

**L'ÉLECTRICITÉ  
DANS L'INDUSTRIE  
DES  
MATIÈRES PLASTIQUES**

**Par M. A. PIARD**

*Professeur d'électricité à l'École nationale  
des Matières plastiques d'Oyonnax*

---

**ÉDITÉ PAR  
LA SOCIÉTÉ POUR LE DÉVELOPPEMENT  
DES APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ APEL**



ULTIMHEAT®

VIRTUAL MUSEUM

L'électricité  
dans l'industrie  
des  
matières plastiques

Par M. A. PIARD

*Professeur d'électricité à l'École nationale  
des Matières plastiques d'Oyonnax*

---

## SOMMAIRE

	PAGES
Matières thermo-plastiques et matières thermo-durcis- sables.....	3
Façonnage des matières thermo-plastiques en feuilles et en plaques .....	3
Travail à froid des matières thermo-plastiques.....	4
— chaud — — .....	6
Façonnage des matières thermo-plastiques en poudre...	12
Montage et décoration des matières thermo-plastiques...	16
Façonnage des matières thermo-durcissables .....	19
Essais des isolants moulés .....	24
Détermination de la résistivité transversale.....	24
— résistance spécifique superficielle .	26
— rigidité diélectrique .....	27
Résultats d'essais .....	27
Conclusion .....	28

**S**ous la dénomination assez vague de matières plastiques, on désigne des produits naturels et artificiels très divers, toujours d'origine organique et qui offrent la caractéristique commune de pouvoir être non seulement façonnés à froid par les procédés habituels, mais rendus malléables à chaud et de ce fait, propres au moulage. Exception doit être faite cependant pour quelques produits naturels tels que l'os, la nacre et l'ivoire.

L'industrie des matières plastiques artificielles a envahi peu à peu tous les domaines, qu'il s'agisse d'imiter certaines substances de prix élevé, telles que l'ivoire, la nacre, l'ambre, l'écaille, ou de remplacer avantageusement des produits beaucoup plus ordinaires : bois, porcelaine, verre ou même métaux. Le développement prodigieux pris par la fabrication de ces plastiques artificiels est dû à leurs propriétés très diverses et à leurs formes d'utilisation très variées.

### **Matières thermoplastiques et matières thermo-durcissables.**

Il est commode, pour étudier leurs procédés de travail, de classer les matières plastiques en deux grandes catégories ; celles qui peuvent indéfiniment se ramollir sous l'action de la chaleur et durcir par refroidissement, ou matières thermoplastiques : le « celluloid » en est un exemple ; celles au contraire qui, sous l'action prolongée de la chaleur, durcissent après s'être ramollies et perdent alors toute plasticité ultérieure à la chaleur : telle est la « Bakélite », reine incontestée de ces matières thermo-durcissables.

Le façonnage de ces différentes matières dépend de leurs propriétés thermiques et de la forme, solide ou pulvérulente, sous laquelle elles peuvent se présenter.

### **Façonnage des matières thermoplastiques en feuilles et en plaques.**

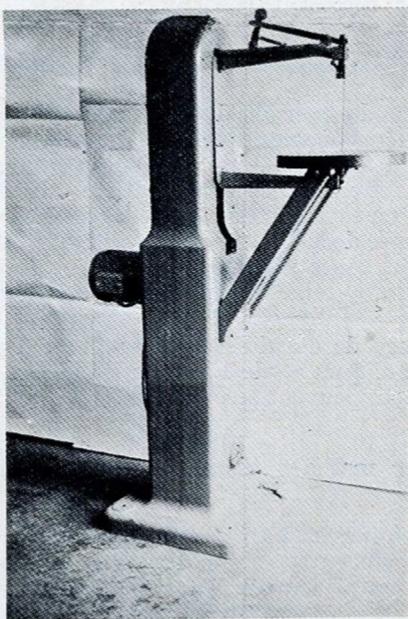
Sous cette forme, et parfois également sous forme de tubes et de jones, on rencontre un grand nombre de produits naturels ou non, dont les principaux sont : l'écaille, provenant de la carapace de certaines tortues de mer ; la corne, formant les défenses des bovidés ; la caséine formolée, c'est-à-dire ayant subi l'action d'un bain de formol qui la rend imputrescible — cette matière est désignée couramment sous le nom de « galalithe » — les plastiques à la nitrocellulose, solutions solides de nitrocellulose et de camphre, mieux connues sous le nom de « celluloid » ; les plastiques à l'acétate de cellulose, solutions solides d'acétate de cellulose et de divers plastifiants appelés — improprement d'ailleurs — « celluloid ininflammable » ou mieux « acétylcelluloid » ; des résines synthétiques, telles que les résines acryliques, vendues en France sous le nom de

« Plexiglas » et dont le prix élevé limite presque exclusivement l'emploi à la fabrication de verres de sécurité ou d'articles de luxe semi-précieux. Ces matières, pour être façonnées doivent subir un certain nombre d'opérations, les unes effectuées à froid, c'est-à-dire sur la matière non chauffée, les autres exécutées sur la matière préalablement ramollie à la chaleur.

### **Travail à froid des matières thermoplastiques.**

Les principales opérations qui peuvent être effectuées à froid, et qui nécessitent d'ailleurs une faible puissance, sont, dans l'ordre de fabrication, les suivantes :

*Le détaillage*, destiné à débiter la matière en plaquettes de dimensions convenables, et effectué au moyen d'une grosse



**Fig. 1. — Scie à découper ou « sauteuses »  
pour matières plastiques  
Moteur de 1/2 ch derrière le bâti**

cisaille à main pour les faibles épaisseurs et au moyen de scies à ruban ou de scies circulaires pour les fortes épaisseurs.

*Le découpage*, au moyen d'une petite scie alternative suivant un dessin collé sur la plaquette et précédé du perçage des trous destinés au passage de la scie.

*Le cannelage et la gravure*, à l'aide de petites fraises tournant

à grande vitesse autour d'un axe horizontal et destiné à supprimer les arêtes vives ou à modeler un objet.

*Le tournage*, pour les tubes, les joncs, les pointes de cornes, etc.

*Le ponçage*, opération qui a pour but de rendre toute la surface de l'objet unie et lisse, et qui consiste à placer sur les objets un mélange de ponce en fine poussière et d'eau, puis à appuyer fortement ces objets sur un rouleau fait de plusieurs épaisseurs de drap cousues les uns sur les autres.

Le ponçage peut également s'effectuer automatiquement, pour les petites pièces, dans un tonneau tournant autour d'un axe horizontal ou incliné, les pièces se polissant mutuellement grâce à la ponce qui les imprègne.

*Le polissage*, destiné à rendre l'objet parfaitement brillant et qui s'effectue au moyen de rouleaux en peau de chamois, sur lesquels on met un peu de pâte à polir.

A noter que le polissage au rouleau n'atteint que très difficilement les creux de l'objet ; on procède alors souvent, quand

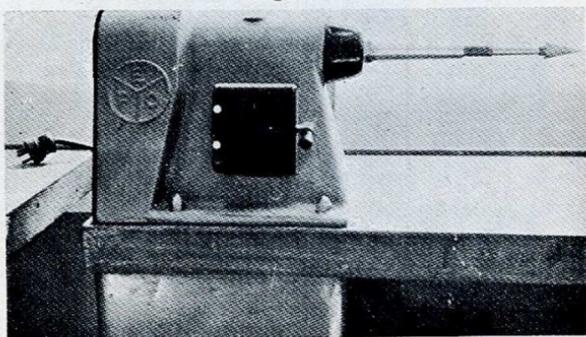


Fig. 2. — Tour à canneler et graver. Moteur de 1/2 ch dans le socle

on a à traiter des matières telles que le celluloid ou l'« acétyl-celluloïd », à un vernissage préalable au moyen de vapeurs d'acétone, solvant par excellence de ces matières.

L'appareil utilisé à cet effet n'est autre qu'un bain-marie en cuivre, chauffé électriquement par une résistance logée dans un double fond et dont la consommation ne dépasse pas quelques centaines de watts ; l'eau chauffée par cette résistance aux environs de 60° C, porte à l'ébullition de l'acétone contenu dans un récipient de petite capacité qui se prolonge dans l'air par une sorte de vaste entonnoir ; les vapeurs d'acétone s'accumulent dans cet entonnoir et il suffit d'y passer lentement les objets pour que leur surface prenne immédiatement un beau brillant

dû à la dissolution superficielle de la matière. Le polissage au rouleau augmente encore le brillant des parties qui lui sont accessibles.

Signalons encore le *sablage*, obtenu par projection d'un jet de sable entraîné par un violent courant d'air qui permet le dépolissage de certaines parties, ou de la totalité d'un objet.

La force motrice nécessaire à la réalisation de ces différentes opérations est généralement demandée à des moteurs indépendants, un par machine, ou commandant un nombre restreint de machines ; leur puissance varie de ce fait de 1/2 ch à quelques chevaux. Ils ne présentent d'autres particularités que d'être souvent blindés, ou, quand c'est possible, disposés dans le socle même de la machine, cela autant pour éviter leur encrassement rapide dû aux poussières et aux fins copeaux des matières travaillées que pour parer au danger d'incendie que présente le travail des plastiques à la nitrocellulose.



Fig. 3. — « Bouilleur » à acétone

A noter d'ailleurs que dans les anciens ateliers qui utilisaient et utilisent encore un moteur unique pour alimenter au moyen d'une transmission toutes leurs machines, ce moteur était toujours placé dans un réduit abrité des intempéries mais situé hors de l'atelier.

### **Travail des matières thermoplastiques à chaud.**

S'il est vrai que de nombreuses opérations de façonnage peuvent être exécutées à la température normale, il n'en reste pas moins que dans certains cas les matières thermoplastiques ont besoin d'être préalablement ramollies à la chaleur et parfois même les appareils et l'outillage chauffés. Les propriétés thermiques de ces plastiques sont utilisées par exemple chaque fois que la matière a besoin d'être tranchée en forte épaisseur ou de

subir une déformation permanente. C'est le cas notamment des opérations suivantes :

*Le détaillage* à chaud, à la cisaille à main de feuilles épaisses ou très froides.

*Le découpage* à l'aide d'emporte-pièces ou de découpoirs à lames d'acier encastrées.

*L'entrecoupage* destiné à former les dents d'un peigne en enfonçant alternativement et à grande vitesse deux lames d'acier excessivement fines dans une plaquette animée d'un mouvement de translation.

*Le courbage* qui donne à des objets plans des formes galbées, développables ou non et qui s'effectue en maintenant les objets sur des formes appropriées jusqu'à refroidissement.

*Le soufflage*, opération par laquelle on insuffle de la vapeur et même de l'eau chaude entre deux feuilles minces de matière,

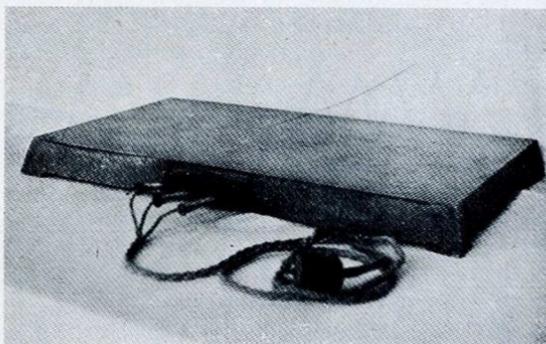


Fig. 4. — Plaque chauffante

portées à une centaine de degrés et serrées entre les deux parties d'un moule à la même température, de façon à appliquer les feuilles contre les parois du moule.

*L'emboutissage* qui consiste à donner à une plaquette, ou « flan », une forme appropriée sans qu'elle change sensiblement d'épaisseur autrement que par étirage ; à cet effet le flan préalablement chauffé est placé sur une matrice froide ou chaude, et un poinçon vient le déformer et l'appliquer sur la matrice.

*Le moulage* proprement dit, qui diffère de l'emboutissage en ce qu'il s'opère dans un moule porté à haute température, et que la matière constituant l'ébauche s'écoule dans les différentes parties du moule permettant ainsi d'obtenir des objets de formes quelconques, même très compliquées.

Ces trois dernières opérations sont plus spécialement réservées aux matières susceptibles de supporter un grand allon-

gement à chaud c'est-à-dire aux plastiques à la nitrocellulose et à l'acétate de cellulose.

Rien à signaler de particulier au sujet des moteurs électriques utilisés pour commander ces diverses opérations.

Le préchauffage des matières ou de l'outillage peut être réalisé électriquement de trois façons différentes : par des plaques chauffantes, par des bouilloires, par des étuves. Les températures réalisées doivent d'ailleurs pouvoir varier dans des limites assez étendues, 50° à 200° C environ, suivant la matière utilisée et suivant le genre de travail auquel elle est destinée. Les matières thermoplastiques en effet, se ramolissent d'autant plus que la température est plus élevée et l'importance des changements de forme que l'on veut obtenir

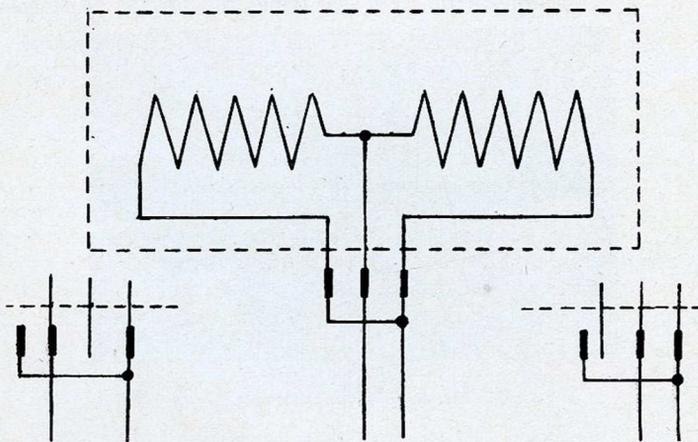


Fig. 5. — Réglage, par fiches, de la température d'une plaque chauffante

dépend essentiellement de la température de travail. C'est pourquoi il est indispensable de prévoir un réglage de la température, et lorsque celle-ci doit être maintenue constante, l'adjonction d'un thermostat est à recommander.

Les plaques chauffantes utilisées sont en fonte ou en aluminium, de forme rectangulaire et de dimensions réduites ; les plus petites atteignent 30 cm × 20 cm et consomment 500 W environ ; les plus grandes ne dépassent guère 60 cm × 30 cm avec une consommation de 2 kW ; au delà de ces dimensions, le chauffage électrique devient onéreux et il est préférable d'utiliser la vapeur, comme c'est le cas pour des tables chauffantes.

fantes destinées à alimenter de nombreux moules dans la fabrication des jouets soufflés par exemple.

Les résistances sont bobinées sur amiante, sur mica, ou sur support céramique ; l'emploi de l'amiante cependant n'est pas à conseiller, l'hygroscopicité de cette matière pouvant rendre le contact de la plaque désagréable au toucher, par suite des courants de fuite.

Pour disposer de différentes allures de chauffe, l'enroulement est généralement fractionné en deux sections : un commutateur, et souvent même la simple manœuvre des fiches d'amenée de courant, permet de prendre l'une ou l'autre de ces sections et de les coupler en série ou en parallèle, ce dernier couplage étant surtout utilisé au « démarrage » de la plaque, c'est-à-dire à sa mise en service rapide ; cela pour l'utilisation en courant continu ou en courant monophasé. Pour le réglage en triphasé, diverses solutions interviennent ; la plus courante consiste à disposer sur chaque phase deux résistances, lesquelles, comme dans le cas précédent, peuvent être prises isolément ou couplées en série ou en parallèle.

La température de la plaque est indiquée à chaque instant par un thermomètre à mercure placé à demeure. Un thermostat à plongeur bi-métallique agissant par différence de dilatation sur un interrupteur, permet de régler automatiquement la température entre des limites assez étroites — quelques degrés — en coupant et rétablissant directement le courant en alternatif, ou par l'intermédiaire d'un contacteur réalisant les mêmes manœuvres en continu.

L'utilisation des plaques est la suivante : la matière à ramollir est placée sur la plaque sèche ou huilée, l'huile assurant un meilleur contact thermique, et maintenue par une contre-plaque, munie d'une poignée isolante. Elle doit y rester un temps suffisant pour que le chauffage pénètre bien à cœur. Si cette matière a la forme d'une baguette de section carrée ou rectangulaire, elle sera retournée successivement sur toutes ses faces. A noter que pour le celluloid et les matières similaires la température de la plaque chauffante ne doit pas dépasser 125° C, ces matières se décomposant spontanément et avec violence au delà de 150° C.

Les bouilloires ou « bouilleurs » sont des cuves en cuivre de forme rectangulaire et à doubles parois, un matelas d'air servant de calorifuge. Leur capacité varie de 3 l à 8 l environ et leur consommation de 1,5 kW à 3 kW. Comme pour les plaques chauffantes, il serait prohibitif de maintenir en ébullition une masse d'eau beaucoup plus considérable en consommant de l'énergie électrique et tout autre mode de chauffage est alors plus avantageux. Les éléments chauffants bobinés sur céramique sont logés dans des tubes en cuivre qui traversent horizon-

talement la bouilloire près du fond, et sont soudés ou même brasés à leurs extrémités. Ces éléments chauffants sont, comme pour les plaques, réunis en deux sections permettant d'obtenir trois ou quatre allures de chauffe, la plus forte servant à la mise en route. Les bouilloires utilisent comme liquides l'eau pure ou l'eau salée, plus rarement l'huile. Les objets ou les plaquettes de matières sont plongés dans ces liquides maintenus à une température voisine de l'ébullition et y restent le temps nécessaire à leur ramollissement. La température peut être réglée par thermostat lorsqu'elle doit rester inférieure à la température d'ébullition.

Les étuves que l'on rencontre dans l'industrie des matières plastiques sont de petite taille et plus souvent utilisées pour dessécher certaines matières, acétylcelluloïd notamment, avant

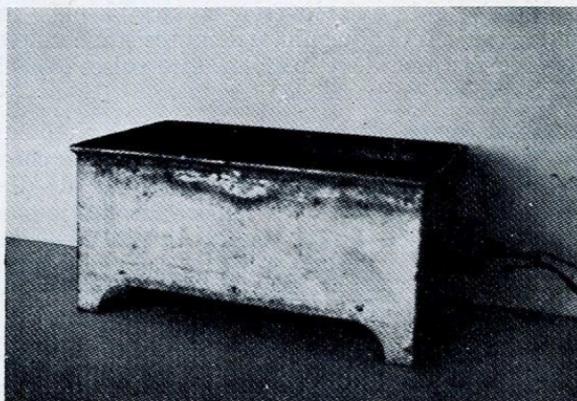


Fig. 6. — « Bouilleur » à eau

moulage, que pour les ramollir, la dépense de courant étant dans ce dernier cas excessive. Elles sont constituées par de petites armoires en tôle, à double paroi maintenant un calorifuge, laine de verre ou bourre d'amiante, et percées d'ouvertures assurant la circulation d'air. Les éléments chauffants sont souvent constitués par des grilles métalliques tressées avec amiante ou par des résistances sur support céramique. Un thermostat d'air à plongeur bi-métallique règle la température à la valeur optima et peut couper directement le courant en alternatif. Cette température varie de 45° C à 70° C environ dans les étuves servant à dessécher l'acétylcelluloïd.

Dans le même ordre d'idées, on utilise parfois pour ramollir les matières plastiques, des fours tunnels à tapis roulant. Les ébauches sont alors disposées sur une courroie sans fin en grillage métallique, disposée horizontalement dans un four allongé

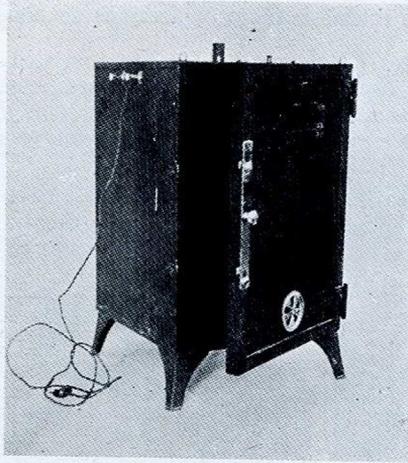


Fig. 7. — Étuve

en forme de tunnel, et animée d'un lent mouvement de translation ; des résistances chauffent au passage la matière. De tels dispositifs sont d'un emploi délicat et d'un rendement thermique médiocre à cause des inévitables rentrées d'air froid qui se produisent aux extrémités du four.

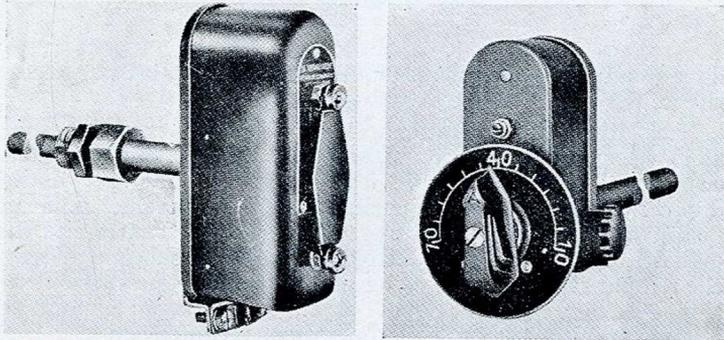


Fig. 8. — Thermostats pour étuves. Sensibilité  $\pm 1^{\circ}$  C  
 Pouvoir de coupure directe : 15 A sous 250 V en CA  
 0,1 A — 250 V — CC

## Façonnage des matières thermoplastiques en poudre.

Les matières thermoplastiques que l'on utilise à l'état de poudres sont presque uniquement à l'heure actuelle les acéto-celluloses et les résines du styrol, ces dernières mieux connues en France sous le nom de « Rexol », « Trolitul » et « Rhodolène ».

Le travail de ces poudres s'effectue par injection de la matière ramollie à la chaleur, dans un moule froid, bien que rien ne s'oppose à ce qu'elles soient moulées par compression

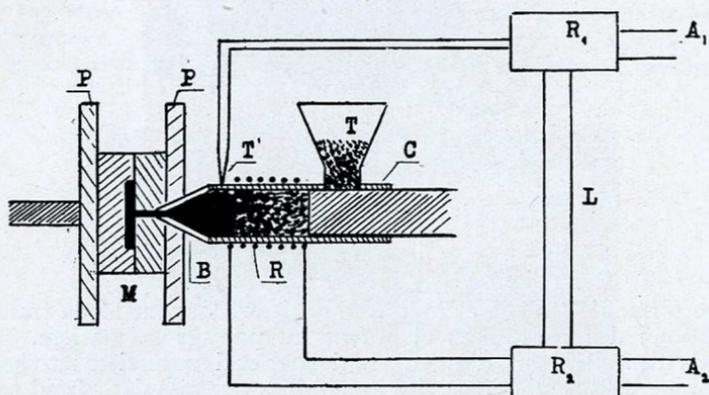


Fig. 9. — Schéma de moulage par injection et de réglage de la température

C, cylindre ; L, trémie ; B, brise ; M, moule ; P, plateaux ; R, résistance ; T' thermocouple ; R<sub>1</sub>, régulateur ; R<sub>2</sub>, relais ; A<sub>1</sub>, alimentation du régulateur ; A<sub>2</sub>, alimentation du relais ; L, ligne de régulation.

de la poudre froide dans un moule chaud, si ce n'est par nécessité de refroidir le moule avant démoulage.

Les différentes opérations du moulage par injection sont alors les suivantes : la matière, en poudre ou sous forme de fines écailles, passe d'une trémie d'alimentation dans le cylindre d'injection chauffé électriquement ; elle est ramollie, puis un piston la chasse à travers une buse, placée à l'extrémité du cylindre, dans un moule refroidi par une circulation d'eau ; elle remplit rapidement le moule et durcit en quelques secondes ; le moule s'ouvre alors et libère l'objet qui est éjecté ; le moule se referme ensuite et le cycle des opérations recommence.

Le moulage par injection convient particulièrement bien à la fabrication rapide, en grande série, d'objets de petites dimensions, le refroidissement rapide de la pâte injectée dans le moule ne permettant guère de dépasser pratiquement 50 g de matière par injection. La pression sur la matière doit être

élevée (de l'ordre de  $1500 \text{ kg}\cdot\text{cm}^2$ ) si l'on veut obtenir des objets sans défauts.

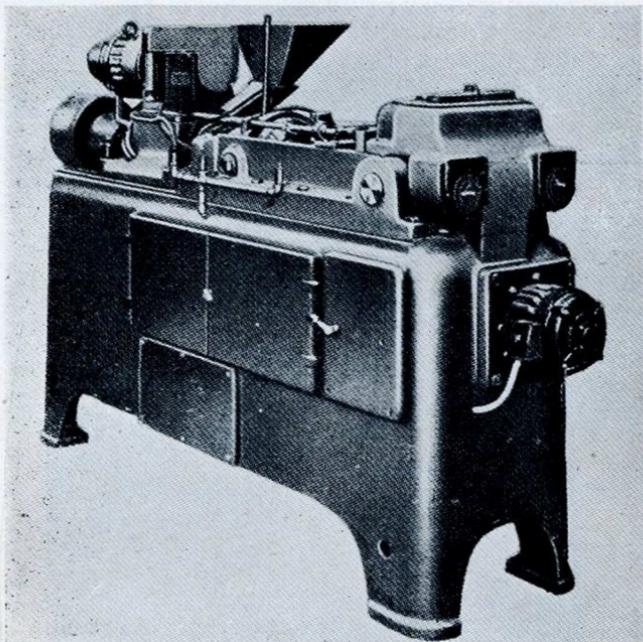


Fig. 10. — Presse à injection automatique « Isoma »  
Commande par 2 mouvements d'horlogerie

Puissance du moteur d'injection .....	3,4 kW
— — de fermeture du moule.....	2 —
— de chauffe .....	1 —

Le chauffage de la poudre est assuré par un ou deux éléments chauffants, sur mica, enveloppés dans une chemise métallique et maintenus sur le cylindre par des colliers ou un manchon également métalliques. Ce dispositif, très simple, présente l'inconvénient de surchauffer la matière au contact des parois du cylindre afin d'obtenir la température optimale de moulage à la sortie de la buse. On peut y remédier en plaçant à l'intérieur du cylindre un noyau métallique, muni d'un élément chauffant, mais la liaison électrique de cet élément avec l'extérieur est délicate, et un dispositif plus simple, et qui paraît préférable, consiste à mettre dans le cylindre un noyau non chauffé, en acier ou en bronze, muni de canaux à la périphérie qui laminent la matière et permettent une répartition plus uniforme de la chaleur.

La puissance de chauffe d'un cylindre à injection peut varier de  $0,5 \text{ kW}$  à  $1,5 \text{ kW}$ .

La température de moulage dépend des poudres utilisées ; elle est en principe de 125° C pour les poudres d'acétate et de 150° à 160° C pour les résines du styrol, la température du cylindre pouvant dépasser 200° C. Celle-ci est généralement indiquée par un thermomètre ou par des produits fusibles ayant un point de fusion bien défini.

Il est plus commode d'utiliser un thermo-couple disposé

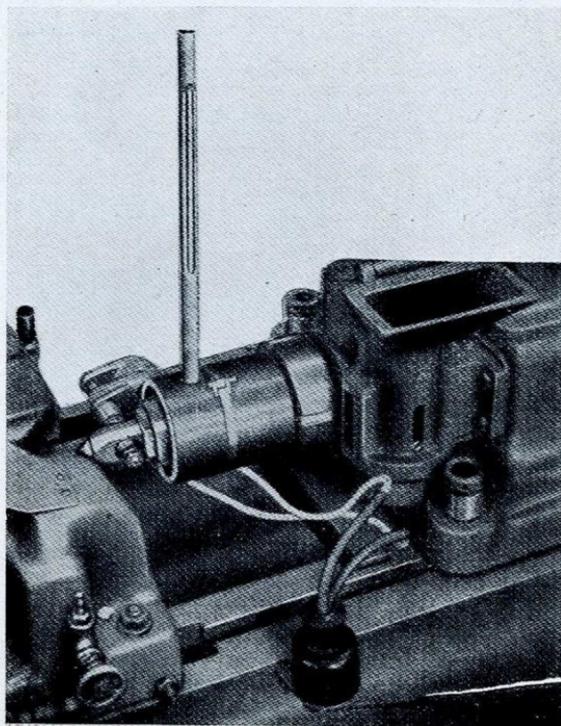


Fig. 11. — Cylindre d'injection de presse « Isoma »

dans une cannelure du cylindre d'injection qui, en même temps, règle automatiquement cette température par l'intermédiaire d'un contacteur coupant et rétablissant périodiquement le courant de chauffage. Certains constructeurs préfèrent néanmoins le réglage manuel par rhéostat.

La manœuvre du piston d'injection peut être obtenue par un second piston à commande hydraulique ou pneumatique, ou mécaniquement par un système de leviers à genouillère ou

par vis sans fin. La fermeture du moule est toujours assurée par genouillère, manœuvrée parfois à la main.

L'énergie électrique nécessaire à la manœuvre du piston d'injection et à la fermeture du moule est fournie soit par un

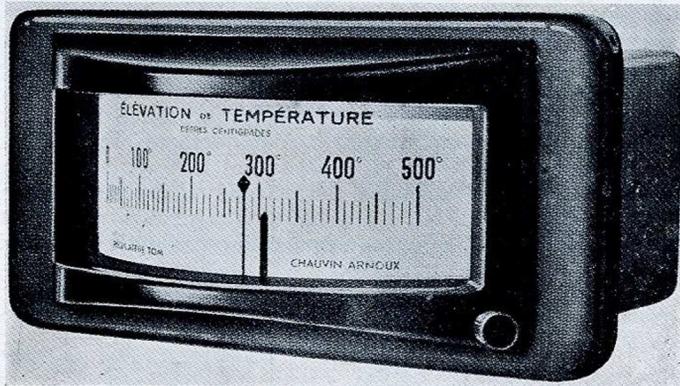


Fig. 12. — Régulateur de température pour couple fer-constantan  
Pouvoir de coupure directe : 10 A sous 220 V

seul moteur de 4 à 5 ch, soit par deux moteurs assurant l'un la fermeture du moule, l'autre l'injection.

La commande des différentes opérations de moulage peut être manuelle, semi-automatique ou entièrement automatique, les 3 modes de fonctionnement pouvant être réunis sur la même machine. Le fonctionnement entièrement automatique des

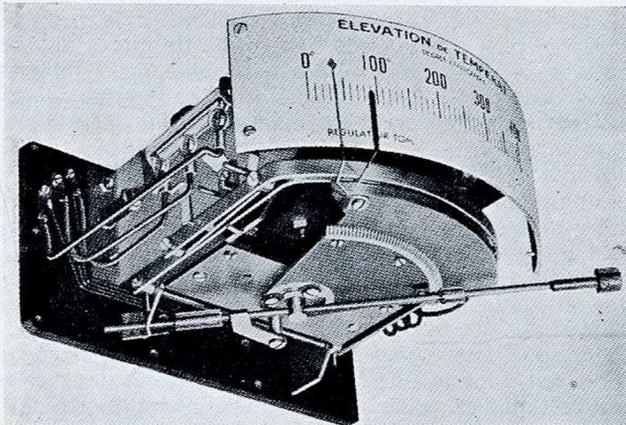
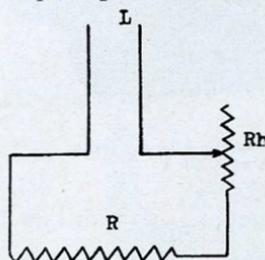


Fig. 13. — Régulateur de température. Vue intérieure

presses à injection, qui mériterait une étude spéciale, tant sont nombreuses les solutions proposées, est réglé par 2 mouvements d'horlogerie, un de ces mouvements règle le temps de pression, le 2<sup>e</sup> assure l'arrêt nécessaire au réchauffement de la matière fraîche. A l'E. N. P. d'Oyonnax, une presse entièrement automatique est actuellement en construction, les différentes manœuvres étant commandées par les déplacements du piston et du plateau portant le contre-moule, qui, en fin de course, actionnent des contacteurs. Ceux-ci agissent sur des relais temporisés, à retard réglable, qui mettent en route ou arrêtent les deux moteurs commandant mécaniquement, l'un, la fermeture du moule, l'autre l'injection ; ces moteurs sont munis chacun de freins magnétiques permettant de réaliser un arrêt presque instantané ; différents boutons poussoirs permettent de passer de la marche automatique à la commande séparée de chaque opération de moulage.



Réglage direct « Tout ou rien »  
L, ligne de régulation ; Rh, rhéostat

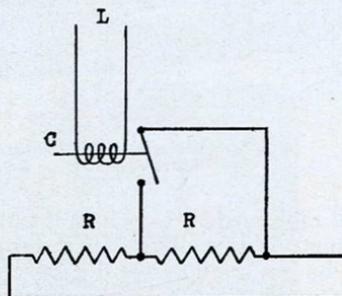


Fig. 14  
Réglage par contacteur « Tout ou peu »  
C, contacteur ; R, corps de chauffe

Le moulage par injection est actuellement le procédé de beaucoup le plus rapide pour l'obtention de pièces de petites dimensions en grande série ; il est particulièrement intéressant dans le cas de pièces dont la fabrication par les moyens habituels : tournage, fraisage..., exige beaucoup de main-d'œuvre.

### Montage et décoration des matières thermo-plastiques.

Les matières fabriquées par l'un ou l'autre des procédés de travail précédemment énumérés sont la plupart du temps propres à être livrées directement au commerce.

Il arrive néanmoins parfois que ces objets reçoivent des accessoires indispensables ou simplement destinés à les embellir.

On désigne sous le nom de « montage » les différentes opérations qui ont pour but de fixer sur ces matières des pièces, en général métalliques, telles que charnières, agrafes, etc., et qui s'effectuent souvent par incrustation de la pièce chauffée, dans la matière froide.

Les machines utilisées à cet effet sont de petites presses à levier manœuvrées au pied grâce à une pédale et portant une bobine chauffante blindée de faible consommation, une cinquantaine de watts. La résistance est constituée par quelques couches de fil enroulé sur mica ou plus simplement par un cordon chauffant sur amiante. Cette bobine est munie d'un embout de forme appropriée. L'objet est placé sur un socle disposé sous la bobine ; la pièce à sertir est placée sur l'objet et l'embout de la bobine l'échauffe tout en exerçant la pression nécessaire à son incrustation. L'opération est très rapide. Le réglage de la température s'effectue au moyen d'un petit rhéostat.

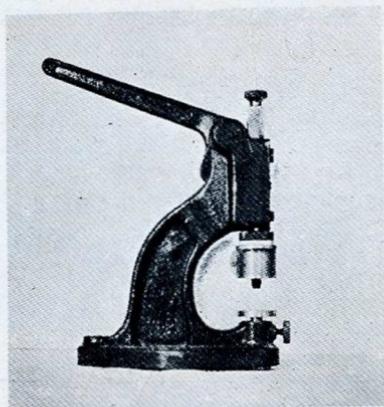


Fig. 15. — Presse de montage et d'impression

A signaler le montage particulier des verres de lunettes ; on utilise à cet effet une sorte de tronc de cône en acier chauffé par une résistance intérieure enroulée sur tube d'amiante et mise en série avec un rhéostat. Les montures sont engagées sur ce tronc de cône et se ramollissent légèrement, ce qui permet la mise en place du verre dans la rainure pratiquée à cet effet.

La décoration des matières thermoplastiques ouvre un champ presque illimité à l'esprit inventif des artisans qui sont souvent de véritables artistes. Tous les procédés sont bons qui conduisent au résultat cherché : faire beau et faire original. Là encore l'électricité vient puissamment en aide à ceux qui veulent bien faire appel à son précieux concours en permettant d'effectuer soit des incrustations à chaud de pierres ou de métaux, soit des dépôts galvaniques.

Les incrustations à chaud de pierres ou « similis » s'effectuent très simplement en faisant chauffer ces pierres sur la plaque

d'un petit réchaud électrique et en les logeant au moyen de pinces dans des trous borgnes percés à l'avance ; le perçage de ces trous se fait à l'aide d'un petit moteur de faible puissance, 1/10 ch environ, muni d'un mandrin porte-mèche en bout d'arbre.

L'incrustation à chaud également de petites calottes en aluminium fait appel à des « poinçons » chauffés électriquement et manœuvrés à la main.

Ces « poinçons », constitués par une simple tige d'acier entourée d'une résistance en hélice isolée au mica et protégée par une chemise de laiton, sont munis d'un embout conique, creusé à son extrémité d'une petite cavité hémisphérique ; cette cavité est destinée à prendre la calotte par simple adhérence, et celle-ci est d'ailleurs facilitée par le trempage pério-

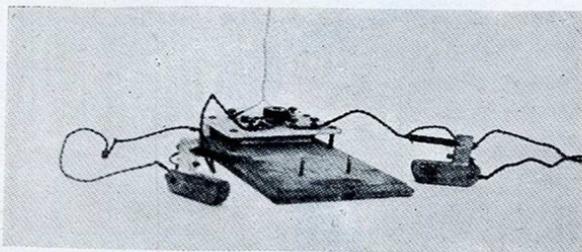


Fig. 16. — Appareil à poser les calottes

dique de la pointe dans la paraffine. La disposition particulière du manche qui est situé non dans le prolongement mais à côté du poinçon auquel une plaquette de fibro-ciment le réunit, évite de se brûler les doigts tout en permettant de mieux guider la pointe. Ces poinçons sont en général montés par deux en série, en même temps qu'un petit rhéostat permettant d'adapter au mieux l'appareil à la tension du secteur et à la matière travaillée. La consommation de l'ensemble est minime : une cinquantaine de watts environ. Il suffit, avec cet appareil, de prendre une calotte métallique à l'extrémité du poinçon et de la poser sur une matière thermoplastique pour que l'incrustation se fasse immédiatement.

La pyrogravure s'effectue sur des matières se ramollissant peu à la chaleur telle que la caséine formolée par exemple. Les appareils électriques utilisés sont les mêmes que pour le travail sur bois. Ils sont constitués par une simple tige d'acier entourée d'un manche en liège et munie d'une pointe amovible. Cette pointe est portée au rouge par quelques tours d'une résistance isolée au mica et mise en série avec un rhéostat.

Plus importante par le matériel qu'elle met en jeu, est l'incrustation à chaud de très minces feuilles d'or. Cette opération s'effectue au moyen de petites presses à genouillère manoeuvrées à la main ; le plateau supérieur, chauffé électriquement par des résistances logées dans des canaux et réglables par rhéostat porte une empreinte métallique appelée fer à dorer ou « griffe » présentant en relief le dessin à reproduire ; cette empreinte venant appuyer fortement la feuille d'or sur la matière plastique préalablement vernie fait adhérer l'or en regard des parties en relief.

On utilise également et de la même façon des poudres métalliques collées sur une mince bande de papier dont le déroulement est automatique. En outre, en même temps que les impressions métalliques, ces presses peuvent opérer l'estampage de petits objets.

La dorure peut encore être faite par voie électrolytique. Dans ce cas, les pièces ont besoin d'être préalablement métallisées et cette métallisation s'effectue ordinairement par l'un des procédés d'argenture utilisés pour le verre, c'est-à-dire par trempage dans une solution aqueuse d'oxyde d'argent ammoniacal et réduction. Les pièces sont ensuite suspendues à la cathode d'une auge électrolytique contenant le classique bain au cyanure d'or, l'anode étant constitué par un fil d'or ou de platine ; la dorure est extrêmement rapide, quelques minutes, mais il faut néanmoins prendre la précaution de veiller à ce qu'elle soit bien uniforme en retournant fréquemment les objets.

Les auges utilisées sont de faible capacité, quelques décimètres cubes et généralement en verre pour mieux suivre la marche de l'opération ; le débit demandé à la source de courant est très faible : quelques dixièmes d'ampère, et c'est pourquoi cette énergie est généralement empruntée à deux ou trois éléments de piles ou d'accumulateurs, ou à de petits redresseurs secs en courant alternatif ; un rhéostat et un ampèremètre complètent l'installation.

Rien n'empêche évidemment de déposer d'autres métaux que l'or et on a pu ainsi obtenir de très beaux effets d'argenture, de nickelage et de chromage sur matières plastiques.

### **Façonnage des matières thermo-durcissables.**

Les matières qui durcissent sous l'influence de la chaleur appartiennent au domaine des résines synthétiques ; les plus employées sont les résines à base de phénol-formol ou « phénoplastes » et les résines à base de formol-urée ou thiourée ou « aminoplastes ».

Ces résines, au cours de leur fabrication, passent par plusieurs stades successifs au cours desquels leurs propriétés

physiques diffèrent notablement : elles se polymérisent. En particulier à leur stade final elles sont insensibles à l'action des solvants et de la chaleur. Couléés en plaques, en tubes ou en joncs elles ne peuvent alors être travaillées que mécaniquement, c'est-à-dire sciées, tournées, fraisées, etc.

A un stade intermédiaire de leur fabrication, elles peuvent encore se ramollir à la chaleur avant de prendre leur dureté définitive. C'est à cet état que, pulvérisées et souvent mélangées à des charges, elles sont susceptibles d'être moulées par compression dans des moules préalablement chauffés, le démoulage pouvant s'effectuer à chaud.

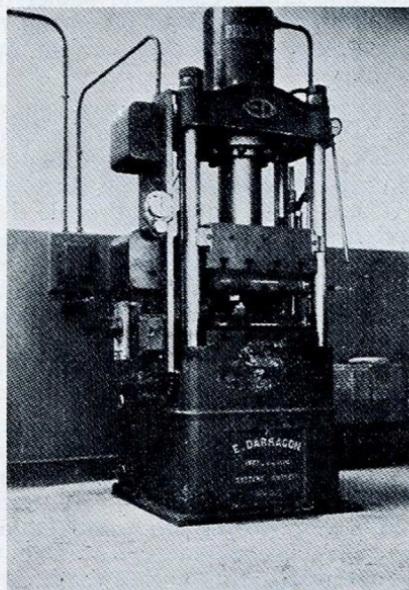


Fig. 17. — Presse pour moulage par compression

Puissance de la presse .....	140
— du compresseur .....	3 kW
— de chauffe .....	10 —

Les presses employées peuvent être entièrement mécaniques pour les pièces de petites dimensions, ou hydrauliques, et dans ce cas alimentées par pression d'eau ou d'huiles ; la pression variant entre 125 et 200 kg/cm<sup>2</sup> ; elles peuvent alors dépasser 1 000 t. On distingue deux types principaux de presses hydrauliques : dans le premier le cylindre est fixe et le piston descend ; dans le second type, c'est le piston qui est fixé et le cylindre qui se déplace. Enfin certaines presses à deux pistons disposés à angle droit ont été conçues pour le moulage des pièces exigeant un moule spécialement étudié pour un démoulage facile.

Quoi qu'il en soit les plateaux sont chauffés soit à la vapeur, soit électriquement ; dans ce dernier cas, le plus fréquent, les plateaux sont percés de canaux rectangulaires ou cylindriques dans lesquels on engage les éléments chauffants bobinés sur mica ou sur céramique. La consommation de chacun des deux plateaux d'une presse de 120 t, par exemple, peut atteindre 5 kW environ. Sur chaque plateau, est fixé un thermostat à plongeur qui, agissant sur un contacteur maintient sensiblement constante la température. Celle-ci est indiquée par des thermomètres à mercure, placés à demeure. Elle est un peu supérieure à la température des moules.

Les moules sont en acier et chauffés par les plateaux auxquels les deux parties principales, matrice et poinçon, peuvent être fixées si le moule est de grande taille. Un thermomètre placé dans un logement ménagé dans la masse même

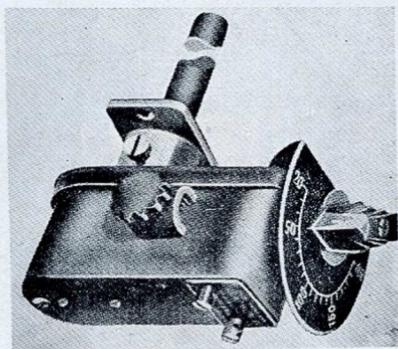


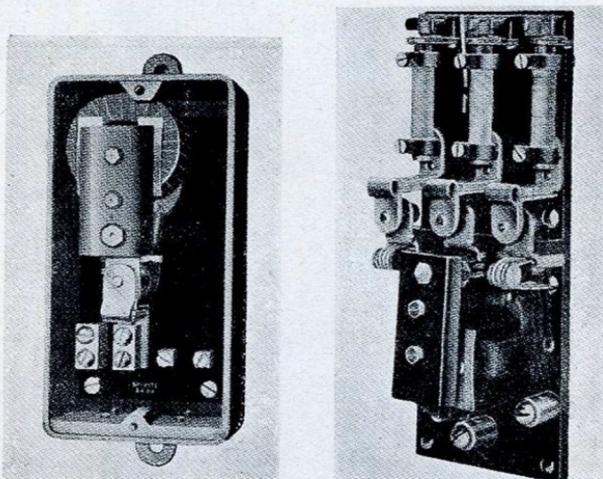
Fig. 18. — Thermostat pour plateaux chauffants 120° C à 230° C sensibilité  $\pm 4^\circ$  C  
 Pouvoir de coupure directe : 15 A sous 250 V en CA  
 0,1 A — 250 V — CC

du moule permet un contrôle approximatif de la température de travail : 160° C pour les résines phénol-formol, 145° C pour les résines formol-urée, un contrôle plus rigoureux, indispensable pour le moulage des aminoplastes, étant obtenu par l'emploi de sels à point de fusion déterminé tels que la paranit aniline qui fond à 145° C ou l'aspirine à 135° C.

On peut également chauffer les moules directement et non par l'intermédiaire des plateaux, la résistance étant disposée à la surface du moule et blindée. Dans ce cas le rendement thermique est évidemment bien meilleur, mais le prix du moule accru.

L'opération de moulage consiste, le moule étant porté à la température de travail, à verser dans la matrice une quantité

de poudre convenable et à fermer lentement le moule au moyen de la presse ; la poudre se ramollit suffisamment pour couler et sous l'influence de la pression, remplir toute la cavité ; en même temps sa polymérisation s'achève. Au bout de 3 ou 4 mn la pièce peut être démoulée. Il est possible, au cours du moulage, d'incruster des parties métalliques destinées à l'assemblage ultérieur des différentes parties d'un même objet, ou même à la décoration ; celle-ci est en effet rendue très difficile sur les objets moulés du fait que les résines thermo-durcissables présentent une insensibilité quasi complète aux solvants et à la chaleur.



**Fig. 19. — Relais contacteurs pour courant alternatif**  
 (1) unipolaire (2) tripolaire  
 Pouvoir de coupure : 30 A par pôle sous 250 V

On moule d'ailleurs par ce procédé plutôt des articles de consommation courante que des articles de mode et des fantaisies. Le remplacement de la porcelaine, dans le petit appareillage électrique, a notamment ouvert un vaste débouché à ces résines et c'est pourquoi en terminant nous résumerons brièvement les méthodes d'essais électriques auxquels doivent satisfaire les isolants moulés. Pour plus de détails on consultera avec profit la brochure éditée à ce sujet par « l'Union des Syndicats de l'Électricité », brochure de laquelle les quelques renseignements suivants sont extraits.

N. B. — *Les fig. 20 à 25 donnent quelques photographies de presses et étuves en service dans des ateliers de matières plastiques.*

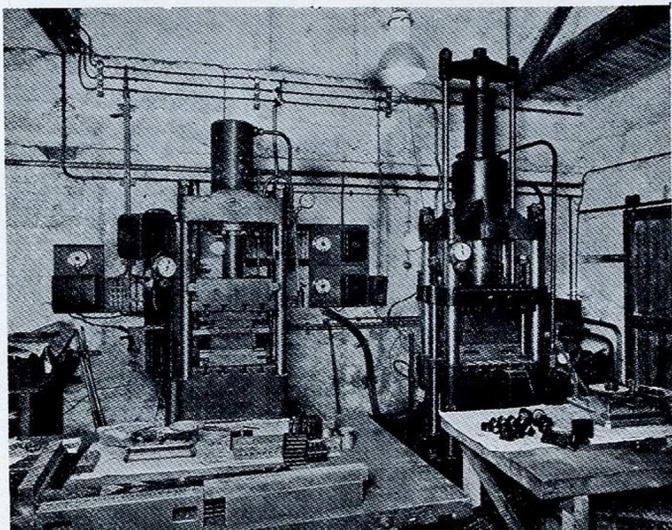


Fig. 20

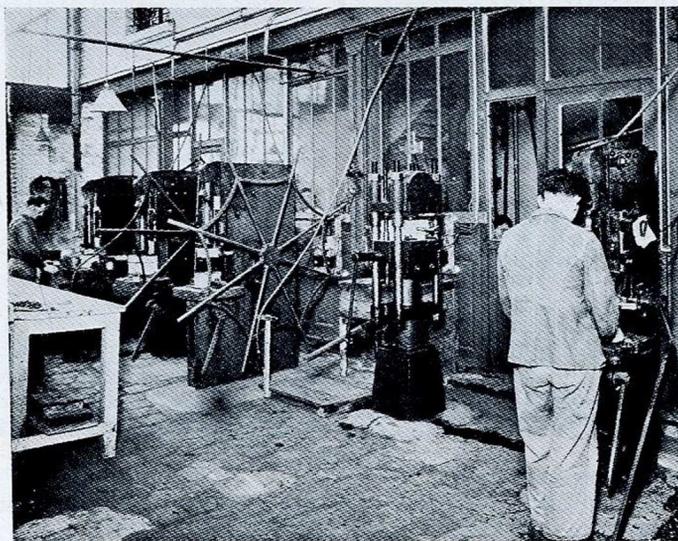


Fig. 21

## Essais des isolants moulés.

Les éprouvettes sont constituées par des plaques carrées de 100 mm de côté et de 3 mm d'épaisseur, ou par des disques de 100 mm de diamètre et de même épaisseur.

### Détermination de la résistivité transversale.

La détermination de la résistivité transversale s'effectue sur 5 éprouvettes et par la méthode des déviations comparées. La source de courant continu, rigoureusement constante, utilisée, doit être comprise entre 250 V et 350 V. L'éprouvette à essayer flotte sur un bain de mercure relié à l'un des pôles, l'autre pôle étant relié à la partie supérieure de l'éprouvette par l'intermédiaire d'un second bain de mercure limité par un anneau en matière isolante d'un diamètre intérieur de 62 mm.

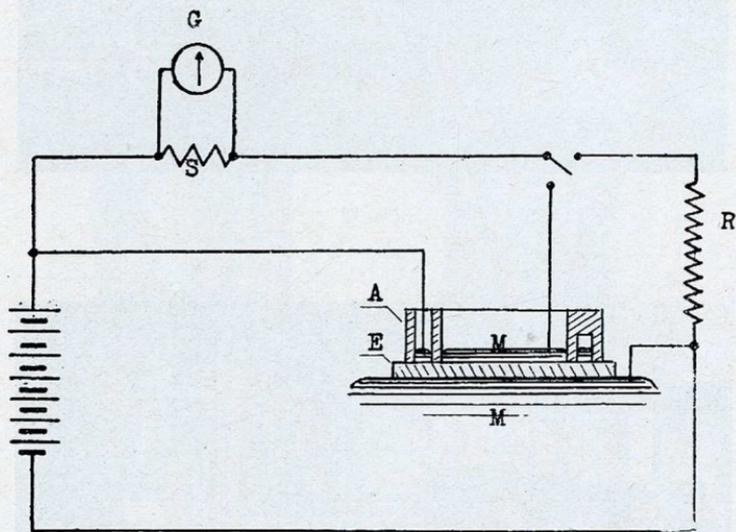


Fig. 26. — Schéma du montage utilisé pour la détermination de la résistivité transversale A, anneau de garde ; E, éprouvette ; M, mercure ; G, galvanomètre ; S, shunt ; R, résistance d'étalonnage

Une rainure circulaire réservée dans cet anneau et garnie de mercure est connectée comme l'indique la figure et joue le rôle d'anneau de garde. La résistivité est exprimée en ohms  $\times$  cm<sup>2</sup> par cm au moyen de la formule :

$$\rho = \frac{RS}{e}$$

dans laquelle :

R représente la déviation du galvanomètre en ohms, compte tenu des shunts et des sensibilités.

S représente la surface de contact du bain de mercure avec la face supérieure de l'éprouvette exprimée en cm<sup>2</sup>.

E représente l'épaisseur exprimée en cm.

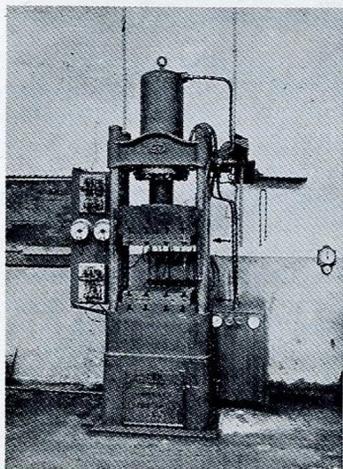


Fig. 22

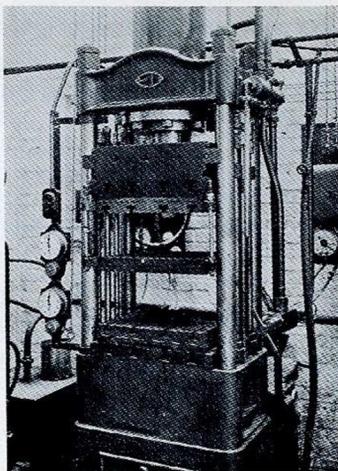


Fig 23

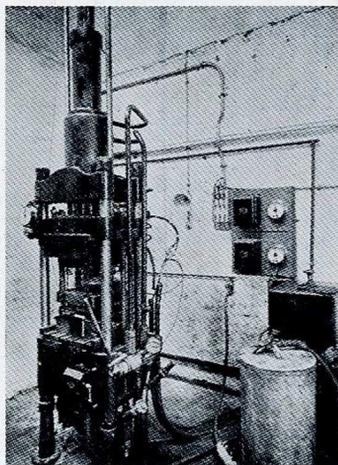


Fig. 24

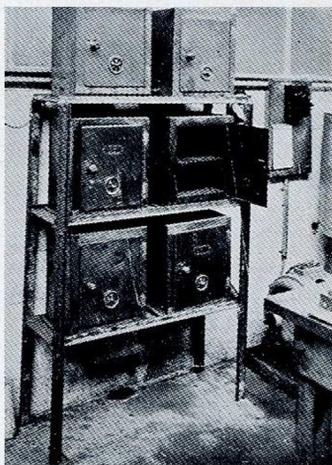


Fig. 25

### Détermination de la résistance spécifique superficielle.

La détermination de la résistance spécifique superficielle s'effectue également sur 5 éprouvettes et par la méthode des déviations comparées en utilisant une source de courant continu de tension comprise entre 250 V et 350 V.

On mesure la résistance superficielle de deux zones de 60 mm × 10 mm situées l'une sur la face supérieure de l'éprouvette, l'autre sur la face inférieure et placées en regard l'une de l'autre.

La tension est appliquée entre deux paires de barrettes métalliques chemisées de papier d'étain sur toute la longueur en contact avec l'éprouvette, et portant un prolongement assez long pour permettre leur assemblage deux à deux au moyen de boulons ne touchant pas l'éprouvette.

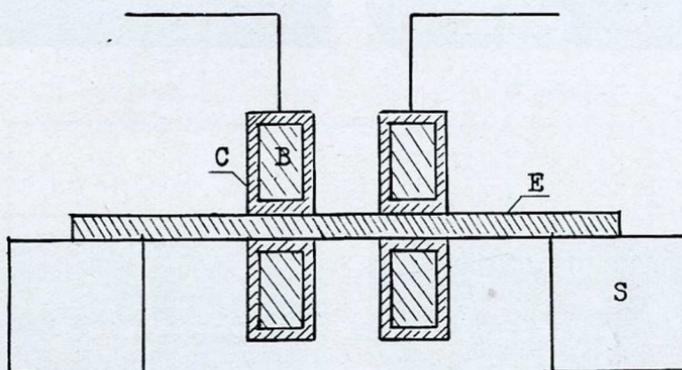


Fig. 27

L'éprouvette est placée sur deux blocs isolants afin d'éviter le passage de courants dérivés.

La résistance spécifique est exprimée en ohms × cm<sup>2</sup> × cm au moyen de la formule :

$$\rho' = \frac{2 RL}{d}$$

dans laquelle :

R représente la déviation du galvanomètre exprimée en ohms, compte tenu des shunts et des sensibilités,

L représente la longueur des parties chemisées exprimée en cm,

d représente la distance entre les faces parallèles des chemisages d'étain exprimée en cm.

### Détermination de la rigidité diélectrique.

Cette détermination s'effectue sur 5 éprouvettes, l'essai étant effectué dans l'air pour les matières ne résistant pas à l'huile et dans l'huile pour toutes les autres.

L'éprouvette est placée entre 2 électrodes en cuivre ou en laiton dont les axes coïncident ; les surfaces de contact de ces électrodes doivent être planes et circulaires et avoir un diamètre de 10 mm. On applique entre les électrodes une tension alternative de fréquence comprise entre 40 et 60 p/s et de valeur initiale comprise entre 0 et 500 V. Cette tension est élevée progressivement jusqu'au percement de l'éprouvette.

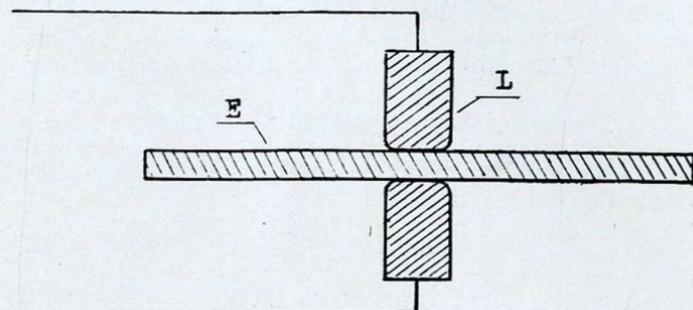


Fig. 28

La tension de percement  $H$  exprimée en V est en général rapportée à une épaisseur de 3 mm au moyen de la formule :

$$H = \frac{3U}{e}$$

dans laquelle :

$U$  représente la tension au moment du percement exprimée en V,

$e$  représente l'épaisseur de l'éprouvette exprimée en mm.

### Résultats d'essais.

Voici à titre d'exemple quelques résultats d'essais effectués sur des isolants moulés par compression ou par injection :

	Phénoplastes	Aminoplastes	Acétoplastes	Résines du Styrol
R. trans. ..	$2 \times 10^{12}$	$3 \times 10^{12}$	$5 \times 10$	infini
R. super. ..	$2 \times 10^9$	$3 \times 10^9$	$3 \times 10$	—
R. diélec. ..	14 kV:mm	13 kV:mm	45 kV:mm	50 kV:mm

## Conclusion

Sera-t-il permis de dire, pour conclure que l'emploi de l'électricité soit comme force motrice, soit comme moyen de chauffage, dans le travail des matières plastiques a puissamment contribué à leur développement en utilisant au mieux leurs qualités mécaniques et plastiques.

Peu de temps s'est écoulé depuis l'époque où l'artisan façonnait laborieusement la corne ou l'écaille avec la seule aide de ses doigts, et cependant quel changement quand on compare la production des puissantes presses à mouler d'aujourd'hui au modeste rendement d'alors.

Signalons enfin qu'à l'École Nationale des Matières Plastiques d'Oyonnax, sous l'active direction de M. Sentenac, rien n'a été négligé pour doter les élèves, futurs pionniers de la nouvelle industrie, du matériel le plus moderne ; la plupart des clichés qui illustrent cette étude ont d'ailleurs été pris dans ses ateliers.

Et n'est-il pas juste et opportun de rappeler en terminant le mot que prononçait naguère le directeur de cette école à l'inauguration du pavillon des Matières Plastiques, lors de l'Exposition Internationale de 1937.

« Nous vivons à l'âge des matières plastiques. »

A. PIARD.



ULTIMHEAT®  
VIRTUAL MUSEUM



XXII. 12. 40

**La Société pour le Développement des Applications de l'Électricité APEL, créée avec le patronage du Groupement des Secteurs Français, a pour objet l'amélioration et la vulgarisation des appareils électriques d'applications diverses.**

**Pour toute étude et renseignements techniques,  
s'adresser : 33, rue de Naples — PARIS (8<sup>e</sup>)**