

cavités : l'une centrale destinée à constituer la chambre, l'autre annulaire remplie d'eau (volant de chaleur). Le couvercle est également à doubles parois et rempli d'eau. Une rampe à gaz circulaire chauffe l'eau à la partie inférieure. La régulation s'obtient par une tubulure latérale fermée à l'extérieur par une membrane de caoutchouc si on se sert du régulateur à membrane de

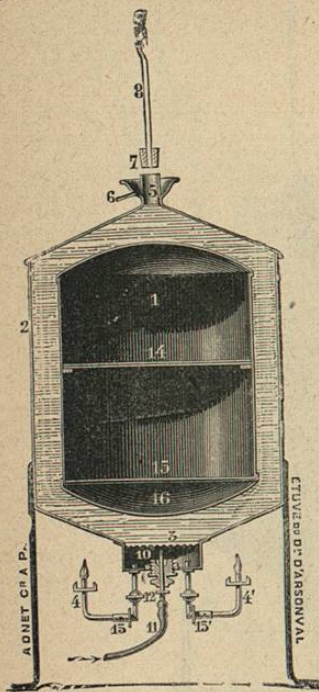


Fig. 83.

Coupe schématique de l'étuve d'Arsonval représentée figure 82.

vider pour prendre un ballon placé à la partie inférieure.

La nouvelle étuve de d'Arsonval s'ouvre latéralement par une porte transparente à double verre. Le chauffage du matelas d'eau se fait par deux cheminées métalliques qui traversent le liquide dans toute sa hauteur. Le réglage se fait comme précédemment ou par un régulateur métallique placé à la partie

inférieure. La régulation s'obtient par une tubulure latérale fermée à l'extérieur par une membrane de caoutchouc si on se sert du régulateur à membrane de d'ARSONVAL (fig. 83) ou par un régulateur quelconque plongeant dans l'eau par l'orifice supérieur.

Nous avons adapté à nos étuves d'ARSONVAL une plaque métallique vissée sur la tubulure latérale et surmontée d'une longue tige en fer pour supporter le régulateur CHAUVÉAU à éther (fig. 81). On peut aussi adapter le régulateur ARLOING. On fait alors plonger le thermomètre dans la cavité intérieure de l'étuve par la tubulure centrale du couvercle.

Cette étuve a le grand inconvénient d'avoir une cavité très étroite, nécessitant la superposition des cultures. Il faut la

inférieure (fig. 82 et 83), permettant de régler l'étuve à des températures très élevées.

Les étuves d'ARSONVAL seront remplies d'eau récemment bouillie, c'est-à-dire privée d'air.

**4° Chambres chaudes.** — Notons encore : les *chambres chaudes* pour cultures sous le microscope que nous décrivons au chapitre V.

En résumé, nous considérons comme indispensables à posséder trois modèles d'étuves : 1° une chambre étuve réglée par un régulateur métallique ROUX, ou une étuve armoire modèle CHAUVÉAU ou ROUX, ou une armoire électrique, pour l'ensemble des cultures à  $+38^{\circ}$ ; 2° une petite étuve GAY-LUSSAC, par exemple, avec régulateur ARLOING, ou métallique (voy. p. 133) pour les cultures sur gélatine à  $+22^{\circ}$ ; 3° une ou plusieurs petites étuves avec régulateur CHAUVÉAU ou métallique (voy. p. 121) pour les températures spéciales supérieures à  $+38^{\circ}$ .

## § 2. — RÉGULATEURS

Ces appareils sont indispensables à la régulation *automatique* des étuves.

### A) RÉGULATEUR DE PRESSION

Des variations de pression se produisent journellement dans les conduites de gaz.

Il faut, bien entendu, pour qu'une étuve puisse se régler à  $+22^{\circ}$ , que la température ambiante ne dépasse pas cette température. En été, on placera les étuves à  $+22^{\circ}$  dans un sous-sol; sinon il faudrait installer un appareil réfrigérant à entretien coûteux. On a construit des étuves Schribaux-Roux entourées d'un serpentin de tubes métalliques servant à faire circuler un courant d'eau froide autour des parois, pour abaisser la température ambiante et permettre le réglage à  $+22^{\circ}$ . On trouvera au chapitre XIV (p. 386) une figure (fig. 210) représentant l'étuve glacière de MIQUEL destinée à l'analyse des eaux.

Elles peuvent être suffisantes pour troubler le fonctionnement des régulateurs et entraîner l'extinction des brûleurs, ou tout au moins un réglage imparfait. On remédie quelquefois à cet inconvénient en interposant un *régulateur de la pression* entre l'arrivée du gaz et l'appareil de réglage. La figure 84

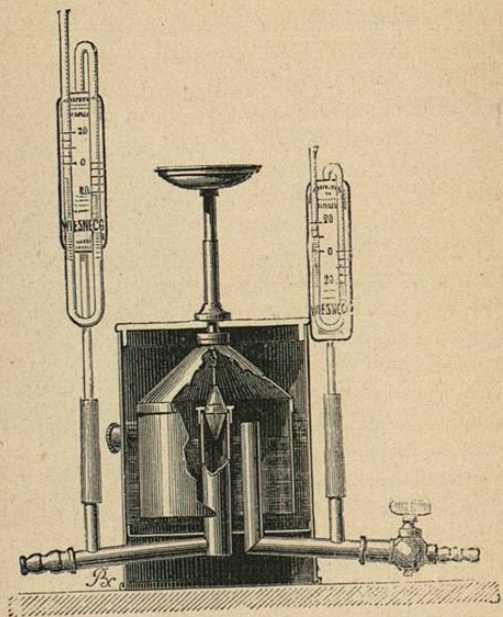


Fig. 84.  
Régulateur de pression MOITESSIER.

représente le régulateur Moitessier construit par Wiesnegg. On remplit le réservoir d'eau glycinée jusqu'à l'affleurement de la petite tubulure latérale (gauche). Deux manomètres enregistrent la pression du gaz avant et après la régulation. On règle le second manomètre d'après la pression minima des conduites de la ville.

## B) THERMO-RÉGULATEURS

Les modèles en sont extrêmement nombreux. Tous sont basés sur le principe de la dilatation des corps par la chaleur; le corps dilaté rétrécit l'orifice d'arrivée du gaz, ou ferme le courant électrique si l'étuve s'échauffe trop; lorsque celle-ci se refroidit, il se rétracte et agrandit l'orifice d'arrivée du gaz ou rétablit le courant électrique.

Ainsi s'établit automatiquement le réglage à une température constante.

**1° Régulateurs à liquides.** — Le corps dont la dilatation opérera le réglage est un *liquide*.

a. *Régulateurs directs.* — Dans les *régulateurs directs* ce corps liquide est le *volant de chaleur lui-même*.

Le *régulateur à membrane d'Arsonval*, adapté à l'étuve d'Arsonval premier modèle, en était un exemple.

Il n'est plus employé. Nous ne le décrivons pas. Il suffira de se reporter au schéma ci-contre (fig. 85) pour en comprendre le fonctionnement.

Ce régulateur peut naturellement s'appliquer à toutes les étuves à volant d'eau. Il a deux défauts: la membrane de caoutchouc s'altère rapidement, et la régulation se fait à la partie supérieure de l'étuve. Il n'a qu'un intérêt historique.

Le *régulateur métallique d'Arsonval* est le même que le précédent, mais tend à supprimer les deux défauts. Dans le modèle *fixe* (à eau) la membrane de caoutchouc est remplacée

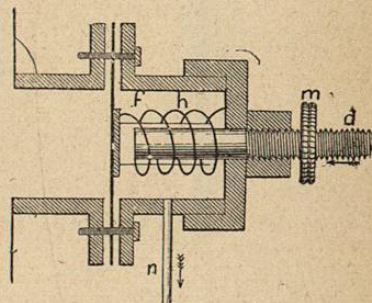


Fig. 85.  
Schéma du régulateur à membrane d'ARSONVAL.

par une lame métallique très mince et le régulateur est situé à la partie inférieure de l'étuve. Ce régulateur est représenté dans les figures 82 et 83. On a construit un modèle *mobile* pouvant se fixer à toutes les étuves (fig. 86); nous le décrirons ici,

bien qu'il dût rentrer dans le groupe *b*. On remplit par la cuvette (2) le tube (4) de pétrole ou d'huile d'olive. En se dilatant, le

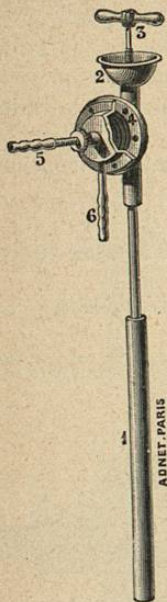


Fig. 86.

Régulateur d'ARSONVAL, à membrane métallique, mobile.

liquide verse dans la cuvette. A la température voulue on ferme le réservoir par le robinet à pointe (3). La membrane métallique est notée (4). On peut régler jusqu'à  $+100^{\circ}$  ou même au-dessus avec ces régulateurs métalliques.

*b. Régulateurs indirects.* — Le liquide dilatable, enfermé dans un récipient, plonge dans le liquide du volant de chaleur.

Ce liquide peut agir indirectement ou directement sur l'arrivée du gaz.



Fig. 87.

Régulateur REICHERT.

Le régulateur mobile de d'Arsonval décrit ci-dessus appartient à ce groupe.

Beaucoup de régulateurs indirects ont eu successivement la faveur des laboratoires. Ils sont actuellement très délaissés. Nous ne ferons que mentionner les régulateurs de SCHLOESING, de RAULIN qui ne sont plus employés (ils sont décrits et figurés dans notre *Première édition*).

Le régulateur Reichert ou Chancel (fig. 87) est une heureuse modification de celui de RAULIN. Il est peu coûteux. Le gaz suit le trajet (a, b, c). La colonne de mercure est mobile et se règle par la vis (d). Un petit orifice (e) permet le passage d'une quantité de gaz suffisante pour empêcher l'extinction du brûleur. Malheureusement la vis cède à la longue, et le réglage est à recommencer.

Le régulateur Arloing (fig. 88) est le plus sûr des régulateurs de cette catégorie; aucune pièce n'est mobile.

On verse du mercure dans le tube (A), en laissant un assez grand intervalle entre la surface du mercure et le tube (B). On bouche en (C) avec un bouchon de caoutchouc. La sauterelle (D) empêche l'extinction. On chauffe l'étuve jusqu'à la température cherchée. A ce moment, on enlève le bouchon (C) et on verse du mercure jusqu'à affleurement du tube (B). On rebouche et on met le tout en place. On tâtonnera en enlevant un peu de

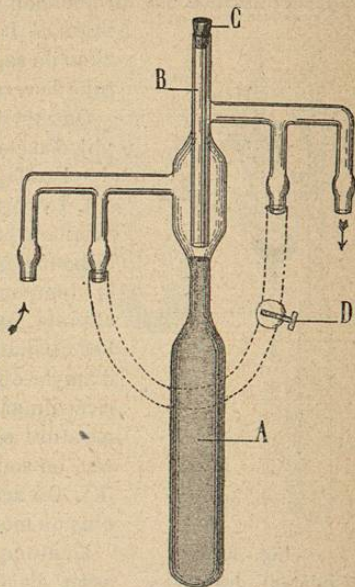


Fig. 88.

Régulateur ARLOING.

Le réservoir A doit être proportionnellement beaucoup plus long que dans la figure ci-dessus.

mercure avec une pipette, si la température est trop basse. Une fois réglé l'appareil d'ARLOING ne peut se déranger.

Le régulateur A. et L. Lumière utilise l'acétate d'amyle.

La partie thermométrique A C (fig. 89), évasée en entonnoir, peut être fermée par un bouchon en verre rodé (K). Le tube

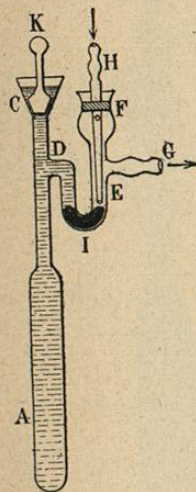


Fig. 89.  
Régulateur des frères  
LUMIÈRE.

branché D E F est fermé par un bouchon de caoutchouc (F), traversé par un tube de verre (H) portant un petit orifice.

On met du mercure en (I), et on remplit d'acétate d'amyle A C D I. Le gaz de chauffage arrive par (H) et sort par (G). La partie A D est plongée dans le volant de chaleur de l'étuve. On enlève le bouchon (K) et on allume. Lorsque la température voulue est presque atteinte, on met le bouchon en place. Les oscillations de volume de l'acétate d'amyle obturent ou débouchent l'arrivée du gaz par le tube (H). Si la température obtenue n'est pas assez élevée, on soulève légèrement le bouchon (K). On achève le réglage en montant plus ou moins le tube (H).

L'entonnoir (C) doit toujours contenir assez d'acétate d'amyle pour que le bouchon (K) soit noyé.

Le coefficient de dilatation et le point d'ébullition de l'acétate d'amyle étant élevés, le régulateur est très sensible.

On peut régler l'arrivée du gaz au moyen de *régulateurs électriques*. Le mercure, en se dilatant, prend contact avec un fil qui ferme le circuit. Le courant agit alors sur un électro-aimant qui ferme l'arrivée du gaz ; une veilleuse empêche l'extinction. La distance entre le mercure et les points du fil sert au réglage.

Voir (p. 122) les régulateurs électriques des étuves à chauffage électrique.

2° **Régulateurs à gaz.** — Le corps dilatable est gazeux.

a. *Régulateurs à air.* — On a employé l'air. Le régulateur de Bohr (fig. 90) se compose d'un réservoir (a) rempli d'air, avec son robinet (b), et d'un tube en U (c) dont la seconde branche contient un tube taillé en bec de flûte (d), et muni d'un orifice de sûreté (e). Du mercure occupe le fond de l'U. On ferme le robinet (b) lorsque la température cherchée est obtenue. Le tube (a) doit être très sec. On peut régler à toutes les températures pourvu qu'elles soient au-dessous du point de fusion du verre.

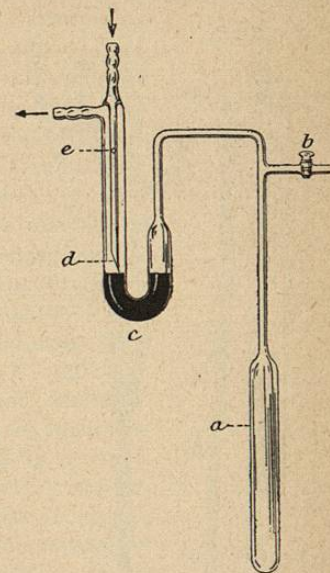


Fig. 90.  
Régulateur de BOHR.

b. *Régulateurs à vapeurs sous tension.* — Les modifications considérables de la tension des vapeurs aux différentes températures ont servi de base à la construction d'un certain nombre d'excellents régulateurs. Leur sensibilité est incomparablement supérieure à celle des appareils précédents. Ils sont chargés d'un liquide se vaporisant à quelques degrés au-dessous de la température cherchée : on réglera de + 30° à + 60° avec de l'éther, de + 60° à + 100° avec de l'alcool, de + 100° à + 140° avec de l'eau distillée, de + 140° à 120° avec une solution de chlorure de calcium. L'éther sera donc le liquide le plus fréquemment employé pour les étuves à culture ; les autres liquides sont applicables aux étuves à stérilisation ou à préparation de vaccins.

Le régulateur Rohrbeck est représenté figure 91. Le gaz suit la voie (a, b, c) à travers le tube (d) taillé en bec de flûte à angle

très aigu, sauf la petite quantité nécessaire à la veilleuse qui traverse directement l'orifice (*e*). Un diagramme de verre (*h*) en forme d'entonnoir, à extrémité allongée inférieure, plonge dans le mercure. L'éther remplit la chambre (*g*). Lorsque l'éther se vaporise, le mercure est refoulé jusqu'à la ligne pointillée (*i*) et ferme en partie l'orifice triangulaire, laissant au gaz un passage de plus en plus étroit. On soulève plus ou moins le tube (*d*) pour le réglage. Ce tube (*d*) peut être en acier et se régler au moyen d'une crémaillère.

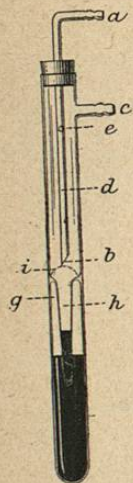


Fig. 91.  
Régulateur de  
ROHRBECK.

Le régulateur Chauveau est le meilleur des régulateurs à tension de vapeurs. Il a été imaginé par CHAUCHEAU, il y a longtemps, avant tout autre appareil analogue. Le réservoir à mercure est mobile, flexible, et permet donc, sans changer la quantité de mercure introduite, d'exercer sur le liquide vaporisable une pression plus ou moins forte en modifiant le niveau du mercure. Le tube d'arrivée du gaz est ainsi fixe. Le réglage se fait par le niveau plus ou moins élevé de la surface du mercure, et peut se calculer mathématiquement, dès qu'on connaît la température d'ébullition du liquide et la pression exercée sur lui. Il faut pour le régulateur un support extérieur à l'étuve ; ce sont de simples clous superposés en série verticale plantés sur la paroi externe des étuves armoires : c'est un support métallique vissé aux étuves métalliques (voy. l'Étuve d'Arsonval, fig. 81). Il va sans dire qu'on peut employer les divers liquides vaporisables cités plus haut. L'éther à lui seul est capable de régler à toutes les températures, c'est ainsi qu'on arriverait à régler des étuves à des températures inférieures à  $+ 30^{\circ}$  avec de l'éther, en faisant de la dépression mais des rentrées d'air seraient alors difficiles à empêcher. Pour régler au-dessus de  $+ 30^{\circ}$  l'emploi de l'éther exigerait une trop haute colonne de mercure.

Le régulateur Chauveau, schématisé dans la figure 92, se compose essentiellement de deux pièces en verre reliées par un tube de caoutchouc. La première pièce (A) contient du mercure et le liquide vaporisable (l'éther pour la pratique courante) ; c'est un tube en U qui aura différentes formes suivant l'étuve à régler. Il aura la forme dessinée figure 81, pour pénétrer dans l'eau ou l'huile des étuves Gay-Lussac, d'Arsonval, etc., à travers un étroit orifice. Il aura la forme de la figure 76 (A) pour pénétrer dans la cavité d'une étuve en bois (armoires Pasteur, Roux, Chauveau). Cette première pièce est donc fixée à l'étuve, plongeant dans le volant de chaleur ou dans la cavité intérieure. Elle est reliée par un tube de caoutchouc (C) assez fort et rempli de mercure, à la seconde pièce, la plus compliquée (B). Le gaz suit le sujet (E, b, H). Un mince tube de caoutchouc muni d'un petit robinet (G) met en rapport les tubulures médianes ; c'est la sauterelle, dont le robinet à moitié ouvert laissera toujours passer assez de gaz pour empêcher l'extinction des brû-

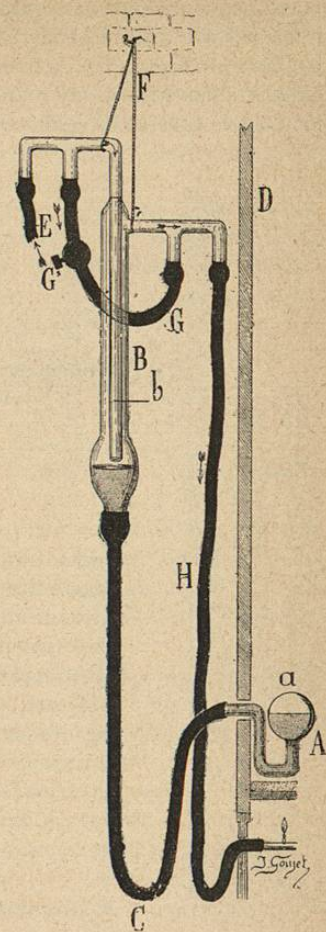


Fig. 92.  
Régulateur CHAUCHEAU adapté à  
une étuve CHAUCHEAU. Se reporter à la figure 76 qui complète  
celle-ci.

leurs. On commence par remplir (A) de mercure sans y laisser une seule goutte d'air, et on y introduit 1 ou 2 centimètres cubes d'éther; on adapte alors le tube (C) et on le remplit de mercure jusqu'à affleurement. On enfonce alors à frottement le tube (B) dans le tube de caoutchouc, et on met de bonnes ligatures.

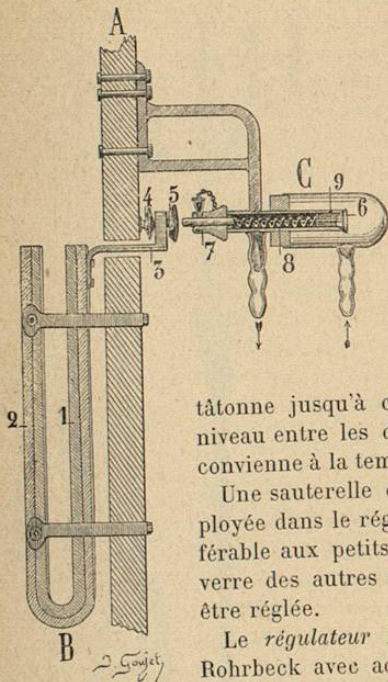


Fig. 93.

Régulateur métallique de Roux, en U.

**3° Régulateurs métalliques.** — Le corps dilatable est métallique.  
a. *Régulateurs en U pour les températures moyennes.* — Le principe repose sur le fait de l'inégalité de dilatation des métaux par la chaleur.

L'excellent régulateur de Roux est représenté, en place dans

Si on veut faire monter un peu plus le mercure dans le tube (B), il suffit de l'enfoncer davantage dans le tube (C). L'appareil est alors mis en place, la pièce mobile (B), fixée à un support métallique à glissière, ou simplement suspendue à un clou par une forte ficelle (F). Cette hauteur pourrait se calculer; en pratique on

tâtonne jusqu'à ce que la différence de niveau entre les deux surfaces de mercure convienne à la température cherchée.

Une sauterelle comme celle qui est employée dans le régulateur Chauveau est préférable aux petits orifices pratiqués dans le verre des autres régulateurs, car elle peut être réglée.

Le régulateur Pittion est un régulateur Rohrbeck avec adjonction d'une sauterelle entre (a) et (c) remplaçant l'orifice (e).

l'étuve armoire de Schribaux, figure 75. Schématiquement, (fig. 93), ce régulateur « est formé de deux barres métalliques, l'une en acier (1), l'autre en zinc (2), soudées ensemble sur toute leur longueur et recourbées ensuite en forme d'U (B). Le métal le plus dilatable, le zinc, étant en dehors, toute élévation dans la température tendra à rapprocher les branches, et tout abaissement les écartera l'une de l'autre ». Une des branches (la plus éloignée) est fixée à la paroi de l'étuve (A). Une tige (3) ajustée à angle droit sur l'autre branche ou suivra tous les mouvements et ira au dehors ouvrir ou obstruer l'arrivée du gaz allant au brûleur; elle sortira de l'étuve par une petite ouverture où elle puisse se mouvoir librement. Cette tige est courbée à angle droit après sa sortie de l'étuve et est traversée par une vis (5) qui peut être fixée à un point quelconque de sa course au moyen d'un écrou (4). L'extrémité de cette vis peut être amenée au contact d'une petite soupape qui règle l'écoulement du gaz. Cette soupape est un obturateur conique en laiton (6) qui termine une tige (7) située dans le prolongement de la vis, et ayant traversé le tube de sortie du gaz. Un petit ressort (8) placé dans ce tube maintient l'orifice de sortie fermé tant qu'on n'appuie pas sur l'extrémité de la tige de l'obturateur (c'est la position de la figure 93). Si celle-ci est légèrement repoussée, le tube est ouvert, le gaz sort de la petite chambre en verre (C) et se rend au brûleur par le tube qui contient le ressort à boudin. Une petite ouverture (9) pratiquée dans l'obturateur suffit à maintenir le brûleur en veilleuse. Tout l'appareil extérieur à l'étuve est fixé à celle-ci en face de l'ouverture qui livre passage à la tige (3).

Pour régler l'étuve on tourne la vis jusqu'à ce que, pressant sur l'extrémité de la tige, elle ouvre largement la soupape, et on allume le brûleur. Lorsque le thermomètre de l'étuve atteint une température inférieure de 0°,5 à celle qu'on veut obtenir, on tourne la vis jusqu'à ce qu'elle effleure l'extrémité de la tige. L'étuve est réglée. Si elle se refroidit, les branches du régulateur s'écartent, et la vis appuyant à nouveau sur la tige ouvre l'arrivée du gaz.

b. *Régulateur pour hautes ou basses températures.* — Le régu-

lateur de Roux ne peut pas être utilisé pour régler une étuve aux hautes températures (par exemple  $+ 110^{\circ}$  ou  $+ 115^{\circ}$ ,

pour la fabrication du vaccin du *Charbon symptomatique*), qui altéreraient les soudures ou même le zinc.

LEQUEUX l'a modifié pour l'adapter aux étuves à hautes températures (fig. 94). Il a utilisé l'action directe de la dilatation d'un tube unimétallique. Pour ne pas avoir d'effet en sens contraire, le centre de ce tube est occupé par une

tige d'acier au nickel ayant un coefficient de dilatation linéaire nul ou presque nul. De cette façon, la dilatation du tube (A) se trouve totalisée à l'extrémité (B) de la tige d'acier. Comme cette action est excessivement énergique et indépendante de l'élasticité du métal, la multiplication du mouvement est possible sur une lame d'acier (D) fortement encastrée dans une plaque (K) de façon à ne perdre aucun des mouvements, par suite d'axes plus ou moins bien ajustés. La lame (D) doit être très rigide et sans aucune articulation

Lorsque le tube (A) se dilate, la lame d'acier (D) se rapproche du tube et le piston contenu dans l'appareil (P) se ferme en obstruant en totalité ou en partie l'orifice d'arrivée du gaz.

Le réglage se fait en tournant le bouton molleté (I), de façon à faire appuyer une vis contre la barre (B) en bandant plus ou moins

le ressort au moyen de ce bouton et du contre-écrou (V). On appuie plus ou moins la lame (D) sur la tige du piston suivant l'allure qu'on veut donner au régulateur.

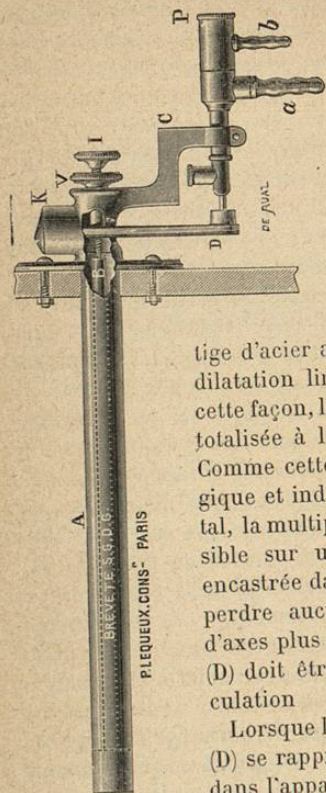


Fig. 94.

Régulateur métallique de Roux à tube.

Ce régulateur est également excellent pour les étuves à basse température (étuves à  $+ 22^{\circ}$  pour cultures sur gélatine; voy. p. 102).

**4° Brûleurs à fermeture automatique.** — Tout régulateur, employant le gaz comme combustible, doit posséder une saute-relle ou un petit orifice pour empêcher l'extinction des brûleurs. Cet accident est malgré tout possible; le gaz sort alors en abondance et forme un mélange détonant.

KOCH a imaginé des brûleurs à fermeture automatique. Deux lames métalliques, disposées en spirale, touchent la base de la flamme du bec. En s'échauffant, ces lames subissent une torsion; elles se plient en sens inverse en se refroidissant. Ce dernier mouvement ferme, au moyen d'un levier, un robinet dont est muni le brûleur. Ces brûleurs donnent une sécurité trompeuse, car les ressorts se détremperont rapidement.

MUNCKE, de Berlin, a imaginé un système de fermeture automatique basé sur les oscillations d'un petit volume de mercure déterminées par la dilatation d'une masse d'air. Un tube thermométrique à grand réservoir, courbé en V en son milieu, est suspendu de manière à pouvoir osciller dans un parcours limité par des buttoirs. Le tube est rempli de façon à basculer du côté du réservoir, à la température ordinaire. Un petit bec à veilleuse chauffe l'air du réservoir; celui-ci se dilate et chasse le mercure du côté opposé; le tube bascule. Si le bec vient à s'éteindre, l'air retombe à la température ordinaire, le mercure revient dans la branche du réservoir, et le tube, rebasculant dans la position première, ferme un robinet qui se trouve sur la conduite du gaz.