

et le tout stérilisé. La sporulation des levures s'opérerait très rapidement dans ces conditions.

SALOMONSEN a utilisé des cylindres de plâtre, moulés dans des tubes de verre, et stérilisés à l'étuve sèche à $+ 115^{\circ}$ dans une éprouvette bouchée à la ouate.

CHAPITRE IV

ÉTUVES ET RÉGULATEURS

La plupart des microbes végètent à la température de la chambre, soit $+ 15^{\circ}$ à $+ 20^{\circ}$. Mais, outre qu'en hiver la température d'un laboratoire s'abaisse bien au-dessous de $+ 15^{\circ}$ pendant la nuit, certains microbes exigent des températures allant jusqu'à $+ 38^{\circ}$, ou davantage, tout au moins pour se développer abondamment et régulièrement. Enfin, les cultures ont besoin de pousser à des *températures constantes* pour pouvoir être étudiées avec fruit; il est évident que l'âge d'une culture a une signification à la seule condition de connaître la température à laquelle s'est faite constamment la végétation. On a d'ailleurs encore besoin de températures basses constantes, par exemple pour empêcher la fonte des tubes de gélatine en été; on emploie aussi des températures fixes supérieures à $+ 38^{\circ}$ pour connaître la température maxima à laquelle pousse un microbe (détermination de l'espèce: *B. coli*, *B. d'Eberth*, etc.), ou pour l'atténuer (fabrication des vaccins) ou pour le tuer (isolement des produits solubles). Il faut donc avoir dans un laboratoire des *étuves* chauffées à des températures constantes pour recevoir les milieuxensemencés. Cette fixité de la température est obtenue au moyen de *régulateurs automatiques*. Il est nécessaire de posséder une grande étuve générale à température *eugénésique* moyenne ($+ 38^{\circ}$), une étuve à $+ 22^{\circ}$ pour les cultures sur gélatine, et une ou plusieurs étuves qu'on réglerait différemment, suivant les besoins du moment.

§ 1. — ÉTUVES

Une étuve composée d'un simple compartiment chauffé en un point ne saurait être convenablement réglée; un corps

solide, liquide ou gazeux, doit être interposé entre ses parois et la source de chaleur pour répartir celle-ci uniformément, empêcher le refroidissement trop rapide lorsqu'on ouvre l'étuve, et servir d'enveloppe aux régulateurs : ce corps constitue le *volant de chaleur*. La valeur du volant est en raison directe de sa capacité calorifique. Citons les principaux volants de chaleur employés.

L'*huile* est utilisée depuis un siècle par les chimistes dans les étuves de Gay-Lussac. Elle conduit très mal la chaleur ; aussi nécessite-t-elle beaucoup de temps pour obtenir un bon réglage.

L'*eau* lui a été substituée dans la plupart des étuves. Elle a de son côté l'inconvénient de s'évaporer et d'oxyder le fer.

L'*air chaud* serpentant autour de l'étuve dans des conduits métalliques serait préférable, s'il n'exigeait la combustion d'une grande quantité de gaz.

La *vapeur d'eau* a été employée dans l'étuve Pasteur ; il faut des réparations fréquentes à la chaudière.

La *fonte* recouverte de sable constitue le volant de chaleur de l'étuve Chauveau.

Toute étuve devra, autant que possible, être recouverte d'un corps mauvais conducteur de la chaleur : (feutre, plumes, etc.). c'est-à-dire être à l'abri des variations de la température ambiante. Une bonne régulation et une économie de combustible en seront les conséquences. Pour la même raison, une étuve doit être placée loin des portes, dans une pièce sans courants d'air.

Les cultures doivent végéter à l'abri de la lumière ; les portes vitrées des étuves seront donc en verres de couleur ou peintes en noir.

A) CHAMBRE ÉTUVE

Il est indispensable, à l'heure actuelle, de posséder, dans un laboratoire de bactériologie, une chambre étuve, c'est-à-dire une étuve très spacieuse (grandes cultures), et aménagée pour certaines opérations, telles que l'aération continue des cul-

tures. Quelques expériences ne peuvent se faire dans les étuves de dimensions ordinaires (action des toxines tétanique et diphtérique sur la grenouille chauffée ; J. COURMONT et DOYON).

Il s'agit alors d'une véritable chambre, bien close, obscure, à doubles parois, et munie d'un appareil de chauffage convenablement réglé.

Notre chambre étuve a 28 mètres cubes environ (hauteur : 3 mètres ; largeur : 2^m,60 ; profondeur : 3^m,60) Elle n'a point de fenêtres. Il y a double porte. Les rayons sont constitués par des plateaux de verre placés sur des supports de fonte, mobiles. Une rampe à air communique avec une pompe aspirante et foulante située à l'extérieur ; des tétines, embranchées de distance en distance sur cette rampe, permettent de faire passer jour et nuit un courant d'air dans des ballons de culture.

On peut maintenir la température à l'aide d'un système d'eau chaude, qui circule dans de grands conduits, placés sous les rayons, constituant le serpentín d'une petite chaudière qui occupe un des coins de la chambre. L'eau est alors chauffée au gaz et la régulation obtenue par un régulateur métallique de Roux (voy. p. 140). C'est, par exemple, le système qui existe au Laboratoire de médecine expérimentale de Lyon.

Nous avons préféré, au Laboratoire d'Hygiène, placer, plus simplement, au milieu de la chambre, un poêle à gaz construit comme l'indique la figure 74. Une enveloppe en tôle (A), de 0^m,90 de hauteur et de 0^m,35 de diamètre, percée de trous à la partie inférieure, se continue, à la partie supérieure, avec un tuyau (C) de 0^m,06 de diamètre qui conduit les gaz de la combustion dans une gaine de cheminée. Deux petites fenêtres en mica (D) s'ouvrent au niveau des brûleurs. Ceux-ci (E) sont constitués par une couronne de dix-huit becs Bunsen (fig. 74, vue latéralement en I, et représentée en projection en II). Cette couronne est partagée en trois secteurs (1, 2, 3) par deux robinets (b et b'), de façon qu'on puisse ouvrir à volonté 1, 2 ou les trois secteurs. Au-dessus de cette couronne chauffante : trois disques superposés de terre réfractaire (I, I' et I'') ; le plus bas

I, perforé seulement d'un large trou central, écrase les flammes des becs. Les deux supérieurs sont percés d'une vingtaine d'orifices. L'arrivée du gaz par (F) est réglée au préalable par un régulateur métallique de Roux. Un petit tube (H), indépendant du régulateur, entretient toujours une veilleuse (G), pour éviter les extinctions.

La température est constamment maintenue à $+ 37^{\circ}$.

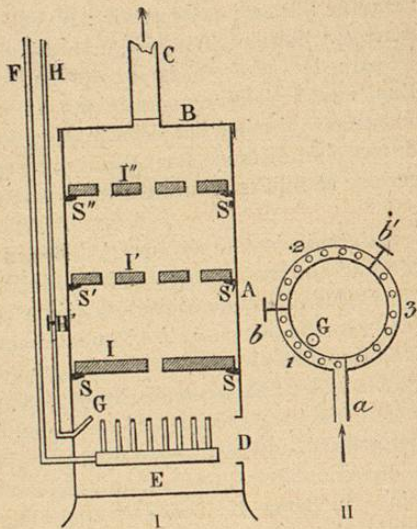


Fig. 74.

Schéma de notre poêle à gaz : I, le poêle; II, la rampe E. de I.

I. A, enveloppe de tôle. — B, couvercle. — C, tuyau d'échappement des gaz. — D, fenêtres. — E, couronne de becs Bunsen. — F, tuyau d'arrivée du gaz de la couronne. — G, veilleuse. — H, petit tuyau alimentant la veilleuse, avec un robinet H'. — I, I', I'', disques de terre réfractaire. — S, S', S'', supports métalliques de ces disques

II. a, tuyau d'arrivée de la couronne. — G, veilleuse. — 1, 2, 3, compartiments de la couronne. — b, b', robinets séparant les trois compartiments.

On pourrait évidemment chauffer et régler une chambre étuve au moyen de l'électricité (voy. plus loin). Pareille instal-

lation existe au Laboratoire de FERNBACH. Mais, le prix d'entretien est considérable.

B) GRANDES ÉTUVES

Tous les laboratoires ne peuvent pas posséder une chambre étuve; ils doivent au moins avoir une étuve spacieuse.

1° **Étuve Pasteur.** — L'étuve Pasteur consistait en une grande armoire en bois (hauteur : $1^{\text{m}},15$, largeur : $0^{\text{m}},70$, profondeur : $0^{\text{m}},40$), à doubles parois et à double porte vitrée. La vapeur d'eau circulait dans un serpentin situé à la partie inférieure et provenant d'une chaudière distincte de l'étuve. Un réfrigérant condensait la vapeur et la ramenait à la chaudière. On ajoutait un peu d'eau tous les 15 jours. Le régulateur était celui de d'ARSONVAL (à membrane de caoutchouc). Le chauffage était au gaz. Ce dispositif compliqué, encombrant, exigeant de fréquentes réparations a été rapidement abandonné; l'étuve Pasteur primitive n'a plus qu'un intérêt historique.

Elle a été diversement et successivement modifiée. Elle a d'abord été chauffée au gaz d'après le système préconisé par M. SCHRIBAUX. E. ROUX lui a ensuite adapté son régulateur métallique.

2° **Étuve Schribaux-Roux.** — L'étuve de Roux, très employée aujourd'hui, est en somme une étuve Pasteur, avec système Schribaux et munie d'un régulateur Roux (fig. 75). En outre, une série de tubes de cuivre sont disposés verticalement le long de la paroi interne destinés à recevoir les produits de combustion dégagés par les brûleurs et à les conduire au dehors par une cheminée disposée à la partie supérieure.

3° **Étuve Chauveau.** — L'étuve CHAUVEAU diffère profondément des étuves Pasteur, tout en ayant le même aspect extérieur. Elle est beaucoup plus simple. Elle consiste en un placard de mêmes dimensions que celles de l'étuve Pasteur, à

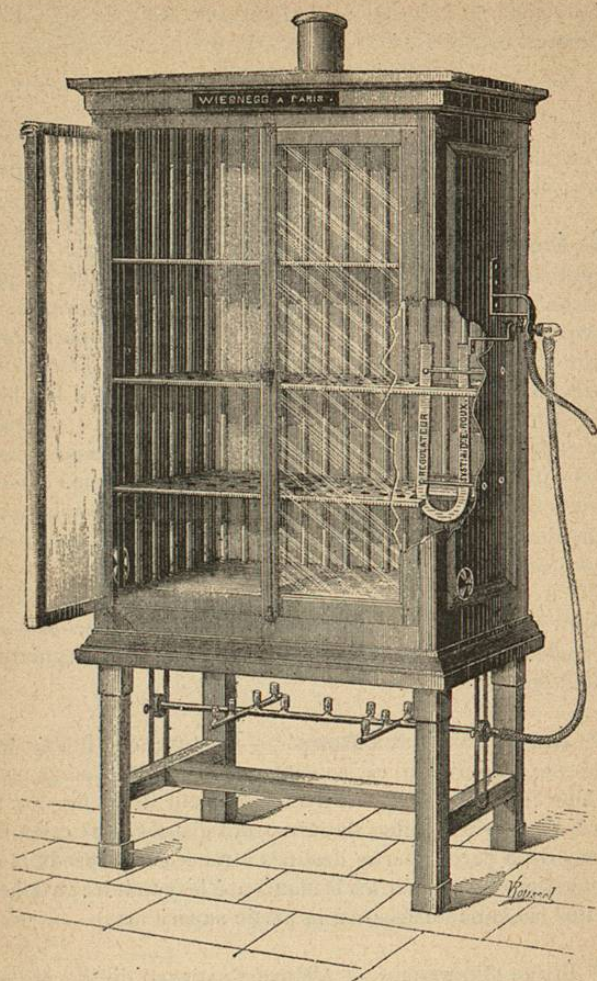


Fig. 75.

Etuve Pasteur-Schribaux avec régulateur métallique de Roux.

doubles parois, muni d'une double porte vitrée peinte en noir, rayons intérieurs, etc.

Le volant de chaleur (fig. 76) est constitué par une plaque de fonte (A) formant le fond de l'étuve, et recouvert supérieurement par une couche de sable fin (B). Cette plaque est supportée par quatre pieds également en fonte. Une rampe à huit

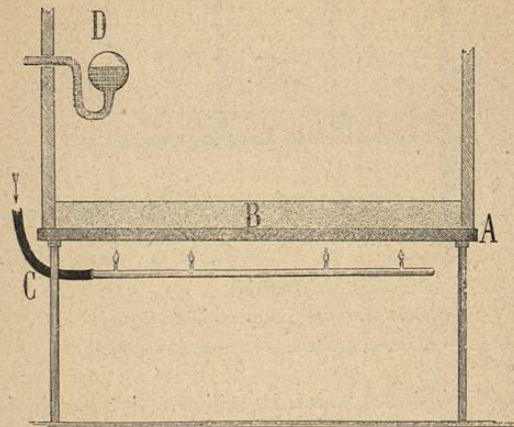


Fig. 76.

Coupe schématique de la partie inférieure de l'étuve de CHAUVEAU, avec régulateur CHAUVEAU.

becs de gaz (C) court sous la fonte. Le régulateur à éther Chauveau (D) (voy. p. 139) règle la température qui varie à peu près d'un degré par rayon (espacés de 30 centimètres); on a aussi quatre ou cinq températures différentes (augmentant de haut en bas), mais constantes pour le même rayon, et qu'une petite étiquette peut indiquer. Nous nous sommes servis pendant des années de cette étuve sans lui trouver d'inconvénients; elle est, en outre, peu coûteuse à construire, et n'exige pas de réparations.

4° **Étuve Arloing.** — ARLOING se sert couramment d'une étuve, modèle Chauveau, mais pour ainsi dire couchée sur le

côté, à trois compartiments juxtaposés, reposant sur la plaque de fonte (fig. 77). En n'allumant la rampe à gaz que sous un compartiment extrême, on a trois températures différentes régulièrement décroissantes. Le compartiment chauffé sera,

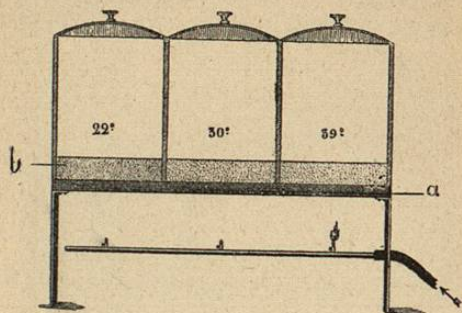


Fig. 77.

Étuve Arloing (coupe schématique).

a, plaque de fonte. — b, couche de sable.

par exemple, à + 39°, celui du milieu à + 30° et le dernier à + 22°, pouvant servir pour la gélatine.

On peut adapter à l'étuve Arloing un régulateur quelconque.

5° Étuves électriques. — L'emploi du courant électrique comme générateur de chaleur a permis de réaliser des progrès notables dans la construction et dans la régulation des étuves.

Nous décrivons ici le régulateur qui fait corps avec l'étuve.

A. RÉGULATEUR. — Le régulateur *electrothermique* de REGAUD et FOULLIAND¹ (la fig. schématique 78 représente un de ces régulateurs et les connexions électriques d'une étuve chauffée par le courant alternatif) se compose essentiellement d'un tube de verre ABCD courbé en U. La partie AB, ou ampoule,

¹ CL. REGAUD et R. FOULLIAND, *Chauffage et régulation des étuves par l'électricité*, Journal de physiologie et de pathologie générale, T. II, n° 3, p. 437, 1899.

est large et à parois très minces. La partie BCD a un calibre de quelques millimètres et une paroi très solide. La longueur de l'instrument est proportionnée à la hauteur intérieure de l'étuve; elle varie de 0^m,30 à 0^m,90. A la partie inférieure de l'ampoule est soudée une poche (G). La paroi du tube est traversée par deux fils de platine : le fil (E) est recourbé dans l'axe du tube, vers le coude (C); le fil (F) est droit. L'ampoule contient de l'hydrogène pur et sec, dont la pression fait équilibre à une colonne de mercure occupant la partie BCD du tube. Au-dessus du niveau du mercure, dans la branche CD, existe le vide barométrique. Lorsque le régulateur est vertical et à la température ordinaire (15° par ex.) le niveau inférieur du mercure dans la branche BC est au-dessus du fil (E).

Le régulateur est suspendu au centre de l'étuve (fig. 79) de telle sorte qu'il peut osciller autour d'un axe transversal passant par son milieu, en (O) (fig. 77). Un mécanisme très simple permet, sans ouvrir l'étuve, d'incliner le régulateur et de le fixer dans une position quelconque comprise entre la verticale et la position d'inclinaison extrême *ax'*, compatible avec la profondeur de l'étuve.

Les fils de platine (E) et (F) sont reliés au circuit électrique, comme l'indique la fig. 78. Le fil de chauffe (générateur de chaleur) *abcdef* et la colonne mercurielle sont disposés *en série*. Le courant ne passe dans le fil de chauffe que s'il y a contact entre le fil coudé (E) et le mercure.

Pour une position déterminée du régulateur, les alternatives d'interruption et de rétablissement du courant de chauffe ne

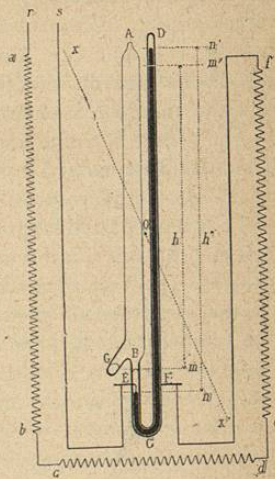


Fig. 78.

Régulateur électrique de REGAUD et FOULLIAND.

dépendent que des variations de température (et conséquemment de pression) des gaz de l'ampoule. Supposons le régulateur vertical; à 15° , les niveaux supérieurs du mercure sont (m) et (m') et la pression est (h); on établit le courant; l'étuve s'échauffe; la température et la pression de l'hydrogène augmentent. Lorsque le thermomètre placé à côté de l'ampoule atteint $+ 50^{\circ}$ (par exemple), le contact cesse brusquement entre la pointe du fil (E) et le mercure. A ce moment (température d'interruption), les niveaux du mercure sont (n) et (n'), et la pression (h'). L'étuve commence à se refroidir, et bientôt, un peu au dessous de $+ 50^{\circ}$, le contact se rétablit. Dès lors, le courant sera alternativement interrompu et rétabli, automatiquement, aux mêmes températures, même si on arrête le chauffage aussi souvent et aussi longtemps qu'on le voudra. L'écart entre les températures d'interruption et de rétablissement dépend de la sensibilité du régulateur et peut être réduit à quelques dixièmes de degré; la moyenne est rigoureusement fixe.

La température maxima de réglage est atteinte lorsque le régulateur est dans la position verticale. *En inclinant le régulateur on abaisse le niveau inférieur du mercure et par conséquent on abaisse la température de réglage.* La température minima est obtenue dans la position d'inclinaison maxima.

La poche (G) contient une provision de mercure qu'il est facile de faire passer dans le tube BC (et inversement), ce qui permet d'écartier beaucoup les limites de température entre lesquelles peut fonctionner le régulateur.

Les étincelles qui se produisent entre le fil (E) et le mercure, à chaque interruption, n'ont aucun inconvénient si l'on emploie le courant alternatif. Mais avec le courant continu, elles deviennent de véritables arcs voltaïques qui mettraient rapidement le régulateur hors d'usage. Dans ce dernier cas, on fait passer dans le régulateur non pas le courant de chauffe, mais seulement une très faible dérivation de celui-ci. Ce courant dérivé actionne un électro-aimant (relais) qui interrompt et rétablit le courant de chauffe.

On peut donner à ce régulateur des formes variées, en rapport avec l'usage qu'on veut en faire. On peut aussi, au

moyen de fils de platine supplémentaires convenablement disposés, diminuer progressivement le courant de chauffe au lieu de le supprimer.

B. ÉTUVES. — Le régulateur de REGAUD et FOULLIAND a été adapté par eux à des étuves de formes et dimensions diverses. La fig. 79 représente une étuve grand modèle. Voici les principales particularités de ces appareils.

La chaleur se dégage au niveau de résistances métalliques disposées contre les parois intérieures de l'étuve (*chauffage direct de l'air*), sur une surface aussi grande que possible, et en quantité décroissante de bas en haut. L'homogénéité du chauffage est assurée grâce à une répartition convenable des fils.

La chaleur produite par la transformation de l'énergie électrique étant encore très coûteuse, on a rendu aussi *athermanes* que possible les parois de l'étuve, de façon à dépenser cette chaleur très économiquement et obtenir un rendement pécuniaire comparable à celui des étuves chauffées par le gaz. L'athermanéité des parois est très favorable à une bonne régulation. Elle permet aussi de supprimer les manchons liquides employés comme réservoirs de calories. Ces nouvelles étuves, ayant une *faible capacité calorique*, étant chauffées intérieurement, et perdant peu de chaleur, peuvent être amenées très rapidement à la température de réglage. On peut les mettre en marche et les arrêter aussi souvent qu'on veut, les faire fonctionner pendant le temps strictement nécessaire.

Pour régler l'étuve, il suffit, lorsque la température voulue est atteinte, d'incliner le régulateur, du dehors, jusqu'à cessation de contact. Une *lampe rhéoscopique*, qu'on peut intercaler à volonté sur le courant de chauffe, au moyen d'un commutateur, rend visibles les alternatives de passage et d'interruption du courant. Pour modifier la température de réglage, on augmente ou on diminue l'inclinaison du régulateur. Pour une position donnée du régulateur, la température de réglage se maintient indéfiniment, et se rétablit automatiquement à chaque nouvelle mise en marche.

La consommation d'une étuve ayant les dimensions inté-

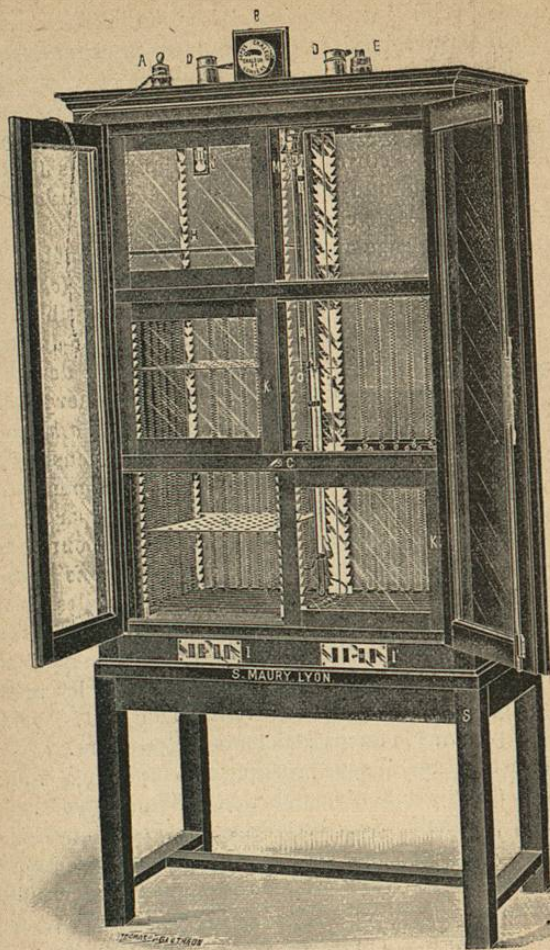


Fig. 79.

Étuve électrique de REGAUD et FOULLIAND.

rieures de $1^m \times 0^m,70 \times 0^m,32$ (fig. 79) est de 1 amp., 2 sous

110 volts. Mais le courant ne passe pas continuellement : suivant la différence des températures ambiante et intérieure, le régulateur laisse passer le courant pendant $\frac{1}{4}$ à $\frac{2}{3}$ du temps.

Le chauffage électrique est très favorable à la propreté des étuves et ne comporte pas les accidents (extinction, explosions, dérèglement, etc.) inhérents à l'emploi du gaz d'éclairage.

Nous recommandons vivement ces étuves électriques.

C) PETITES ÉTUVES

On a construit un grand nombre d'étuves portatives.

1° **Étuve Salomonsen.** — On pourrait à la rigueur, si on se contente d'une étuve variant de quelques degrés, en faire construire une très simple, sans régulateur, comme l'indique la figure 80, empruntée à SALOMONSEN.

Le gaz est remplacé par une veilleuse à huile. Une écuelle est remplie d'eau jusqu'à 2 centimètres du bord (A); on verse par-dessus une couche d'huile (B) de 2 centimètres sur laquelle on met plusieurs flotteurs (C) avec des mèches à veilleuses qu'on changera matin et soir. La distance entre les flammes et le fond de l'étuve servirait à la régulation.

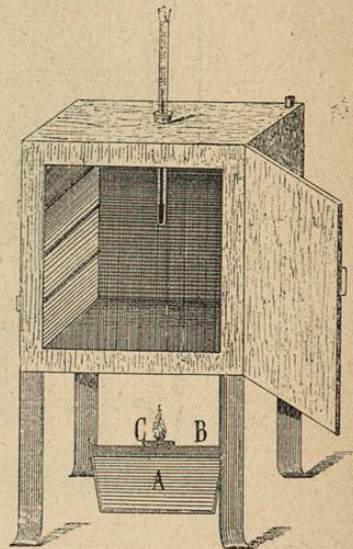


Fig. 80.

2° **Étuve Gay-Lussac.** Étuve de SALOMONSEN sans régulateur.

— L'étuve Gay-Lussac est une caisse à doubles parois, portée par quatre pieds en fer, et munie d'une porte vitrée. L'intervalle des deux parois est rem-

pli d'eau ou d'huile. Un thermomètre traverse la paroi supérieure. Le chauffage s'obtient par un bec Bunsen, recevant le

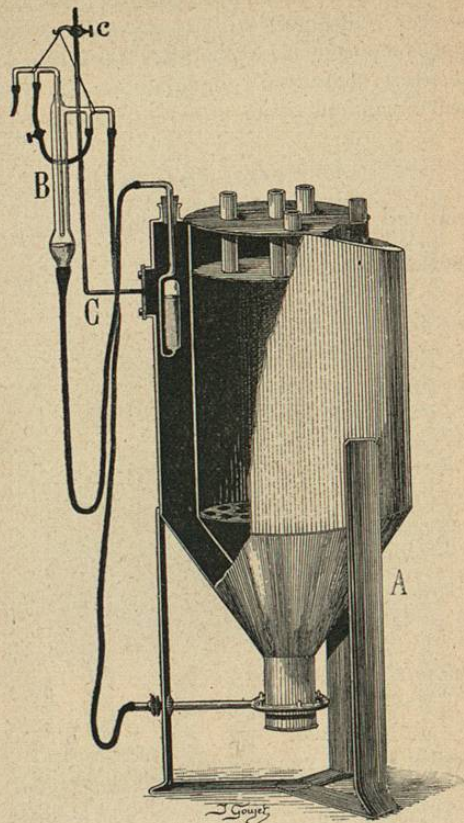


Fig. 81.

Étuve d'Arsonval avec régulateur Chauveau.

A, étuve d'Arsonval. — B, régulateur Chauveau. — C, tige supportant le régulateur, adaptée à la tubulure latérale de l'étuve. — c, curseur servant au réglage.

gaz d'un régulateur qui plonge dans l'eau. Elle est trop classique pour qu'il soit besoin de la figurer ici.

3^e Étuve d'Arsonval. — L'étuve d'Arsonval se compose de

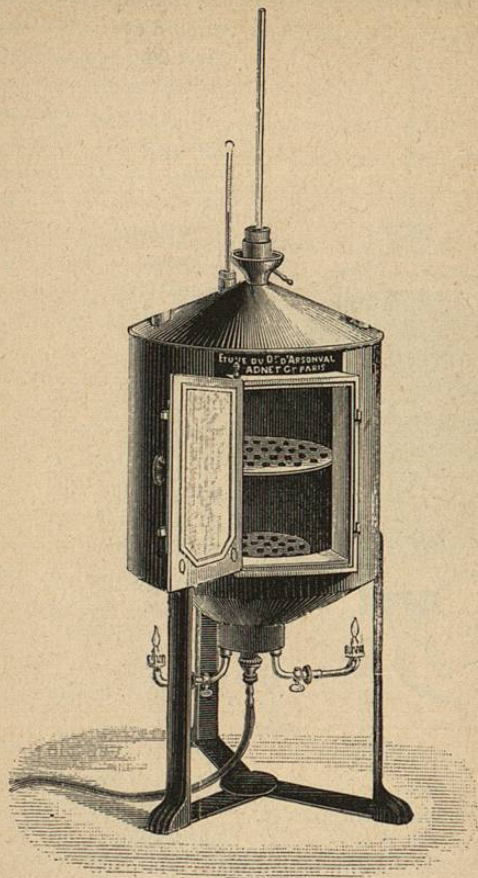


Fig. 82.

Étuve d'Arsonval, avec régulateur métallique d'Arsonval placé à la partie inférieure.

deux vases cylindro-coniques concentriques limitant deux