

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

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

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

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

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Auteur(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 193.-195.
Nombre de volumes	125
Cote	CNAM-BIB P 1329-B et P 1329-C
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Note	La collection comporte des lacunes : n°24; n°58; n°63; n°67; n°76-n°77
Notice complète	https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL ?PPN=261820893&RELTYP=NT
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C
LISTE DES VOLUMES	
	N°25 (1936)
	N°26 (1937)
	N°27 (1937)
	N°28 (1937)
	N°29 (1938)
	N°30 (1939)
	N°31 (1936)
	N°32 (1938)
	N°33 (1938)
	N°34 (1938)
	N°35 (1938)
	N°36 (1938)
	N°37 (1938)
	N°38 (1938)
	N°39 (1938)
	N°40 (1939)
	N°41 (1939)
	N°42 (1939)
	N°43 (1939)
	N°44 (1939)
	N°45 (1938)
	N°46 (1940)
	N°47 (1940)
	N°48 (1940)
	N°49 (1940)
	N°50 (1940)
	N°51 (1941)
	N°52 (1941)
	N°53 (1941)
	N°54 (1941)
	N°55 (1942)
	N°56 (1942)
	N°57 (1942)
	N°59 (1942)

	N°60 (1941)
	N°61 (1942)
	N°62 (1943)
	N°64 (1943)
	N°65 (1943)
	N°66 (1943)
	N°68 (1943)
	N°69 (1943)
	N°70 (1943)
	N°71 (1943)
	N°72 (1944)
	N°73 (1943)
	N°74 (1944)
	N°75 (1944)
	N°78 (1944)
	N°79 (1944)
	N°80 (1944)
	N°81 (1944)
	N°82 (1944)
	N°83 (1944)
	N°84 (1944)
	N°85 (1944)
	N°86 (1945)
	N°87 (1945)
	N°88 (1945)
	N°89 (1945)
	N°90 (1945)
	N°91 (1945)
	N°92 (1945)
	N°93 (1945)
	N°94 (1945)
	N°95 (1946)
	N°96 (1946)
	N°97 (1946)
	N°98 (1944)
	N°99 (1945)
	N°100 (1945)
	N°101 (1946)
	N°102 (1946)
	N°103 (1946)
	N°104 (1946)
	N°105 (1946)
	N°106 (1946)
	N°107 (1947)
	N°108 (1947)
	N°109 (1947)
	N°110 et 111 (1947)
	N° 112 (1947)
	N° 113 (1947)
	N° 114 (1947)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	N° 115 (1947)
	N° 116 (1947)
	N° 117 (1947)
	N° 118 (1948)
	N° 119 (1948)
	N° 120 (1948)
	N° 121 (1948)
	N° 122 (1947)

	N° 123 (1948)
	N° 124 (1948)
	N° 125 (1948)
	N° 126 (1948)
	N° 127 (1948)
	N° 128 (1948)
	N° 129 (1948)
	N° 130 (1949)
	N° 131 (1949)
	N° 132 (1949)
	N° 133 (1948)
	N° 134 (1949)
	N° 135 (1948)
	N° 136 (1949)
	N° 137 (1950)
	N° 138 (1950)
	N° 139 (1950)
	N° 140 (1950)
	N° 141 (1950)
	N° 142 (1948)
	N° 143 (1950)
	N° 144 (1950)
	N° 145 (1951)
	N° 146 (1951)
	N° 147 (1951)
	N° 148 (1951)
	N° 149 (1951)
	N° 150 (1951)
	N° 151 (1951)
	N° 152 (1951)
	N° 153 (1952)
	N° 154 (1952)
	N° 155 (1952)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Volume	N° 115 (1947)
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1947
Collation	1 vol. (p. [243-252]) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	16
Cote	CNAM-BIB P 1329-C (23)
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Revue
Langue	Anglais Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	07/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039014541
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-C.23

Note de présentation du

...

8° Rue 107

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
LABORATOIRE D'ESSAIS



BULLETIN
DU
LABORATOIRE D'ESSAIS
1947 - N° 24

PUBLICATION N° 115
(Voir le sommaire au verso)

SOMMAIRE

Y. ROUQUAYROL et L. HEYBERGER —
Fabrication et contrôle des thermomètres médicaux

BULLETIN DU LABORATOIRE D'ESSAIS DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS & MÉTIERS

FABRICATION ET CONTRÔLE DES THERMOMÈTRES MÉDICAUX

A. 311

La température du corps humain est un élément fondamental du diagnostic du médecin; elle varie suivant l'état du malade, mais dans des limites assez étroites, de 4 à 5°C au maximum.

Aussi le médecin a-t-il besoin de connaître cette température avec certitude, à quelques dixièmes de degré C. près.

C'est pourquoi les thermomètres à usage médical doivent être des instruments *sensibles* — donc de fabrication délicate — et *justes* — donc soumis à un contrôle rigoureux.

La loi française prescrit que ce contrôle doit être effectué au Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

I. — DESCRIPTION DES THERMOMÈTRES MÉDICAUX

Ce sont des thermomètres à mercure, construits en verre, du type à maximum : la colonne de mercure ne redescend pas d'elle-même lorsque le thermomètre est porté d'une enceinte chaude dans une enceinte moins chaude; après refroidissement, la température indiquée est la température maximum à laquelle a été porté le réservoir.

Il existe deux modèles de thermomètres médicaux :

1^o L'un dit « *gradué sur tige* », ou encore « *prismatique* » comporte une tige prismatique sur laquelle sont gravées les graduations (fig. 1 a). La section de cette tige a la forme d'un triangle dont un sommet arrondi forme loupe devant la colonne de mercure. Ce modèle est utilisé principalement dans les pays de langue anglaise.

2^o Dans l'autre modèle, dit « *à chemise* » (fig. 1 b), les graduations sont gravées sur une plaque indépendante de la tige du thermomètre, enfermée dans une chemise en verre.

La tige thermométrique AB est un tube capillaire de forme extérieure *prismatique*, dont le canal intérieur, appelé « *lumière* », a une section elliptique.

Cette tige est reliée au réservoir par un deuxième tube capillaire de forme extérieure cylindrique, de section circulaire, dénommé « *capillaire rond* ». La « *lumière* » de ce tube a également une section elliptique, mais de surface plus grande que celle du capillaire prismatique.

Une fine baguette de verre tronconique (fig. 2 a), appelée « *obturateur* », disposée suivant l'axe du thermomètre, est soudée par sa grande base sur le fond du réservoir; sa partie supérieure pénètre dans la lumière du capillaire rond. Le diamètre de cette baguette est égal au petit axe de la lumière elliptique du capillaire rond; le mercure ne peut donc se déplacer que dans un très petit canal annulaire AA dont la section a la forme de deux croissants opposés.

Lorsque la température du réservoir s'élève le mercure peut vaincre la résistance qu'il rencontre dans ce canal annulaire, et s'élever dans la tige thermométrique. Mais lorsque la température du réservoir diminue, le poids de la colonne de mercure ne suffit pas pour vaincre les forces capillaires qui se manifestent dans le canal AA; la colonne de mercure reste très sensiblement en place.

Pour faire redescendre le mercure, il faut secouer énergiquement le thermomètre.

Bien que son emploi exclusif ne soit pas obligatoire, le thermomètre médical « *à chemise* » est à peu près seul utilisé en France. Cette préférence résulte principalement de la facilité de la lecture de ses indications.

Certains thermomètres à chemise portent l'indication « *minute* » : ces instruments doivent indiquer en une minute la température du corps

humain. Ceux qui ne portent pas cette indication sont dits « ordinaires »; il leur faut un temps plus long, de l'ordre de cinq minutes, pour indiquer la température du corps humain.

En France, tous ces thermomètres sont gradués de $+35$ à $+42$ degrés centésimaux, en dixième

de degré; ils doivent porter la marque officielle de la vérification légale effectuée au *Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers*.

Nous ne nous occuperons dans la suite de cet exposé que du thermomètre à chemise.

II. — FABRICATION

A) Matières premières.

Les thermomètres sont fabriqués avec des verres spéciaux, identifiés par un filet dont la forme et la couleur caractérisent la composition.

Ces verres devraient, pour être suffisamment stables, avoir été recuits à des températures au moins égales à 440°C . Les réservoirs des thermomètres médicaux ne doivent être construits

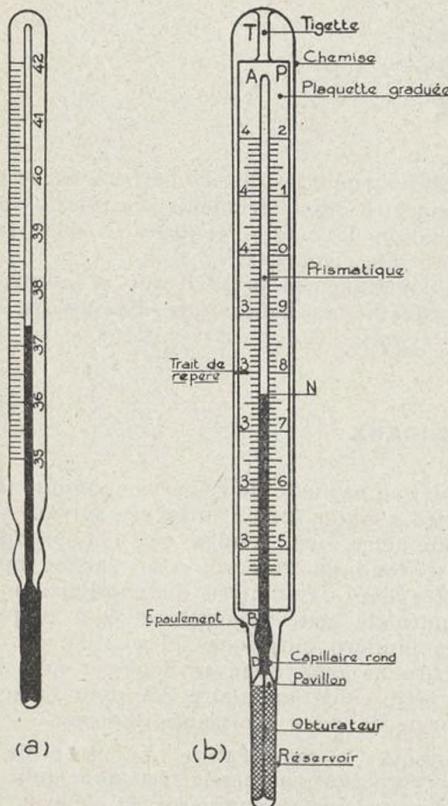


Fig. 1. — Thermomètres médicaux :
a) prismatique; b) à chemise.

qu'avec des verres dont le retard de dilatation ne dépasse pas $1/10$ de degré à 100°C .

L'étude du retard de dilatation d'un verre s'effectue sur un thermomètre construit spécialement pour supporter la température de 100°C ; ce thermomètre est placé pendant trois semaines dans une enceinte, à une température voisine de 0°C , puis il est successivement placé :

- 1° dans la glace fondante;
- 2° dans la vapeur d'eau bouillant sous la pression atmosphérique, pendant trente minutes;
- 3° de nouveau dans la glace fondante.

Le retard de dilatation, appelé aussi dépression du thermomètre, est représenté par l'excès de la première lecture sur la deuxième lecture dans la glace fondante.

Par ailleurs, les verres thermométriques doivent pouvoir se souder correctement entre eux. Et, pour qu'ils ne soient pas trop fragiles, il ne faut pas qu'ils puissent se tremper trop facilement, par exemple par simple refroidissement provoqué par

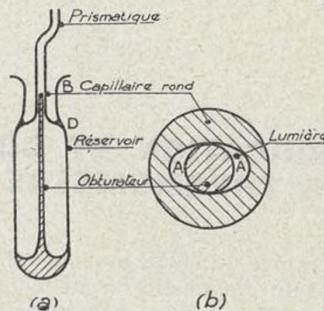


Fig. 2. — Obturateur (a) et capillaire rond (b).

un léger courant d'air pendant l'exécution d'une soudure.

a) *Chemise*. — Pour la fabrication de la chemise, on utilise des verres spéciaux qui ne doivent présenter aucune partie trouble ou opaque autre que le filet d'identification.

b) *Le « Capillaire prismatique »* est fabriqué à partir de tubes de verre dont la section extérieure a sensiblement la forme d'un triangle isocèle dont le sommet est arrondi; un filet coloré, dont la section a la forme d'un croissant, est placé derrière la lumière, dans le but d'améliorer la visibilité de la colonne de mercure (fig. 3 a).

Ce verre doit être parfaitement transparent, exempt de stries dans lesquelles le mercure pourrait être retenu. La section de la lumière (fig. 3 b)

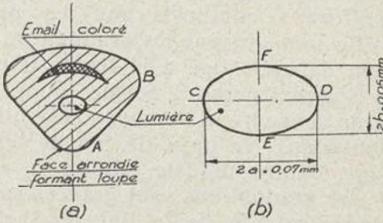


Fig. 3. — Prismatique (a) et section droite (b).

La section de la lumière (fig. 3 b) a la forme d'une ellipse dont les axes ont approximativement les dimensions suivantes :

- grand axe C.D. $7/100$ mm.
- petit axe E.F. $5/100$ mm.

Il nous a paru intéressant d'indiquer ici comment le verrier obtient des tubes calibrés d'une forme aussi compliquée.

On part de tubes cylindriques d'environ 12 cm. de longueur, 25 mm. de diamètre extérieur, 2 mm. de diamètre intérieur, qui ont été coupés à chaud. On recuit lentement ces tubes vers 650 à 700°C ,

dans une arche; on les aplatis légèrement de façon à leur donner grossièrement une section triangulaire; on émaille la face opposée à l'arête, puis on rapporte du verre sur l'émail et sur l'arête, toujours dans le but d'obtenir un tube grossièrement prismatique.

Ainsi parés, ces tubes sont ramollis à la température de travail; une canne est fixée à une extrémité et une tige de fer à l'autre extrémité; et le tube est étiré sur une échelle horizontale de 60 m. de longueur, par deux ouvriers qui s'éloignent rapidement l'un de l'autre.

Le tube étiré est coupé en longueurs de 1 mètre; la lumière de chaque tube de 1 m. de longueur est mesurée à 1/150 de mm. près, soit au moyen d'un microscope à oculaire micrométrique, soit par mesure de la hauteur d'ascension d'alcool par capillarité; on vérifie en outre que l'axe de la lumière se trouve bien dans le plan focal de l'arête arrondie du prisme.

Ce contrôle élimine de 70 à 80 % de la fabrication.

On reste néanmoins confondu devant l'habileté de ces ouvriers qui, par un procédé exclusivement manuel, obtiennent une telle précision dans leur fabrication.

c) Le réservoir est soufflé dans la chemise; son volume est calculé de façon qu'une augmentation de 1° C de la température du réservoir provoque une élévation de la colonne de mercure dans le

L'expérience a montré qu'une différence de longueur des deux axes voisine de 3/100 de mm. permet d'obtenir une résistance convenable au passage du mercure dans l'espace annulaire compris entre le capillaire et l'obturateur.

Par ailleurs, il ne faut pas que le capillaire constitue un réservoir annexe important, car lors du refroidissement du réservoir, le niveau du mercure dans le prismatique baisserait de façon notable; cette baisse se produirait même si le réservoir seul avait été placé dans l'enceinte chaude, car le capillaire est très rapproché du réservoir et par conséquent de l'enceinte chaude.

d) L'obturateur est découpé dans des fibres de verre tronconiques de 85 cm. de longueur, de diamètre moyen égal au petit axe moyen de la lumière du capillaire; les diamètres extrêmes correspondent aux tolérances de fabrication du capillaire.

e) L'opaline, sur laquelle seront gravées les graduations, est découpée dans des plaques de 0,75 à 1,3 mm. d'épaisseur.

f) Le mercure ne doit renfermer ni bulles d'air, ni traces d'humidité; il ne doit pas faire « queue », ni se divisorer à l'intérieur de la tige thermométrique.

Pour que ces conditions soient satisfaites, le mercure doit avoir été lavé à l'acide azotique dilué, puis distillé sous vide une ou plusieurs fois.

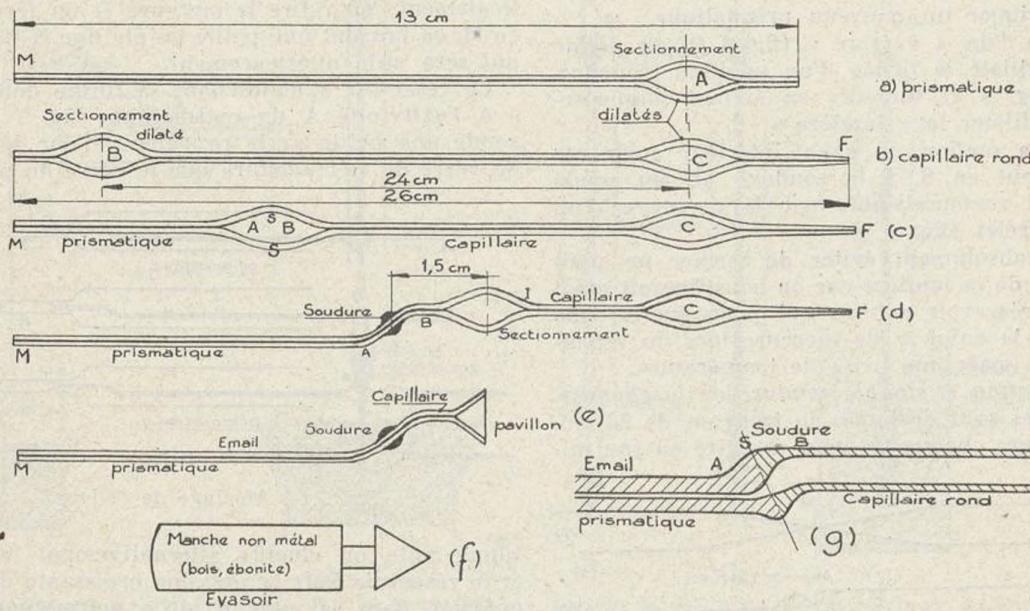


Fig. 4. — Soudure prismatique capillaire.

prismatique de 1 cm. environ. On trouve ainsi un volume voisin de $0,15 \text{ cm}^3$, c'est-à-dire un poids de mercure d'environ 2,1 g.

d) Le « capillaire rond » est fabriqué avec des tubes de verre dits « à trou ovale », de forme extérieure cylindrique à section circulaire; la section de la lumière a la forme d'une ellipse dont les axes sont sensiblement trois fois plus grands que ceux de la lumière du capillaire prismatique :

- grand axe : de 18/100 à 20/100 de mm.
- petit axe : 15/100 de mm. environ.

B) Fabrication proprement dite.

La finesse et la fragilité des matériaux employés et la rigueur des conditions de contrôle rendent cette fabrication très délicate. Remarquons, là encore, que ce travail de précision est accompli par le souffleur de verre sans l'aide d'aucun instrument : c'est dire quelle habileté et quelle longue expérience doit avoir cet artisan.

a) Soudure du prismatique et du capillaire rond.

Ces deux tubes capillaires ne peuvent être soudés directement l'un à l'autre puisque leur « lu-

mière » n'a pas la même section. Il faut donc au préalable leur faire subir une préparation :

On commence par fermer le tube prismatique aux deux extrémités. On chauffe légèrement une extrémité M (fig. 4 a) de façon à provoquer une augmentation de la pression de l'air enfermé dans le tube; immédiatement après, on chauffe l'autre extrémité A jusqu'au ramollissement du verre; la surpression de l'air enfermé fait alors apparaître un petit « dilaté » en A.

Après refroidissement, on sectionne le tube au milieu du « dilaté » A.

Le capillaire rond subit une préparation analogue. On souffle un « dilaté » près de chaque extrémité B et C, en évitant soigneusement de déformer la lumière du capillaire à la base des dilatés; puis on coupe le capillaire au milieu du dilaté B (fig. 4 b). Dès lors, le prismatique et le capillaire rond sont prêts à être soudés.

On chauffe simultanément, jusqu'au ramollissement, les lèvres A du prismatique et B du capillaire (fig. 4 c), puis on les soude; cette opération est facilitée par un léger gonflement provoqué par un chauffage instantané du « dilaté » C.

On casse la pointe F; la surpression intérieure tombe et le petit dilaté AB disparaît. On coude les deux tubes à la soudure encore chaude (fig. 4 d) et on referme la pointe F. On reforme un nouveau petit dilaté en un point I distant de 1 à 1,5 mm. du coude AB. Puis on sectionne au milieu de I. La partie IF sera utilisée ultérieurement pour fabriquer un nouveau prismatique.

A l'aide d'un « évasoir » (fig. 4 f), on donne au demi dilaté la forme d'un pavillon tronconique P (fig. 4 g), toujours en évitant soigneusement de dilater la « lumière ».

Ainsi, la section du canal intérieur augmente brusquement en S, à la soudure AB du coude facilement reconnaissable par la présence d'un petit bourrelet (fig. 4 g).

Il faut absolument éviter de former un petit « dilaté » de la lumière car on constituerait ainsi un petit réservoir annexe qui provoquerait une baisse de la colonne de mercure lors du refroidissement après une prise de température.

b) Préparation et double soudure de la chemise.

Les tubes sont découpés en tronçons de 26 cm. de longueur; chaque tronçon est étiré en son mi-

La chemise est prête pour être soudée au tube thermométrique; la tige coudée, représentée par la fig. 4 e, est introduite dans la chemise, de façon que l'ouverture du pavillon soit en P, à un centimètre environ de l'étranglement (fig. 6 a). Le pavillon est alors soudé à l'intérieur de la chemise sur tout son pourtour.

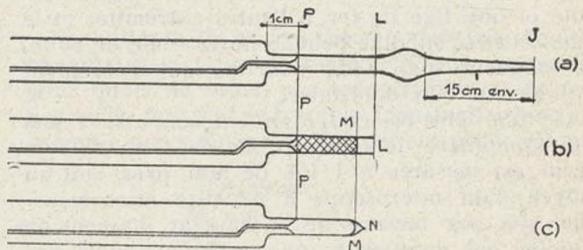


Fig. 6. — Soufflage du réservoir.

Sur une longueur PL légèrement supérieure à la longueur présumée du réservoir, on chauffe la partie du verre comprise entre le pavillon P et la pointe J, et on lui donne la forme du réservoir que l'on veut obtenir; puis on sectionne en L.

A l'aide d'une « jauge » spéciale, on introduit dans la cuvette PL, par l'orifice L, une quantité de mercure déterminée comme on l'a vu précédemment (entre 1,5 et 3 g.).

On marque d'un léger trait à la lime le niveau M du mercure dans la cuvette disposée verticalement; on retire le mercure et on ferme PL en M, en laissant une petite pointe fine N (fig. 6 c) qui sera utile ultérieurement.

Le réservoir a maintenant sa forme définitive.

A l'extrémité A du prismatique (fig. 7 a), on soude une petite perle provenant d'une baguette de verre de même nature que le verre du prisma-

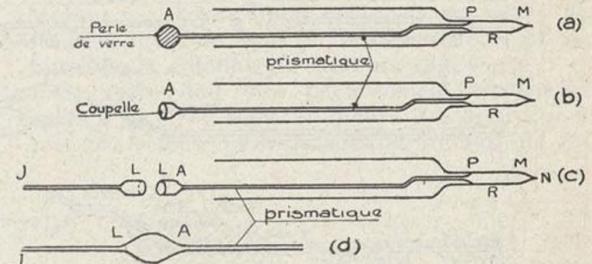


Fig. 7. — Montage de l'olive.

tique; puis, on chauffe alternativement la perle et le réservoir PM; la pression croissante de l'air enfermé dans la cuvette et le prismatique fait éclater la petite boule A; on obtient ainsi une petite coupelle (fig. 7 b).

Sur cette coupelle, on soude la partie LJ (fig. 6 a) précédemment détachée; on obtient ainsi une olive (fig. 7 d) qui servira au remplissage.

Enfin, on coupe la pointe fine MN en laissant un petit ressaut ouvert d'environ 1 cm. de longueur à partir de l'extrémité M du réservoir.

c) Fabrication et pose de l'obturateur.

Dans une fine baguette de verre, on étire des fibres de forme légèrement cônique, d'environ 10 cm. de longueur et de diamètre moyen égal au petit axe du capillaire rond, soit 15/100 de mm. environ (fig. 8 a).

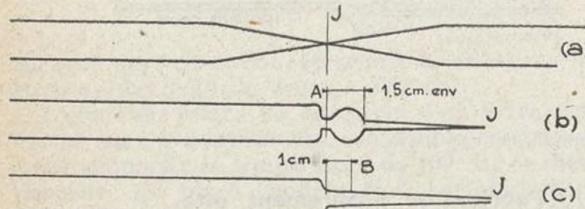


Fig. 5. — Préparation de la chemise.

lieu (fig. 5 a); chaque moitié constituera la chemise d'un thermomètre médical.

La partie effilée J est coupée et fermée au chalumeau.

A 2 cm. environ de la pointe J, par un premier étranglement de la chemise en A (fig. 5 b), on fait une olive qui est ensuite étirée (fig. 5 c) pour obtenir la partie supérieure du réservoir.

Par l'orifice M, on introduit une fibre dans le réservoir PM; on fait pénétrer cette fibre dans le capillaire rond, à 0,5 mm. environ au delà de

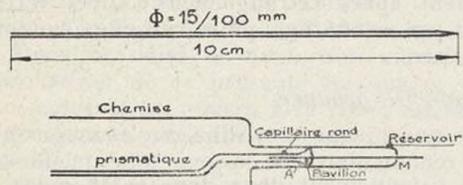


Fig. 8. — Montage de l'obturateur.

la naissance A du pavillon P où elle doit entrer à frottement doux (fig. 8 b); on sectionne la fibre en M au chalumeau et on la soude au même point sans toutefois fermer l'orifice M du réservoir.

Le remplissage du réservoir comporte trois opérations successives :

1. *Remplissage partiel du réservoir.* — Le thermomètre est disposé verticalement sur une cuve à mercure, le réservoir PM étant immergé dans le mercure sur une hauteur voisine de 1 cm. (fig. 9 a). Ainsi disposés, la cuve et le thermomètre sont placés sous une cloche à vide.

On abaisse la pression intérieure de la cloche

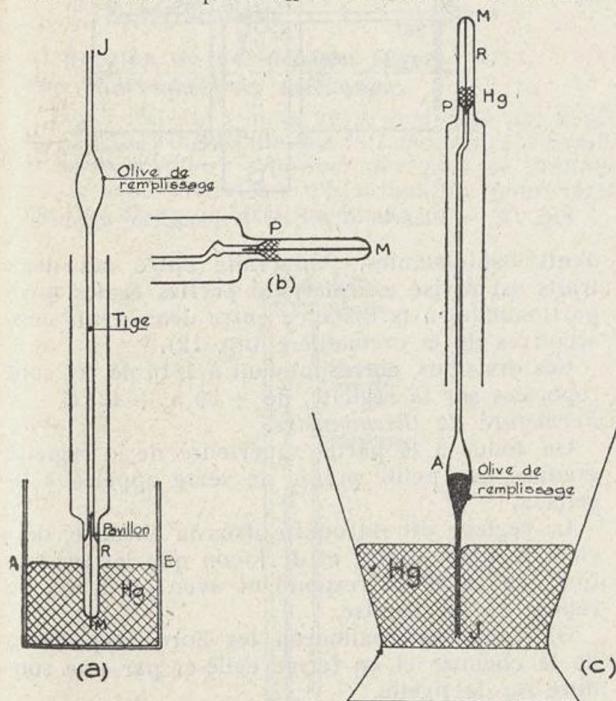


Fig. 9. — Remplissage du réservoir (1^{er} et 2^e temps).

à 42 cm. de mercure environ. En raison de la petitesse de l'orifice de la pointe J et de la section de la lumière du prismatique, la pression baisse moins rapidement dans le thermomètre que sous la cloche : des bulles d'air se dégagent du thermomètre par l'orifice M, à travers le mercure.

Puis, brusquement, on rétablit la pression atmosphérique dans la cloche. Pour la raison indiquée précédemment, le réservoir reste en dépression et le mercure, refoulé par la pression atmosphérique, pénètre par l'orifice M. On retire alors le thermomètre en l'inclinant de façon à amener le mercure contre le pavillon (fig. 9 b); puis on

ferme le réservoir en M en formant un arrondi de manière à ne pas déplacer l'obturateur.

2. *Remplissage partiel de l'olive.* — Le thermomètre est disposé verticalement, la pointe J étant immergée dans du mercure pur (fig. 9 c). Puis, comme précédemment, on abaisse sous une cloche à vide la pression exercée sur la cuve de mercure à 40 cm. environ de mercure. Des bulles d'air se dégagent par la pointe en barbotant dans le mercure. Enfin, brusquement, on rétablit la pression atmosphérique sous la cloche; le mercure s'élève dans la lumière du prismatique jusqu'à la moitié de sa hauteur environ.

3. *Achèvement du remplissage et élimination de toute trace d'air.* — On ferme la pointe J, afin d'éviter des projections de mercure, et on chauffe progressivement dans une flamme l'ensemble chemise prismatique sur toute sa longueur; puis, l'instrument étant incliné de façon que le mercure contenu dans l'olive bouche la partie supérieure de la lumière du prismatique, on porte doucement à l'ébullition le mercure contenu dans le tiers inférieur du réservoir. Les bulles d'air du réservoir et du prismatique sont entraînées par les vapeurs de mercure et s'échappent à travers le mercure de l'olive.

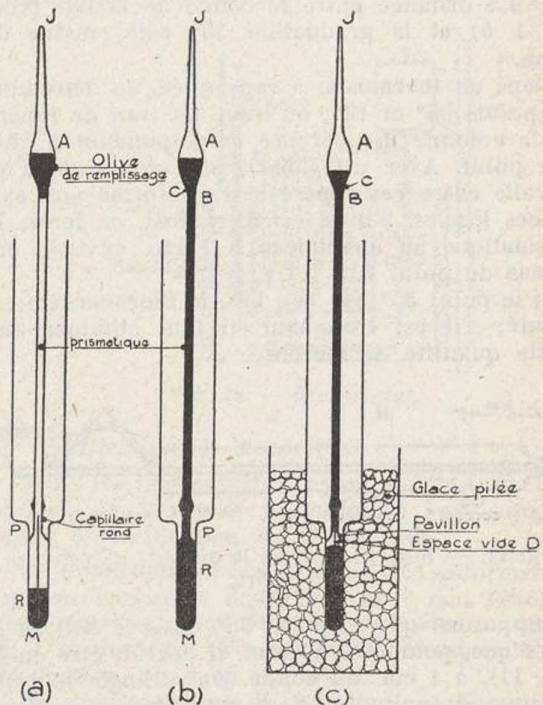


Fig. 10. — Remplissage du réservoir (achèvement).

On continue à chauffer jusqu'à ce que l'on entende le bruit caractéristique dit « du marteau d'eau » du mercure contre le pavillon. Le mercure devient alors uniformément brillant.

Cette manipulation est délicate, car il faut à la fois éliminer complètement l'air du réservoir et du prismatique et éviter de « cuire » le mercure, c'est-à-dire de l'oxyder par excès de chauffage.

Le thermomètre est ensuite replacé verticalement, le réservoir en bas, de façon que le mercure contenu dans l'olive ferme bien l'orifice supérieur C de la lumière du prismatique et

qu'ainsi, aucune rentrée d'air ne soit possible.

Par refroidissement, la pression intérieure du réservoir diminue rapidement; le mercure tombe goutte à goutte de l'olive dans le prismatique, jusqu'à ce que le réservoir et le prismatique soient entièrement remplis (fig. 10 a et b).

Le réservoir est ensuite placé, pendant dix minutes au moins, dans la glace fondante. Le mercure du réservoir se contractant et l'obturateur jouant son rôle, il se produit près du pavillon un espace vide (fig. 10 c). On comble cet espace en centrifugeant, à l'aide d'une fronde à main; après quelques tours de fronde, la colonne de mercure est bien soudée sur toute sa longueur. Le réservoir du thermomètre est ensuite placé dans un thermostat à + 44° C. On chauffe progressivement la partie supérieure DC du prismatique émergeant de la chemise, afin de refouler dans l'olive le mercure excédentaire. Puis on ferme le prismatique sous l'olive en B.

Réglage final de la quantité de mercure nécessaire.

La quantité de mercure contenu dans le thermomètre doit être telle que :

1^o Une variation de température de 1° C provoque une variation de hauteur de la colonne de mercure d'environ 1 cm.;

2^o La distance entre le coude de la tige (voir fig. 1 b) et la graduation 35° soit voisine de 1 cm.

Dans un thermostat à eau agitée, on détermine les points 35° et 42°; on trace un trait de repère de la colonne de mercure correspondant à chaque point. Avec un gabarit, on vérifie que l'intervalle entre ces repères est conforme aux exigences légales. S'il en est bien ainsi, on ferme le prismatique au chalumeau à 1 cm. environ au-dessus du point 42°.

Si le point 35° est trop bas, le thermomètre est rebuté; s'il est trop haut, il faut éliminer une petite quantité de mercure.

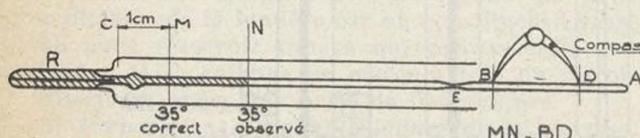


Fig. 11. — Réglage final de la quantité de mercure nécessaire.

Supposons que le point 35° observé soit en N alors que, pour être correct, il devrait être en M (fig. 11), à 1 cm. du coude. On étrangle le prismatique en un point E, à une distance de l'extrémité A supérieure à MN. On repère un point D distant de l'étranglement E d'une longueur BD

III. — CONTROLE DES THERMOMETRES MEDICAUX

A) Institution du contrôle légal obligatoire.

En 1911, il existait un service de vérification des thermomètres médicaux au Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

La progression constante du nombre de thermomètres médicaux présentés à la vérification témoigne de l'intérêt porté à ce contrôle par les usagers :

égale à MN. On chauffe doucement le réservoir R; lorsque la colonne de mercure atteint le point D, on coupe et on ferme le prismatique en B, immédiatement après l'étranglement. Après refroidissement, on centrifuge pour résoudre la colonne de mercure.

La plaquette graduée.

Dans une plaque d'opaline, on découpe une réglette rectangulaire de largeur telle qu'elle puisse glisser à frottement doux dans la chemise, et de longueur égale à la distance entre l'épaulement de la chemise et le sommet du prismatique (fig. 1 b).

On trace sur la surface extérieure de la chemise deux traits de repère correspondant respectivement au niveau du mercure dans la tige thermométrique lorsque le réservoir est successivement porté à 36 et à 40° C. A l'aide d'une machine à diviser comportant une crémaillère à

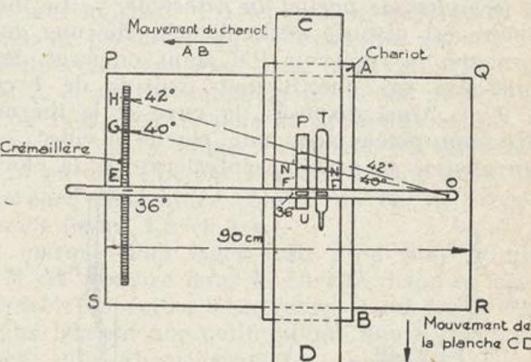


Fig. 12. — Planche à diviser la plaquette graduée.

dents équidistantes, l'intervalle entre ces deux traits est divisé en quarante parties égales, proportionnelles à la distance entre deux dents consécutives de la crémaillère (fig. 12).

Ces divisions, correspondant à 1/10 de °C, sont reportées sur la réglette, de + 35 à + 42° C.

Fermeture du thermomètre.

On soude à la partie supérieure de la réglette graduée une petite pointe de verre appelée « tigette ».

La réglette est introduite dans la chemise, derrière le prismatique, et de façon que les graduations 36 et 40 correspondent avec les traits de repère de la chemise.

On rabat au chalumeau les bords supérieurs de la chemise et on ferme celle-ci par une soudure sur la tigette.

La fabrication du thermomètre est terminée. Le thermomètre est prêt à subir le contrôle légal obligatoire.

MÉDICAUX

Nombre de thermomètres médicaux vérifiés au Laboratoire d'Essais du C.N.A.M. :

Années	1911.....	38.620
—	1912.....	48.006
—	1913.....	64.771

Mais cette vérification n'était pas obligatoire. Le 22 août 1916, l'Académie de Médecine émit

un vœu tendant à rendre obligatoire le contrôle officiel des thermomètres médicaux et à interdire en France la vente des thermomètres à usage médical n'ayant pas subi ce contrôle. Ce vœu fut entériné par la loi du 14 août 1918 ainsi libellée :

« Dans un délai de neuf mois à partir de la promulgation de la présente loi, aucun thermomètre médical ne pourra être livré, mis en vente ou vendu sans avoir été soumis à une vérification préalable.

« Chaque instrument devra porter le nom du constructeur et sera, après vérification, muni d'un signe constatant l'accomplissement de cette formalité et la date à laquelle elle a été accomplie. »

Les conditions d'application de cette loi ont fait l'objet des décrets des 3 mars 1919 et 9 septembre 1934, remplacés par le décret du 7 mai 1946.

Ces décrets fixent :

- a) les conditions de bonne fabrication;
- b) les modalités de vérification de l'exactitude;
- c) les marques de vérification (poinçon officiel, numéro d'enregistrement au dépôt, millésime);
- d) les conditions administratives et financières de fonctionnement du service de vérification;

B) Service de vérification légale des thermomètres médicaux.

Le décret du 3 mars 1919, remplacé par celui du 7 mai 1946, stipule que le *Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers* est le seul laboratoire d'Etat habilité pour vérifier les thermomètres médicaux.

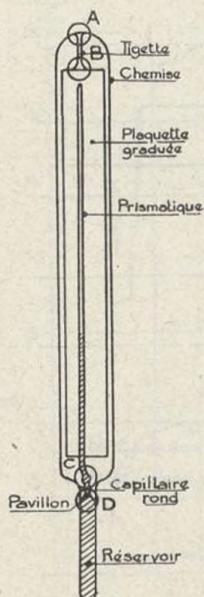


Fig. 13. — Brisures de beaucoup les plus fréquentes.

La vérification comporte :

- un examen préliminaire,
- une vérification d'exactitude,
- et un poinçonnage ou gravure.

1^o *L'examen préliminaire* a pour but de vérifier que le thermomètre ne présente pas de défauts de fabrication susceptibles de nuire à son emploi ou de

Il porte sur chaque partie du thermomètre :

- a) la *chemise* doit porter le filet coloré d'identification du verre et, à la hauteur de la graduation 38, un trait de repère permettant de vérifier que l'échelle graduée ne s'est pas déplacée;
- b) le *prismatique* doit être bien orienté, non « vrillé », exempt de dépôts de mercure, etc...;
- c) la *plaquette graduée* doit être bien lisible, correctement graduée (écart d'au moins 7 mm. entre chaque degré); elle ne doit porter au verso que les inscriptions autorisées.

Les défauts relevés au cours de cet examen préliminaire sont principalement des fêlures aux diverses soudures (fig. 13) :

en A (soudure chemise-tigette),
en B (soudure tigette-plaquette graduée),
en C (soudure prismatique-capillaire rond),
et en D (soudure pavillon-chemise).

Ces fêlures se rencontrent beaucoup plus fréquemment depuis 1939; le manque de certaines matières premières, telles que la potasse, a eu pour effet d'augmenter la fragilité des verres préparés suivant de nouvelles formules adaptées aux conditions économiques.

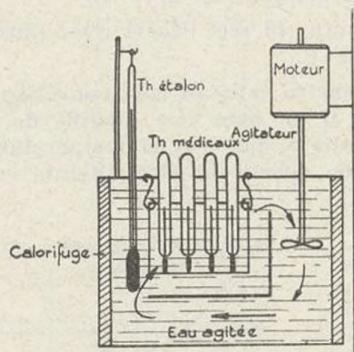


Fig. 14. — Thermostat.

2^o Vérification de l'exactitude.

Seuls les thermomètres ayant satisfait aux conditions de l'examen préliminaire sont admis à subir la vérification de l'exactitude.

a) *Conditions d'exactitude.* — Conformément aux prescriptions du décret du 7 mai 1946, les thermomètres médicaux doivent être exacts à $\pm 1/10$ de degré près sur toute l'étendue de leur graduation, de $+35$ à $+42^\circ\text{C}$.

Les thermomètres dits « minute » doivent indiquer, en 20 secondes, à $\pm 1/10$ de degré près, la température d'un bain d'eau agitée maintenue à température constante.

Après refroidissement, il est toléré un abaissement de la colonne de mercure, tel que la température finale indiquée ne diffère pas de plus de $1/10$ de degré de la température réelle.

b) *La vérification proprement dite* est effectuée par comparaison avec un thermomètre étalon, dans un thermostat à bain d'eau agitée (fig. 14). Il est essentiel que les précautions suivantes soient prises :

- 1) La température du bain doit être uniforme à $\pm 1/100$ de degré près, ce qui exige une agitation énergique;

- 2) La masse d'eau doit être suffisante pour que l'introduction du thermomètre dans le bain ne provoque pas un abaissement de température supérieur à $1/100$ de degré C;
- 3) La température du bain doit être constante; une très légère tendance à la hausse peut, à la rigueur, être tolérée. En tout cas, une tendance à la baisse est inadmissible puisque, rappelons-le, les thermomètres médicaux sont du type « à maximum »;
- 4) Les thermomètres examinés et les thermomètres étalons doivent être protégés con-

tre le rayonnement direct de la source chaude;

- 5) Les lectures doivent être faites normalement à la tige; le niveau du mercure dans la tige des thermomètres étalons ne doit dépasser que de quelques millimètres le niveau d'eau du bain, de façon à éviter les erreurs de colonne émergente;
- 6) Bien entendu, les thermomètres étalons doivent être stables, correctement construits et soigneusement étudiés.

REMARQUES

1° Allure de la montée de la colonne de mercure.

La fig. 15, courbe 1, représente l'élévation de la colonne de mercure d'un thermomètre médical présenté comme « minute », en fonction du temps d'immersion dans un thermostat à $40,00^\circ\text{C}$; l'examen de cette courbe montre que :

- a) A 20 secondes, l'écart entre la température réelle ($40,00^\circ\text{C}$) et la température lue ($39,96^\circ\text{C}$) est inférieur à la tolérance légale ($\pm 1/100^\circ\text{C}$);
- b) A 4 min. 40 sec. l'écart n'est plus que de $0,02^\circ\text{C}$.

Le thermomètre satisfait à la condition d'exactitude; mais il ne peut être qualifié de thermomètre « minute », puisque la température maximum indiquée aurait dû être atteinte en 20 secondes.

2° Allure de la descente de la colonne de mercure.

La fig. 15, courbe 2, représente l'abaissement de la colonne de mercure d'un autre thermomètre médical, en fonction du temps compté à partir de l'instant où le thermomètre est brusquement transporté d'un thermostat à $40,00^\circ\text{C}$ dans l'air à $+15^\circ\text{C}$. A l'instant O, à la sortie du thermostat, la température indiquée excède de $0,08^\circ\text{C}$ la température réelle, excès admissible.

Après 3 min. 30 sec., la colonne de mercure est stationnaire : elle a baissé de $0,08^\circ\text{C}$. Néanmoins, le thermomètre est acceptable, la condition d'exactitude étant satisfaite.

3° Variation des indications d'un thermomètre médical en fonction du temps.

Le verre « travaille » avec le temps; en général, il se contracte; le volume du réservoir di-

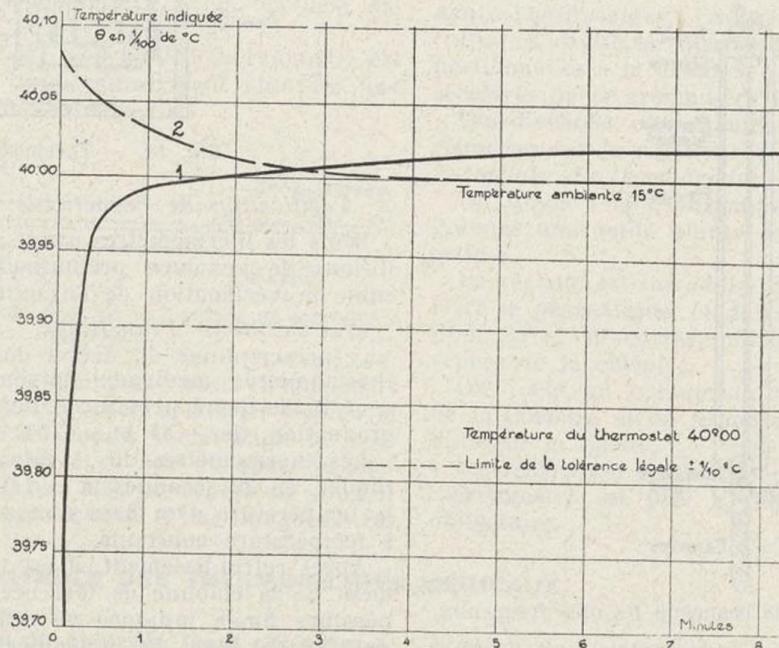


Fig. 15. — Variations des indications d'un thermomètre médical en fonction du temps.

Il est donc nécessaire d'observer les thermomètres « minute » pendant plus de 20 secondes, afin de s'assurer que l'écart entre la température réelle et la température maximum indiquée reste tolérable.

minue, la température indiquée est trop élevée.

Les variations de volume du réservoir dépendent de la nature du verre utilisé et des traitements (recuits) qu'il a subis.

Les fig. 16 et 17 montrent les variations, en plus

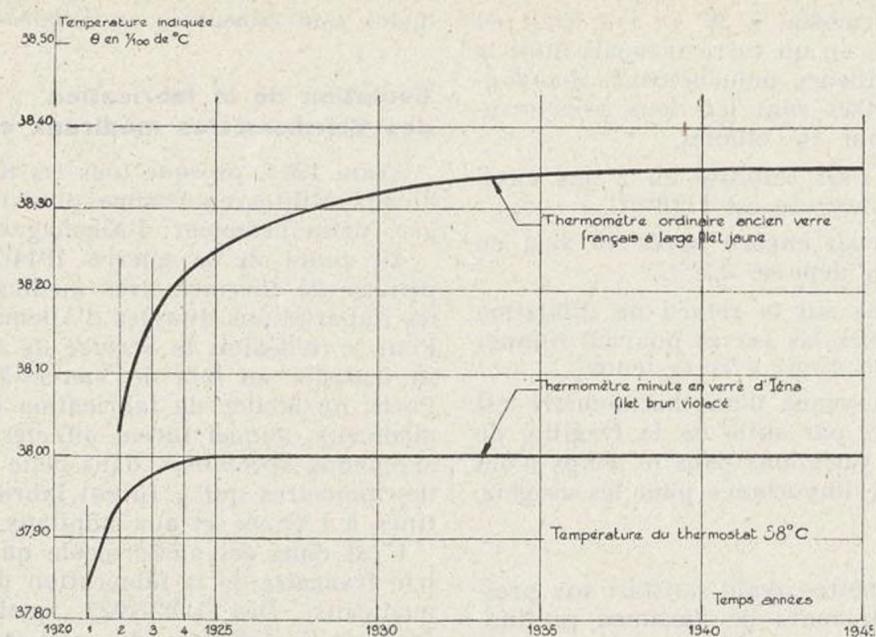


Fig. 16. — Variations des indications de deux thermomètres médicaux en fonction du temps.

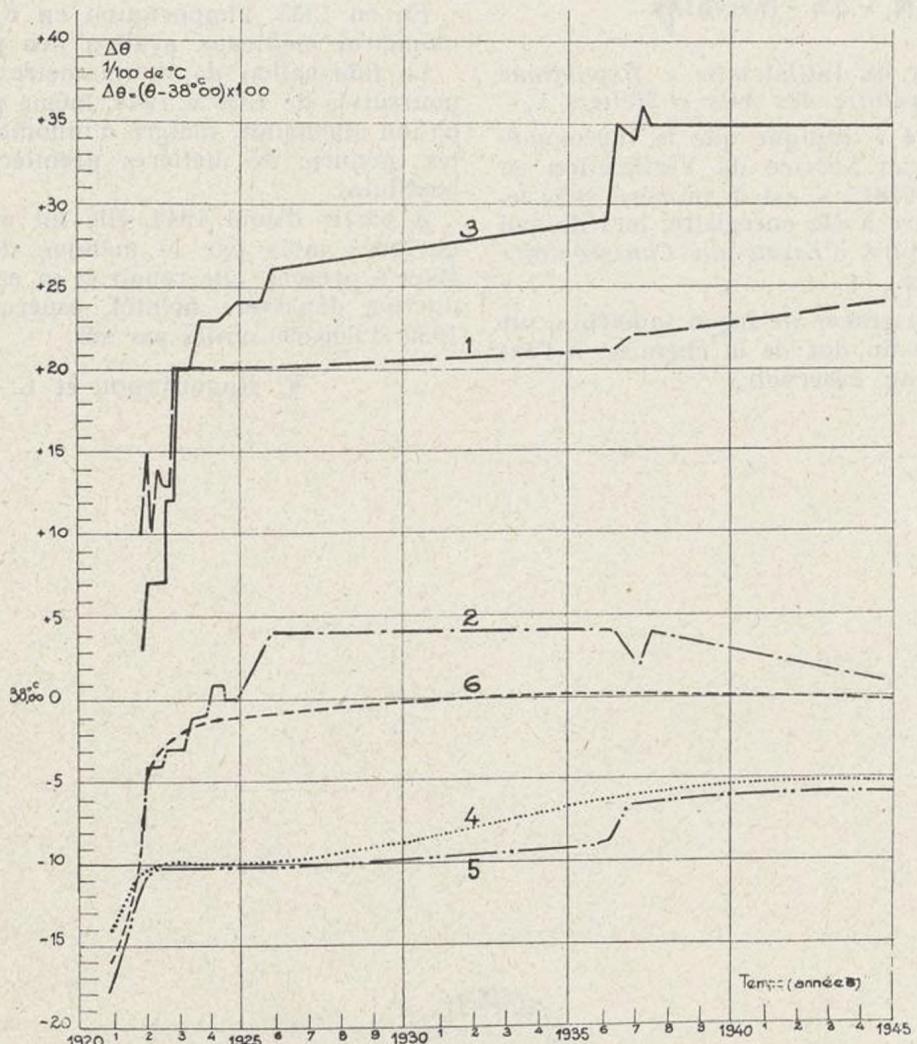


Fig. 17. — Variation avec le temps des indications de trois thermomètres médicaux :

- A) « Minute » ; courbes 4, 5, 6; verre Iéna;
B) « Ordinaire » ; courbes 1, 2, 3; ancien verre
avec un large fillet jaune.

(Température du thermostat : 38 degrés centésimaux.)

de 20 ans, des indications de deux thermomètres placés dans un thermostat à 38° C; l'un était en verre d'Iéna, l'autre en un verre français dont la fabrication est d'ailleurs actuellement abandonnée. Ces thermomètres sont les deux plus mauvais des lots qui ont été étudiés.

Le verre d'Iéna s'est stabilisé en 2 ans environ; la variation observée est 1/10° C.

L'autre verre variait encore après 15 ans; en 25 ans, la variation dépasse 0,3° C.

L'épreuve imposée sur le retard de dilatation a pour but d'éliminer les verres pouvant donner de trop grandes variations avec le temps.

Comme la vie moyenne d'un thermomètre est pratiquement faible, par suite de la fragilité de cet instrument, les variations dans le temps n'ont pas une trop grande importance pour les usagers.

c) Poinçonnage.

Seuls les thermomètres ayant satisfait aux prescriptions légales au cours de l'examen préliminaire et de la vérification officielle reçoivent la marque officielle de contrôle; cette marque est du modèle suivant :

R.C.A.M. - 44 - 0361817

Les lettres sont les initiales de « République française, Conservatoire des Arts et Métiers ».

Le nombre « 44 » indique que le thermomètre a été déposé au Service de Vérification en 1944. Enfin, « 0361817 » est le numéro sous lequel le thermomètre a été enregistré, lors de son dépôt au Laboratoire d'Essais du Conservatoire des Arts et Métiers.

Cette marque est gravée de façon indélébile sur la partie arrondie du dos de la chemise, à l'extrémité opposée au réservoir.

Les résultats du contrôle de chaque thermomètre sont conservés au Laboratoire d'Essais.

Evolution de la fabrication des thermomètres médicaux en France.

Avant 1914, presque tous les thermomètres médicaux utilisés en France provenaient de l'étranger, principalement d'Allemagne.

Au cours de la guerre 1914-1918, une grave pénurie de thermomètres médicaux se fit sentir, les importations directes d'Allemagne ayant cessé. Pour y remédier, le Service de Santé de l'Armée fut installer au fort de Vanves-Malakoff, près de Paris, un atelier de fabrication de thermomètres médicaux, auquel furent affectés des prisonniers allemands spécialisés dans cette fabrication. Les thermomètres qui y furent fabriqués étaient destinés à l'Armée et aux hôpitaux.

C'est dans cet atelier-école que naquit l'industrie française de la fabrication des thermomètres médicaux. Dès 1922-1923, quelques industriels français installèrent des ateliers de fabrication de thermomètres médicaux où furent formés des ouvriers spécialisés, avec l'aide de l'atelier-école du fort de Vanves et d'ouvriers allemands qualifiés.

Et, en 1935, l'importation en France de thermomètres médicaux avait à peu près cessé.

La fabrication de thermomètres médicaux fut poursuivie de 1939 à 1944, même pendant l'occupation allemande, malgré d'innombrables difficultés (pénurie de matières premières et de combustibles).

A partir d'août 1944, elle fut arrêtée pendant quelques mois par le manque de combustible. Mais à présent, elle renaît et sa capacité de production dépassera bientôt, espérons-le, celle de 1939 (1.600.000 unités par an).

Y. ROUQUAYROL et L. HEYBERGER :



