.

GULDE DE PRÉPARATIONS ORGANIQUES A L'USAGE DES ÉTUDIANTS

Par **Emil FISCHER**,
Professeur de Chimie à l'Université de Berlin.

Traduction d'après la 7^e édition allemande, par H. DECKER et G. DONANT.

In-16 (19-12) de xvii-110 pages, avec 19 figures; 1907., 2 fr. 50 c.

LA GÉOMÉTRIE NON EUCLIDIENNE

Par **P. BARBARIN**,
Professeur au Lycée de Bordeaux.

2^e édition. In-8 (20-13) de 91 p., avec 18 fig.; 1907; cartonné. 2 fr.

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par J. JAMIN et E. BOUTY.

Quatre tomes in-8 (23-14), de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches; 1885-1891. 72 fr.

TOME I. — 9 fr.

- 1^{re} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.
2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures..... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- 1^{re} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 figures. 5 fr.
2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches..... 5 fr.
3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{re} fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
2^e fascicule. — *Optique géométrique*; 139 fig. et 3 planches. 4 fr.
3^e fascicule. — *Etude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 pl. 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{re} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.
2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

- 3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures 8 fr.
4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES des quatre volumes. In-8; 1891 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce grand traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*; par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

2^e SUPPLÉMENT. — *Électricité. Ondes hertziennes. Rayons X*; par E. BOUTY. In-8, avec 48 figures et 2 planches; 1899. 3 fr. 50 c.

3^e SUPPLÉMENT. — *Radiations. Électricité. Ionisation. Applications de l'Électricité. Instruments divers*; par E. BOUTY. In-8, avec 104 figures; 1906 8 fr.

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

CONFORME AU PROGRAMME DU COURS DE L'ÉCOLE CENTRALE (E. I.)

Par **ALHEILIG** et **C. ROCHE**, Ingénieurs de la Marine.

TOME I (412 fig.); 1895..... 20 fr. | TOME II (281 fig.); 1895..... 18 fr.

CHEMINS DE FER

PAR

E. DEHARME,

Ing^r principal à la Compagnie du Midi.

A. PULIN,

Ing^r Insp^r p^{al} aux chemins de fer du Nord.

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION

Un volume in-8 (25-16), xxii-441 pages, 95 figures, 1 planche; 1895 (E. I.). 15 fr.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. LA CHAUDIÈRE

Un volume in-8 (25-16) de vi-608 p. avec 131 fig. et 2 pl.; 1900 (E. I.). 15 fr.

ÉTUDE DE LA LOCOMOTIVE. MÉCANISME, CHASSIS TYPES DE MACHINES

Un volume in-8 (25-16) de iv-712 pages, avec 288 figures et un atlas in-4 (32-25) de 18 planches; 1903 (E. I.). Prix..... 25 fr.

TRAITÉ GÉNÉRAL DES AUTOMOBILES A PÉTROLE

Par **Lucien PÉRISSÉ,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

In-8 (25-16) de iv-503 p. avec 286 fig.; 1907..... 17 fr. 50 c.

INDUSTRIES DU SULFATE D'ALUMINIUM, DES ALUNS ET DES SULFATES DE FER,

Par **Lucien GESCHWIND**, Ingénieur-Chimiste,

Un volume in-8 (25-16), de VIII-364 pages, avec 195 figures; 1899 (E. I.). 10 fr.

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **G. BRICKA**,

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

DEUX VOLUMES IN-8 (25-16); 1894 (E. T. P.).

TOME I: avec 326 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II: avec 177 fig.; 1894.. 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

Par **J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME IN-8 (25-16), AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.). 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

Par **J. DENFER**,

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

DEUX VOLUMES IN-8 (25-16); 1894 (E. T. P.).

TOME I: avec 479 fig.; 1894.. 20 fr. | TOME II: avec 571 fig.; 1894.. 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **Al. GOULLY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

IN-8 (25-16) DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.).. 12 FR.

MÉTALLURGIE GÉNÉRALE

Par **U. LE VERRIER**,

Ingénieur en chef des Mines, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

VOLUMES IN-8 (25-16) SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

- I. — *Procédés de chauffage*. Volume de 367 pages, avec 171 fig.; 1902..... 12 fr.
- II. — *Procédés métallurgiques et études des métaux*. Volume de 403 pages, avec 194 figures; 1905..... 12 fr.
-

VERRE ET VERRERIE

Par **Léon APPERT** et **Jules HENRIVAUX**, Ingénieurs.

In-8 (25-16) avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches; 1894 (E. I.).... 20 fr.

COURS

D'ÉCONOMIE POLITIQUE

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES (E. I. P.)

Par **C. COLSON**,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

SIX LIVRES IN-8 (25-16) SE VENDANT SÉPARÉMENT, CHACUN 6 FRANCS.

LIVRE I : *Théorie générale des phénomènes économiques*. Un volume de 450 pages. 2^e édition; 1907.

LIVRE II : *Le travail et les questions ouvrières*. Un volume de 344 pages; 1901.

LIVRE III : *La propriété des biens corporels et incorporels*. Un volume de 342 pages; 1902.

LIVRE IV : *Les entreprises, le commerce et la circulation*. Un volume de 432 pages; 1903.

LIVRE V : *Les finances publiques et le budget de la France*. Un volume de 442 pages; 1905.

LIVRE VI : *Les Travaux publics et les transports*. Un volume de 528 pages; 1907.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME IN-8 (25-16), AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.). 20 FR.

CHEMINS DE FER.

EXPLOITATION TECHNIQUE

PAR MM.

SCHÖLLER,
chef adjoint des Services commerciaux
à la Compagnie du Nord.

FLEURQUIN,
Inspecteur des Services commerciaux
à la même Compagnie.

UN VOLUME IN-8 (25-16), AVEC FIGURES; 1901 (E. I.).... 12 FR.

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

Par **E. BOURRY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

IN-8 (25-16), DE 755 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.). 20 FR.

RÉSUMÉ DU COURS

DE

MACHINES A VAPEUR ET LOCOMOTIVES

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **J. HIRSCH**,

Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées,
Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.

2^e édit. In-8 (25-16) de 510 p. avec 314 fig.; 1898 (E. T. P.). 18 fr.

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN

Par **HENRI DE LAPPARENT**,
Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, CLIMATS, SOLS, ETC., SUR LE VIN, VINIFICATION,
CUVERIE, CHAIS, VIN APRÈS LE DÉCUVAGE. ÉCONOMIE, LÉGISLATION.

IN-8 (25-16) DE XII-533 P., 111 FIG., 28 CARTES; 1895 (E.I.). 12 FR.

CHEMINS DE FER A CRÉMAILLÈRE

Par **M. LÉVY-LAMBERT**.

IN-8 (25-16) DE IV-479 PAGES, AVEC 137 FIG.; 1908. (E. T. P.). 45 fr.

MACHINES FRIGORIFIQUES

PRODUCTION ET APPLICATIONS DU FROID ARTIFICIEL,

Par **H. LORENZ**, Professeur à l'Université de Halle.

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR **P. PETIT** et **J. JAQUET**.

IN-8 (25.16) de IX-186 pages, avec 131 figures; 1898 (E. I.)... 7 fr.

COURS DE CHEMINS DE FER

(ÉCOLE SUPÉRIEURE DES MINES),

Par **E. VICAIRE**, Inspecteur général des Mines,
rédigé et terminé par **F. MAISON**, Ingénieur des Mines.

IN-8 (25-16) de 581 pages avec nombreuses fig.; 1903 (E. I.). 20 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par **Maurice D'OCAGNE**,
Ing et Prof à l'École des Ponts et Chaussées, Répétiteur à l'École Polytechnique.

IN-8 (25-16) DE XI-428 P., AVEC 340 FIG.; 1896 (E. T. P.). 12 FR.

TRAITÉ DES ESSAIS DE MATÉRIAUX

Méthodes, Machines, Instruments de mesure

Par **A. MARTENS**. Traduit de l'allemand par **P. BREUIL**.

AVEC NOTES ET ANNEXES.

In-8 (25-16) de 671 pages, avec 558 figures, et Atlas (25-16)
de 31 planches; 1904..... 50 fr.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

DU CIMENT ARMÉ

Par **R. FÉRET**,

Chef du Laboratoire des Ponts et Chaussées à Boulogne-sur-Mer.

In-8 (25-16) de vi-778 pages, avec 197 figures; 1906 (E. I.). 20 fr.

PRÉCIS D'ÉLECTRICITÉ

Par **Paul NIEWENGLOWSKI**.

In-8 (25-16) de vi-200 pages, avec 64 figures: 1906 (E. T. P.). 6 fr.

LA TANNERIE

Par **L. MEUNIER** et **C. VANEY**,

Professeurs à l'École française de Tannerie.

Publié sous la direction de **LÉO VIGNON**,

Directeur de l'École française de Tannerie;

In-8 (25-16) DE 650 PAGES AVEC 98 FIGURES; 1903 (E. I.). 20 FR.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

Par **D. MONNIER**,

Professeur, Membre du Conseil de l'École Centrale,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

Deuxième édition revue et augmentée. In-8 (25-16) de VIII-826 p.,
avec 404 fig.; 1903..... 25 fr.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la Science, de l'Art et des applications pratiques.

DERNIERS OUVRAGES PARUS :

MONOGRAPHIE DU DIAMIDOPHÉNOL EN LIQUEUR ACIDE,
Nouvelle méthode de développement,

Par G. BALAGNY.

In-16 (19-12) de viii-84 pages; 1907..... 2 fr. 75 c.

DICTIONNAIRE DE CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE,

A l'usage des Professionnels et des Amateurs,

Par G. et A. BRAUN fils.

Un volume grand in-8 (25-16) de 500 pages..... 12 fr.

LES CORRECTIFS DU DÉVELOPPEMENT.

*Etude pratique du renforcement et de l'affaiblissement
des images photographiques,*

Par ERNEST COUSTET.

In-16 (19-12) de vi-58 pages; 1908..... 1 fr. 75 c.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE,

Par A. DAVANNE.

2 beaux vol. in-8 (25-16), avec 234 fig. et 4 planches spécimens 32 fr.

Chaque volume se vend séparément..... 16 fr.

PRÉCIS DE PHOTOGRAPHIE GÉNÉRALE,

Par Édouard BELIN.

Deux volumes in-8 (25-16), se vendant séparément.

TOME I : Généralités. Opérations photographiques. Vol. de viii-246 pages, avec 96 figures; 1905..... 7 fr.

TOME II : Applications scientifiques et industrielles. Vol. de 233 pages, avec 99 figures et 10 planches; 1905..... 7 fr.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. in-8 (25-16), avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891.. 48 fr.

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viennent compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. de 400 p. avec 176 fig.; 1892..... 14 fr.

2^e Supplément (B). Un beau vol. de 424 p. avec 221 fig.; 1897..... 14 fr.

3^e Supplément (C). Un beau vol. de 400 p. avec 215 fig.; 1903..... 14 fr.

4^e Supplément (D). Un beau vol. de 414 p. avec 151 fig.; 1906..... 14 fr.

Les 8 volumes se vendent ensemble..... 96 fr.

TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE,

Par C. FABRE.

In-8 (25-16) de 207 pages, avec 132 figures; 1906..... 6 fr.

LES POSITIFS SUR VERRE,

THÉORIE ET PRATIQUE,

Par H. FOURTIER.

2^e édition. In-16 (19-12) de 188 pages, avec 12 figures; 1907... 3 fr. 75 c.

CONSEILS AUX AMATEURS PHOTOGRAPHES,

Par MAURICE MERCIER.

In-16 (19-12) de vi-144 pages; 1907..... 2 fr. 75 c.

APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE AUX LEVÉS TOPOGRAPHIQUES EN HAUTE MONTAGNE,

Par HENRI VALLOT et JOSEPH VALLOT.

In-16 (19-12) de xiv-237 pages avec 36 figures et 4 planches; 1907... 4 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS et les plaques autochromes (Conférence),

Par E. WALLON.

Suivie d'une Notice sur le mode d'emploi des plaques autochromes,

Par MM. LUMIÈRE.

Brochure (25-16) de 40 pages; 1907..... 1 fr. 50 c.

(Mai 1908.)

41683. — Paris, Imp. Gauthier-Villars, 55, quai des Grands-Augustins.

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS — VI^e ARR.

P. n^o 562.

(Mai 1908)

(Cons L. H. D.)

EXTRAIT DU CATALOGUE (1)

Traité élémentaire ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣
♣ ♣ ♣ ♣ ♣ **de Clinique Médicale**

Par **G.-M. DEBOVE**

Doyen de la Faculté de Médecine de Paris, Professeur de Clinique médicale
Médecin des Hôpitaux, Membre de l'Académie de Médecine,

et **A. SALLARD**

Ancien interne des Hôpitaux.

1 vol. grand in-8^o de 1296 pages avec 275 figures, relié toile. **25 fr.**

SEPTIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE DU

Traité élémentaire ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣
♣ ♣ **de Clinique Thérapeutique**

Par le Dr **Gaston LYON**

Ancien chef de Clinique médicale à la Faculté de Médecine de Paris.

1 vol. grand in-8^o de xvi-1726 pages. Relié toile **25 fr.**

Vient de paraître :

Formulaire Thérapeutique

PAR MM.

G. LYON

P. LOISEAU

Ancien chef de clinique à la Faculté. Ancien prépr à l'École de Pharmacie.

Avec la collaboration de MM. L. DELHERM et Paul-Émile LÉVY

SIXIÈME ÉDITION, REVUE

1 vol. in-18 tiré sur papier très mince, relié maroquin souple. **7 fr.**

(1) La librairie envoie gratuitement et franco de port les catalogues suivants à toutes les personnes qui lui en font la demande : — Catalogue général. — Catalogues de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire : I. Section de l'ingénieur. II. Section du biologiste. — Catalogue des ouvrages d'enseignement. Les livres de plus de 5 francs sont expédiés franco au prix du Catalogue. Les volumes de 5 francs et au-dessous sont augmentés de 10 0/0 pour le port. Toute commande doit être accompagnée de son montant.

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

TRAITÉ DE GYNÉCOLOGIE

Clinique et Opératoire

par **SAMUEL POZZI**

Professeur de Clinique Gynécologique à la Faculté de Médecine de Paris
Membre de l'Académie de Médecine, Chirurgien de l'hôpital Broca.

QUATRIÈME ÉDITION ENTIÈREMENT REFOUDUE

AVEC LA COLLABORATION DE **F. JAYLE**

2 vol. gr. in-8° de xvi-1500 pages avec 894 figures, reliés toile. 40 fr.

PRÉCIS D'OBSTÉTRIQUE

PAR MM.

A. RIBEMONT-DESSAIGNES

Agrégé de la Faculté de Médecine
Accoucheur de l'hôpital Beaujon
Membre de l'Académie de Médecine.

G. LEPAGE

Professeur agrégé à la Faculté
de Médecine de Paris
Accoucheur de l'hôpital de la Pitié.

SIXIÈME ÉDITION. Avec 568 fig., dont 400 dessinées par M. RIBEMONT-DESSAIGNES

1 vol. grand in-8° de 1420 pages, relié toile. . . . 30 fr.

Petite Chirurgie Pratique

PAR

Th. TUFFIER

Professeur agrégé
à la Faculté de Médecine de Paris,
Chirurgien de l'hôpital Beaujon.

P. DESFOSES

Ancien interne des hôpitaux de Paris,
Chirurgien du Dispensaire
de la Cité du Midi.

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. petit in-8° de viii-568 pages, avec 353 fig., cart. à l'angl. 10 fr.

Précis de Technique Opératoire

PAR LES PROSECTEURS DE LA FACULTÉ DE PARIS

AVEC INTRODUCTION PAR LE P^c PAUL BERGER

Tête et Cou, par CH. LENORMANT. 2^e édition. — Thorax et membre supérieur, par A. SCHWARTZ. 2^e édition. — Abdomen, par M. GUIBÉ. 2^e édition. — Appareil urinaire et appareil génital de l'Homme, par PIERRE DUVAL. 2^e édition. — Pratique courante et Chirurgie d'urgence, par VICTOR VEAU. 2^e édition. — Membre inférieur, par G. LABET. — Appareil génital de la Femme, par ROBERT PROUST.

7 vol., cart. toile, avec environ 200 figures. Chaque volume : 4 fr. 50

Aide-Mémoire de Thérapeutique

Vient de paraître :

PAR

G.-M. DEBOVE

Doyen honoraire de la Faculté
de Médecine de Paris.
Professeur de Clinique médicale.

G. POUCHET

Professeur de Pharmacologie
et de Matière médicale
à la Faculté de Médecine de Paris.

A. SALLARD

Ancien interne des hôpitaux.

1 vol. in-8° de viii-790 pages 16 fr.

Cet ouvrage, destiné à parer aux défaillances de mémoire, inévitables dans l'exercice de la pratique journalière, a été disposé de la manière la plus commode pour une recherche rapide. Les questions, qui sont classées par ordre alphabétique, comprennent : 1° l'exposé du traitement de toutes les affections médicales ; 2° l'étude résumée des agents thérapeutiques principaux ; 3° la mention des principales stations hydro-minérales et climatiques ; 4° les notions essentielles d'hygiène.

Vient de paraître :

DEUXIÈME ÉDITION
entièrement refondue

DU

Traité de Technique Opératoire

PAR

CH. MONOD

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris
Chirurgien honoraire des hôpitaux, Membre de l'Académie de Médecine,

ET

J. VANVERTS

Ancien chef de clinique à la Faculté de Lille,
Ancien interne lauréat des Hôpitaux de Paris, Membre correspondant
de la Société de Chirurgie.

Tome Premier 1 vol. grand in-8° de xii-1016 pages, avec
1189 figures dans le texte . . . 20 fr.

La deuxième édition du *Traité de Technique opératoire* paraîtra en deux volumes.

Le tome I est vendu 20 francs. — Le tome II, actuellement sous presse, sera vendu 18 francs.

A dater de l'apparition du tome II, le tome I ne sera plus vendu séparément et le prix de l'ouvrage complet sera porté à 40 francs.

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

(P. M. C.)

Pratique Médico-Chirurgicale

MÉDECINE ET CHIRURGIE GÉNÉRALES ET SPÉCIALES
OBSTÉTRIQUE, PUÉRICULTURE
HYGIÈNE, MÉDECINE LÉGALE, ACCIDENTS DU TRAVAIL
PSYCHIATRIE
CHIMIE ET BACTÉRIOLOGIE CLINIQUES, ETC.

Directeurs :

E. BRISSAUD, A. PINARD, P. RECLUS

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL : HENRY MEIGE

Collaborateurs :

ALLARD, BACH, BAUER, HAUMGARTNER, HOIX
BONNIER, BOUFFE DE S^t-BLAISE, BOURGES, BRÉCY, CARRION, CHEVASSU
CHEVRIER, CLERC, COUVELAIRE, CROUZON, DOPTER, DUVAL
ENRIQUEZ, FAURE, FEINDEL, FIEUX, FORGUE, FRUHINSHOLZ, GOSSET, R. GRÉGOIRE
GRENET, BALLION, HERDET, JEANBRAU, KENDIRDJY, LABEY, LAPOINTE
LARDENNOIS, LAUNAY, LECÈNE, LENORMANT, LEPAGE, P. LERRBOULLET, LONDE
DE MASSARY, H. MEIGE, MORAX, MOUTIER, OUI, PARISSET, PÉCHIN, PIQUAND
POTOCKI, RATHERY, SAUVEZ, SAVARIAUD, SCHWARTZ, SÈE, SICARD, SOUQUES
TOLLEME, TREMOLIÈRES, TRENEL, VEAU, WALLICH, WIART, WURTZ

Six volumes in-8°, formant ensemble 5700 pages, abondamment
illustrés, reliés amateur, tête dorée

Prix de l'ouvrage complet. 110 francs.

Leçons sur les VIENT DE PARAÎTRE

Troubles fonctionnels du Cœur

(INSUFFISANCE CARDIAQUE — ASYSTOLIE)

Par Pierre MERKLEN

Médecin de l'hôpital Laennec.

Publiées par le Dr Jean HEITZ

1 volume in-8° de VIII-430 pages, avec figures. 10 fr.

RÉCENTES PUBLICATIONS (Mai 1908)

Abrégé d'Anatomie

PAR

P. POIRIER

Professeur d'Anatomie
à la Faculté de Médecine de Paris.

A. CHARPY

Professeur d'Anatomie
à la Faculté de Médecine de Toulouse.

B. CUNÉO

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

EN VENTE :

TOME I. — EMBRYOLOGIE. — OSTÉOLOGIE. — ARTHROLOGIE. — MYOLOGIE.

1 vol. gr. in-8° de 560 pages, avec 402 figures en noir et en couleurs.

TOME II. — CŒUR. — ARTÈRES. — VEINES. — LYMPHATIQUES. — CENTRES NERVEUX. — NERFS CRANIENS. — NERFS RACHIDIENS.

1 vol. gr. in-8° de 500 pages, avec 248 figures en noir et en couleurs.

Ces deux volumes pris ensemble, reliés toile anglaise. 35 fr.

Reliure spéciale, dos maroquin 38 fr.

Pour paraître en 1908 :

TOME III. — TUBE DIGESTIF ET ANNEXES. — ORGANES RESPIRATOIRES. — APPAREIL URINAIRE. — ORGANES GÉNITAUX DE L'HOMME ET DE LA FEMME. — ORGANES DES SENS.

1 vol. grand in-8° d'environ 650 pages et 300 figures.

*Ce volume sera mis en vente au prix de 15 fr. relié toile
et de 17 fr. relié maroquin.*

A dater de la publication du tome III, les tomes I et II ne seront plus vendus séparément.

Vient de paraître :

Le Traitement pratique

de la

Tuberculose pulmonaire

(Sept conférences faites à l'Hôpital de la Pitié)

Par **Louis RÉNON**

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin de la Pitié.

1 volume petit in-8° de VIII-260 pages. 3 fr. 50

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

MASSON ET C^o, ÉDITEURS

CHARCOT — BOUCHARD — BRISSAUD

BABINSKI, HALLET, P. BLOCC, BOIX, BRAULT, CHANTEMESSSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, DUTIL, GILBERT, GUIGNARD, L. GUINON, G. GUINON, HALLION, LAMY, LE GENDRE, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, ÖETTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUVAULT, SOUQUES, THIBIERGE, THOINOT, TOLLEMER, FERNAND WIDAL.

Traité de Médecine

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

BOUCHARD

Professeur à la Faculté de Médecine de Paris
Membre de l'Institut.

BRISSAUD

Professeur à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

DEUXIÈME ÉDITION

10 volumes grand in-8°. 460 fr.

Chaque volume est vendu séparément :

Tome I, 46 fr.; tome II, 46 fr.; tome III, 46 fr.; tome IV, 46 fr.;
tome V, 48 fr.; tome VI, 44 fr.; tome VII, 44 fr.; tome VIII, 44 fr.;
tome IX, 48 fr.; tome X, 48 fr.

TABLE ANALYTIQUE DES 10 VOLUMES

Vient de paraître :

LA QUINZIÈME ÉDITION

entièrement refondue et considérablement augmentée

DU

Manuel de ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣ ♣

♣ ♣ **Pathologie interne**

PAR

Georges DIEULAFOY

Professeur de Clinique médicale à la Faculté de médecine de Paris,
Médecin de l'Hôtel-Dieu, Membre de l'Académie de médecine.

4 vol. in-16 diamant, avec figures en noir et en couleur, cartonnés à l'anglaise, tranches rouges. . 32 fr.

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

COLLECTION DE PRÉCIS MÉDICAUX

Cette nouvelle collection s'adresse aux étudiants, pour la préparation aux examens, et à tous les praticiens qui, à côté des grands traités, ont besoin d'ouvrages concis, mais vraiment scientifiques, qui les tiennent au courant. D'un format maniable et élégamment cartonnés en toile anglaise souple, ces livres sont abondamment illustrés, ainsi qu'il convient à des livres d'enseignement.

Vient de paraître :

Thérapeutique et Pharmacologie, par A. RICHAUD, agrégé à la Faculté de Médecine, docteur ès sciences. . . **12 fr.**

Volumes publiés :

Physique biologique, par G. WEISS, agrégé à la Faculté de Paris, avec 543 figures. **7 fr.**

Physiologie, par Maurice ARTHUS, professeur à l'Université de Lausanne. 2^e édition, avec 122 figures. **9 fr.**

Chimie physiologique, par Maurice ARTHUS. 5^e édition, avec figures et 2 planches en couleurs **6 fr.**

Dissection, par P. POIRIER, professeur, et A. BAUMGARTNER, prosecteur à la Faculté de Médecine de Paris, avec 169 figures **6 fr.**

Microbiologie clinique, par Fernand BEZANÇON, agrégé à la Faculté de Paris, avec 82 figures. **6 fr.**

Examens de Laboratoire employés en clinique, par L. BARD, professeur à l'Université de Genève, avec la collaboration de MM. G. MALLET et H. HUMBERT, avec 138 figures. **9 fr.**

Diagnostic médical et Exploration clinique, par P. SPILLMANN et P. HAUSHALTER, professeurs, et L. SPILLMANN, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Nancy, avec 153 figures en noir et en couleurs. **7 fr.**

Médecine infantile, par le Dr P. NOBÉCOURT, professeur agrégé à la Faculté de Paris, avec 77 figures et une planche en couleurs. **9 fr.**

Chirurgie infantile, par E. KIRMISSON, professeur à la Faculté de Médecine de Paris, avec 462 figures. **12 fr.**

Médecine légale, par A. LACASSAGNE, professeur à l'Université de Lyon, avec 112 figures et 2 planches en couleurs **10 fr.**

Ophthalmologie, par le Dr V. MORAX, ophthalmologiste de l'hôpital Lariboisière, avec 339 figures et 3 planches en couleurs. **12 fr.**

MASSON ET C^o, ÉDITEURS

Manuel des Maladies ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ ✦ du Tube Digestif

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

G.-M. DEBOVE

Doyen de la Faculté de Médecine, Membre de l'Académie de Médecine.

Ch. ACHARD

Professeur agrégé à la Faculté
Médecin des Hôpitaux.

J. CASTAIGNE

Professeur agrégé à la Faculté
de Médecine.

TOME I : Bouche, Pharynx, Œsophage, Estomac,
par MM. G. PAISSEAU, F. RATHERY, J.-Ch. ROUX.

1 vol. grand in-8° de 725 pages, avec figures dans le texte. **14 fr.**

Vient de paraître :

**TOME II : Intestin, Péritoine, Glandes salivaires,
Pancréas,** par MM. LÉPER, ESMONET, GOURAUD,
SIMON, BOIDIN et RATHERY.

1 vol. gr. in-8° de VIII-808 pages, avec 416 figures dans le texte. **14 fr.**

**Manuel des Maladies de l'Appareil circulatoire et
du Sang,** par MM. DEBOVE et ACHARD, avec la collaboration
de CH. AUBERTIN, L. BRODIER, J. CASTAIGNE, M. COURTOIS-SUFFIT, JEAN
FERRAND, ANDRÉ JOUSSET, MARCEL LABBÉ, CH. LAUBRY, M. LÉPER,
P. NOBÉCOURT, F. RATHERY, JULES RENAULT, PIERRE TEISSIER, H. VAQUEZ.
1 vol. grand in-8° de 844 pages avec figures dans le texte. **14 fr.**

**Manuel des Maladies des Reins ✦ ✦
✦ ✦ ✦ ✦ et des Capsules surrénales**

SOUS LA DIRECTION DE

MM. DEBOVE, ACHARD et CASTAIGNE

Par J. CASTAIGNE, E. FEUILLÉE, A. LAVENANT,
M. LÉPER, R. OPPENHEIM, F. RATHERY.

1 vol. grand in-8°, de VIII-792 pages, avec figures dans le texte. **14 fr.**

IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

Guide anatomique Vient de paraître :
aux Musées de Sculpture

PAR

A. CHARPY

Professeur d'Anatomie à la Faculté
de Médecine de Toulouse.

L. JAMMES

Maître de Conférences à l'Université
de Toulouse.

1 vol. petit in-8° de VIII-112 pages, avec figures. 2 fr.

Ce guide n'a point pour but d'apprendre l'anatomie aux artistes ; il se propose simplement de permettre aux visiteurs de musées d'étudier avec fruit et de comprendre les œuvres de sculpture.

Clinique Médicale de l'Hôtel-Dieu de Paris, par le Professeur **G. DIEULAFOY**. 5 vol. gr. in-8°, avec figures dans le texte.

- I. 1896-1897. 1 vol. in-8° 10 fr.
- II. 1897-1898. 1 vol. in-8° 10 fr.
- III. 1898-1899. 1 vol. in-8° 10 fr.
- IV. 1900-1901. 1 vol. in-8° 10 fr.
- V. 1905-1906. 1 vol. in-8° 10 fr.

Clinique Médicale de l'Hôtel-Dieu (Prof. G. DIEULAFOY).

CLINIQUE ET LABORATOIRE. Conférences du Mercredi, par MM. **NATTAN-LARRIER** et **O. CROUZON**, chefs de clinique, **V. GRIFFON** et **M. LÖEPER**, chefs de laboratoire. 1 vol. in-8° de 330 pages, avec 37 figures et 2 planches hors texte. 6 fr.

Les Maladies du Cuir chevelu, par le Dr **R. SABOURAUD**, chef du laboratoire de la Ville de Paris à l'hôpital Saint-Louis.

- I. **Maladies séborrhéiques : Séborrhée, Acnés, Calvitie.**
1 vol. in-8°, avec 91 fig. dont 40 aquarelles en coul. . 10 fr.
- II. **Maladies desquamatives : Pytiriasis et Alopecies pelli-
culaires.** 1 vol. in-8° avec 122 figures dans le texte . 22 fr.

Leçons cliniques sur la Diphtérie et quelques maladies des premières voies, par **A.-B. MARFAN**, agrégé à la Faculté de Médecine de Paris. 1 vol. in-8°, avec 68 figures 10 fr.

Les Venins, Les Animaux venimeux et la Sérothérapie antivenimeuse, par **A. CALMETTE**, membre correspondant de l'Institut et de l'Académie de Médecine, directeur de l'Institut Pasteur de Lille. 1 vol. in-8° de XVI-396 pages, avec 125 figures dans le texte. Relié toile. 12 fr.

Vient de paraître :

TROISIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE DE
L'Alimentation et les Régimes
chez l'homme sain ou malade

Par **Armand GAUTIER**

Professeur à la Faculté de Médecine, Membre de l'Institut.

1 volume in-8° de VIII-756 pages, avec figures 12 fr.

Cette troisième édition, outre l'étude de l'alimentation rationnelle et des régimes à l'état sain et pathologique, s'est enrichie de très nombreux documents.

L'ŒUVRE MÉDICO-CHIRURGICAL (D^r CRITZMAN, directeur)

Suite de Monographies cliniques ❖

DERNIÈRES MONOGRAPHIES PUBLIÉES

50. **Le Diagnostic fonctionnel du cœur**, par W. JANOWSKI, professeur agrégé à l'Académie médicale de Saint-Petersbourg.
51. **Les Arriérés scolaires**, par R. CRUCHET, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Bordeaux.
52. **Artério-Sclérose et Athéromasie**, par le professeur TEISSIER, professeur à l'Université de Lyon.
53. **Les Sulfo-ethers urinaires**, par les D^r Henri LABBÉ et G. VITRY.

**SUR LES QUESTIONS NOUVELLES
EN MÉDECINE
EN CHIRURGIE ET EN BIOLOGIE**

*Chaque monographie est vendue
séparément . . . 1 fr. 25*

Il est accepté des abonnements pour une série de 10 monographies au prix payable d'avance de 10 fr. pour la France et 12 fr. pour l'étranger (port compris).

Bibliothèque d'Hygiène thérapeutique

FONDÉE PAR le Professeur PROUST

Chaque ouvrage, in-16, cartonné toile, tranches rouges : 4 fr.

Hygiène du Dyspeptique. Deuxième édition. — **Hygiène du Goutteux. Deuxième édition.** — **Hygiène de l'Obèse. Deuxième édition.** — **Hygiène des Asthmatiques.** — **Hygiène des Diabétiques.** — **Hygiène et thérapeutique thermales.** — **Les Cures thermales.** — **Hygiène du Neurasthénique. Troisième édition.** — **Hygiène des Albuminuriques.** — **Hygiène du Tuberculeux. Deuxième édition.** — **Hygiène et thérapeutique des Maladies de la Bouche. Deuxième édition.** — **Hygiène des Maladies du Cœur.** — **Hygiène thérapeutique des Maladies des Fosses nasales.** — **Hygiène des Maladies de la Femme.**

Traité des Maladies de l'Enfance. *Deuxième édition, revue et*

augmentée, publiée sous la direction de MM. J. GRANCHER, professeur à la Faculté de Paris, et J. COMBY, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades, 5 volumes grand in-8°, avec figures dans le texte **112 fr.**

TOME I. — Physiologie et Hygiène de l'Enfance. Maladies infectieuses. Maladies générales de nutrition. Intoxications **22 fr.**

TOME II. — Maladies du tube digestif. Maladies du pancréas. Maladies du péritoine. Maladies du foie. Rate et ses maladies. Maladies des capsules surrénales. Maladies génito-urinaires. **22 fr.**

TOME III. — Maladies de l'appareil respiratoire. Maladies de l'appareil circulatoire **22 fr.**

TOME IV. — Système nerveux. Maladies de la peau **22 fr.**

TOME V. — Maladies du fœtus et du nouveau-né. Organes des sens. Maladies chirurgicales. Thérapeutique. Formulaire **24 fr.**

Tuberculose pulmonaire (Les différentes formes cliniques et sociales de

la). Pronostic, Diagnostic, Traitement, par G. DAREMBERG, correspondant de l'Académie de Médecine. 1 vol. in-8° de 400 pages, broché **6 fr.**

Les Maladies Populaires, Maladies vénériennes, Alcoolisme, Tubercu-

lose (Etude Médico-Sociale), par le Dr Louis RËNON, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, médecin de l'hôpital de la Pitié, membre de la Société de Biologie. *Deuxième édition, revue et augmentée.* 1 vol. in-8° de vii-512 pages. **5 fr.**

Les Aliments usuels, Composition, Préparation, Indications dans les régimes, par

Alf. MARTINET, ancien interne des hôpitaux. 1 vol. in-8° de viii-328 pages avec figures. **4 fr.**

Alimentation et Digestion, Cours de Pathologie expérimentale et comparée, par

G.-H. ROGER, professeur à la Faculté de Médecine de Paris, médecin de l'hôpital de la Charité. 1 vol. in-8° de xii-524 pages, avec 57 figures **10 fr.**

Manuel Technique de Massage, par J. BROUSSES, membre corres-

pondant de la Société de Chirurgie. Troisième édition, revue et augmentée. 1 vol. in-16 de 407 pages, avec 66 figures, cartonné toile souple **4 fr. 50**

Manuel élémentaire de Dermatologie topo-

graphique régionale, par R. SABOURAUD, chef du laboratoire de la Ville de Paris à l'hôpital Saint-Louis. 1 vol. grand in-8° de xii-736 pages, avec 231 figures dans le texte, broché, **15 fr.**, relié toile. **16 fr.**

MASSON ET C^o, ÉDITEURS

Traité de Chimie Minérale

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE

HENRI MOISSAN, Membre de l'Institut.

5 forts volumes grand in-8^o, avec figures. 150 fr.

Chaque volume est vendu séparément.

TOME I (complet). — Métalloïdes.	28 fr.
TOME II (complet). — Métalloïdes.	22 fr.
TOME III (complet). — Métaux.	34 fr.
TOME IV (complet). — Métaux.	36 fr.
TOME V (complet). — Métaux.	34 fr.

Cours de Chimie organique

PAR

Armand GAUTIER

Membre de l'Institut
Professeur de Chimie à la Faculté
de Médecine de Paris.

Marcel DELÉPINE

Professeur agrégé
à l'École supérieure de Pharmacie
de Paris.

*Troisième édition, mise au courant des travaux les plus récents. 1 vol.
grand in-8^o, de vi-800 pages, avec figures dans le texte. . . 18 fr.*

Traité de Chimie appliquée

Par **C. CHABRIÉ**

Chargé du cours de Chimie appliquée à la Faculté des Sciences
de l'Université de Paris.

2 volumes grand in-8^o, formant ensemble xi-1594 pages avec 484 figures
dans le texte, reliés toile anglaise. 44 fr.

Traité d'Analyse chimique qualitative,

par **R. FRÉSENIUS**. *Onzième édition française* d'après la 16^e édition
allemande, par **L. Gautier**. 1 vol. in-8^o 7 fr.

Traité de Chimie industrielle,

à l'usage des Ingénieurs, chimistes,
métallurgistes, industriels, des fabricants de produits chimiques,
agriculteurs, des Ecoles d'Arts et Manufactures et Arts et Métiers,
etc., par **WAGNER** et **FISCHER**. *Quatrième édition française*
entièrement refondue, rédigée d'après la *quinzième édition alle-*
mande, par le **D^r L. Gautier**. 2 vol. grand in-8^o d'ensemble
1830 pages avec 1033 figures dans le texte. 35 fr.

Formulaire

Vient de paraître :

de l'Électricien

et du Mécanicien

DE

É. HOSPITALIER

VINGT-DEUXIÈME ANNÉE (1908)

Par G. ROUX

Expert près le Tribunal civil de la Seine,
Directeur du Bureau de contrôle des Installations électriques.

1 vol. in-16 de xv-985 pages, cart. toile, tranches rouges. 10 fr.

Le Formulaire de 1908 n'est plus seulement le *Formulaire de l'Électricien*, mais il est devenu aussi le *Formulaire du Mécanicien*. La nécessité pour l'électricien de recourir à chaque instant à la Mécanique pour l'élaboration de ses projets et l'exécution de ses travaux, a conduit M. Hospitalier à adjoindre une partie mécanique à son *Formulaire de l'Électricien*, et il a réalisé cette addition d'une façon magistrale. La partie mécanique, malgré son aridité, a été conçue dans le même esprit d'exactitude, de clarté, de précision et de concision que la partie électrique. C'est ainsi que le formulaire de 1908 comporte 11 parties, tandis que les éditions antérieures n'en avaient que cinq.

Explorations au Maroc, dans le Bled es Siba (MISSION DE SEGONZAC), par Louis GENTIL, docteur ès sciences, maître de conférences à la Sorbonne, membre de la Mission. *Ouvrage publié sous le patronage du Comité du Maroc*. 1 vol. petit in-4°, tiré sur beau papier couché et richement illustré de 223 figures d'après des photographies originales. 12 fr.

L'Hérédité des Stigmates de Dégénérescence et les Familles souveraines, par le Dr V. GALIPPE, membre de l'Académie de Médecine. — Préface de M. Henri BOUCHOT, membre de l'Institut. — 1 vol. grand in-8°, avec 278 figures et portraits. Broché 15 fr.

Physique du Globe et Météorologie, par Alphonse BERGET, docteur ès sciences. 1 vol. in-8°, avec 128 figures et 14 cartes 15 fr.

Les Insectes. Morphologie, Reproduction, Embryogénie, par L.-F. HENNEGUY, professeur d'Embryogénie comparée au Collège de France. *Leçons recueillies par A. LECAILLON et J. POIRAULT*. 1 vol. grand in-8°, avec 622 figures, 4 planches en couleurs 30 fr.

Zoologie pratique basée sur la dissection des Animaux les plus répandus, par L. JAMMES, maître de conférences à l'Université de Toulouse. 1 vol. grand in-8°, avec 317 figures. Relié toile. 18 fr.

Géographie agricole de la France et du Monde, par J. DU PLESSIS DE GRENEGAN, professeur à l'École supérieure d'Agriculture d'Angers, avec une préface de M. le Marquis de Vogüé, de l'Académie française. 1 vol. in-8° avec 118 cartes et figures dans le texte 7 fr.

Vient de paraître :

Cours élémentaire de Zoologie

Par **Rémy PERRIER**

Chargé du cours de Zoologie pour le certificat d'études physiques, chimiques et naturelles (P. C. N.), à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

Quatrième édition, entièrement refondue

1 vol. in-8°, de 864 pages, avec 721 fig. dans le texte. Relié toile : 10 fr.

TRAITÉ DE ZOOLOGIE

Par **Edmond PERRIER**

Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine
Directeur du Muséum d'Histoire naturelle.

FASC. I : Zoologie générale. 1 vol. gr. in-8° de 412 p. avec 458 fig. . . .	12 fr.
FASC. II : Protozoaires et Phytozoaires. 1 vol. gr. in-8° de 452 p. avec 243 figures	10 fr.
FASC. III : Arthropodes. 1 vol. gr. in-8° de 480 p., avec 278 fig. . . .	8 fr.
FASC. IV : Vers et Mollusques. 1 vol. gr. in-8° de 792 p. avec 566 fig. . . .	6 fr.
FASC. V : Amphioxus. Tuniciers. 1 vol. gr. in-8° de 221 p. av. 97 fig. . . .	6 fr.
FASC. VI : Poissons. 1 vol. gr. in-8° de 366 p. avec 190 figures	10 fr.
FASC. VII et dernier : Vertébrés marcheurs (<i>En préparation</i>).	

Guides du Touriste, du Naturaliste et de l'Archéologue

publiés sous la direction de **M. Marcellin BOULE**

Le Cantal, par **M. BOULE**, docteur ès sciences, et **L. FARGES**, archi-
viste-paléographe.

La Lozère, par **E. CORD**, ingénieur-agronome, **G. CORD**, docteur en
droit, avec la collaboration de **M. A. VIRÉ**, docteur ès sciences.

Le Puy-de-Dôme et Vichy, par **M. BOULE**, docteur ès
sciences, **Ph. GLANGEAUD**, maître de conférences à l'Université de
Clermont, **G. ROUCHON**, archiviste du Puy-de-Dôme, **A. VERNIÈRE**,
ancien président de l'Académie de Clermont.

La Haute-Savoie, par **M. LE ROUX**, conserv. du Musée d'Annecy

La Savoie, par **J. RÉVIL**, président de la Société d'Histoire
naturelle de la Savoie, et **J. CORCELLE**, agrégé de l'Université.

Le Lot, par **A. VIRÉ**, docteur ès sciences.

Chaque volume in-16, relié toile, avec figures et cartes en coul. : 4 fr. 50

En préparation : Le Velay — Les Alpes du Dauphiné.

Vient de paraître :

Comment étudier LES ASTRES

PAR

L. RUDAUX

1 vol. in-8° de xxxii-216 pages, avec 79 figures. 4 fr.

Cet ouvrage se compose de deux parties : Dans la première sont décrits les instruments d'observation visuelle et photographique, leurs modification et construction, l'installation de petits observatoires. La seconde partie est consacrée à l'usage de ces instruments, aux méthodes d'observation à appliquer dans le cas des principaux phénomènes ou des différents astres. Abondamment illustré de figures explicatives, de modèles d'instruments, de dessins télescopiques et de photographies, cet ensemble possède le double caractère d'un ouvrage scientifique très original et artistique et réellement populaire.

OUVRAGES DE M. A. DE LAPPARENT

Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, professeur à l'École libre de Hautes-Études.

Vient de paraître :

COURS DE MINÉRALOGIE

QUATRIÈME ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE

1 vol. grand in-8° de xx-740 pages avec 630 gravures dans le texte et une planche 15 fr.

Traité de Géologie. Cinquième édition, entièrement refondue et considérablement augmentée. 3 vol. gr. in-8°, contenant xvi-2016 pages, avec 883 figures. 38 fr.

Abrégé de Géologie. Sixième édition, augmentée. 1 vol. 163 gravures et une carte géologique de la France cartonné toile. 4 fr.

La Géologie en chemin de fer. Description géologique du Bassin parisien et des régions adjacentes. 1 vol. in-18 de 608 pages, avec 3 cartes chromolithographiées, cartonné toile. 7 fr. 50

Précis de Minéralogie. Cinquième édition, augmentée. 1 vol. in-16 de xii-398 pages avec 235 gravures dans le texte et une planche, cartonné toile. 5 fr.

Leçons de Géographie physique. Troisième édition, augmentée. 1 vol. grand in-8° de xvi-728 pages avec 203 figures et une planche en couleurs 12 fr.

Le Siècle du Fer. 1 vol. in-18 de 360 pages, broché 2 fr. 50

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

▼ ▼ ▼ ▼ **La Nature** ▼ ▼ ▼

REVUE HEBDOMADAIRE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS
AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE

Abonnement annuel : Paris : 20 fr. — Départements : 25 fr.
Union postale : 26 fr.

Abonnement de six mois : Paris : 10 fr. — Départements : 12 fr. 5
— Union postale : 13 fr.

La Presse Médicale

Journal bi-hebdomadaire, paraissant le Mercredi et le Samedi

RÉDACTION { P. DESFOSSÉS, SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION.
J. DUMONT, R. ROMME, SECRÉTAIRES.

DIRECTION SCIENTIFIQUE

F. DE LAPERSONNE, E. BONNAIRE, L. LANDOUZY, M. LETULLE,
J.-L. FAURE, H. ROGER, M. LERMOYEZ, F. JAYLE

Paris et Départements, 10 fr.; Union postale, 15 fr.

Petite Bibliothèque de "La Nature"

Recettes et Procédés utiles, recueillis par Gaston TISSANDIER
rédacteur en chef de *la Nature*. *Onzième édition*.

**Recettes et Procédés utiles. Deuxième série : La Science
pratique**, par Gaston TISSANDIER. *Sixième édition*.

**Nouvelles Recettes utiles et Appareils pratiques. Troisième
série**, par Gaston TISSANDIER. *Cinquième édition*.

Recettes et Procédés utiles. Quatrième série, par Gaston TISSANDIER. *Quatrième édition*.

Recettes et Procédés utiles. Cinquième série, par J. LAFFARGUE
secrétaire de la rédaction de *la Nature*. *Troisième édition*.

Chaque volume in-18 avec figures est vendu

Broché 2 fr. 25 | Cartonné toile 3

La Physique sans appareils et la Chimie sans laboratoire, par Gaston TISSANDIER. *Ouvrage couronné par l'Académie (Prix Montyon)*. *Neuvième édition*. Un volume in-8° avec nombre figures dans le texte. Broché, 3 fr. Cartonné toile, 4 fr.