

SCIENCE
et **VIE**

l'extraordinaire
avenir

des

matières

plastiques



200F

• **NUMÉRO HORS-SÉRIE**

le monde entier



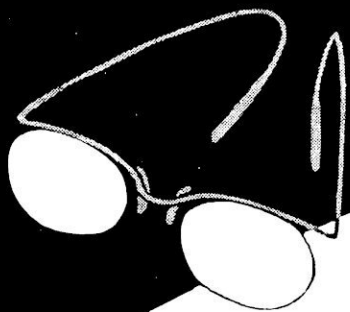
ANGLETERRE
ETATS - UNIS
FRANCE
ALLEMAGNE
FINLANDE
ITALIE
EGYPTE
SYRIE
LIBAN
BRESIL
JAPON
A. O. F.
A. E. F.
PORTUGAL
CANADA
VIET-NAM

BELGIQUE
HOLLANDE
SUISSE
SUÈDE
NORVEGE
AUSTRALIE
N° ZELANDE
UN. S. AFRIC.
CEYLAN
MEXIQUE
HONG-KONG
VENEZUELA
ALGERIE
MAROC
TUNISIE
TANGER

porte en toute sécurité

les verres

**IGARD
INCASSABLES**



LHERICEL.P

Deux fois et demie plus léger que le verre minéral, incassable dans les conditions normales d'emploi, rigoureusement précis, d'une luminosité sans égale, **IGARD** vous offre un confort et une sécurité incomparables.

IGARD est réalisé dans toute la gamme de l'optique ophtalmique : verres à simple vision, à double foyer, lenticulaires, prismatiques, incolores ou teintés.

Quelle que soit votre vue, il existe un verre IGARD qui lui convient.

En vente chez tous les Opticiens spécialistes

Documentation sur demande :

**Salon de la Chimie et des Matières Plastiques
STAND 365**

**ou Société Française des Verres IGARD
9, Rue Étienne-Marcel prolongée, PARIS-3^e**

un revêtement à base de

résines "épikote"

marque déposée Shell

protège contre la corrosion

résiste au choc

Demandez un échantillon à votre fournisseur habituel de peintures et vernis.

Les résines "épikote" sont des polymères de condensation d'un type entièrement nouveau qui permettent d'obtenir une gamme très étendue de revêtements protecteurs séchant à l'air ou durcissant à température ambiante ou au four. L'industrie dispose maintenant, grâce aux résines "épikote" de revêtements combinant pour la première fois et à un degré encore jamais atteint à ce jour : souplesse, adhérence, dureté et inertie chimique.

Les revêtements à base de résines "épikote" sont applicables à la brosse, au pistolet, au rouleau ou au trempé sur la plupart des subjectiles usuels et en particulier sur tous métaux et alliages légers, bois, béton, verre, papier etc.

Ils résistent à un très grand nombre d'agents agressifs organiques ou minéraux tels que solutions salines, acides ou alcalines, savons et détergents modernes, produits tensio-actifs, hydrocarbures aliphatiques ou aromatiques (essence, pétrole, gas oil, huiles combustibles, lubrifiants) acides gras, glycérine, huiles végétales ou animales, conserves, jus de fruits, boissons alcoolisées, etc.

L'emploi de revêtements à base de résines "épikote" est tout particulièrement indiqué pour les applications suivantes :

Sous-couches et couches de finition pour réfrigérateurs, machines à laver, mobilier métallique et matériel chirurgical, vernis et laques de finition pour meubles et boiseries, vernis pour bateaux et peintures marines, émaux à froid pour béton, fibrociment et panneaux en aggloméré, primaires et couches de finition pour carrosseries, revêtements anti-corrosifs pour containers, réservoirs, cuves, tuyauteries, charpentes métalliques, vernis isolants pour émaillage de fils conducteurs, vernis incolore, couchés et vernis or pour boîtes de conserves, revêtements protecteurs pour emballages métalliques, etc...

* marque déposée par Shell Chimie

Pour tous renseignements complémentaires s'adresser à Shell Chimie seul distributeur en France des résines "épikote".



SHELL CHIMIE

29, rue de Berri, Paris (8^e) - Tél. ÉLY. 56-90

LA NOUVELLE
SUPERPOLYAMIDE FRANÇAISE

RILSAN



MONOFILAMENTS POUR
TISSAGE ET BROSSERIE
POUDRE POUR MOULAGE
ET EXTRUSION

ORGANICO

Société Anonyme au capital de 1.600.000.000 de francs

23, avenue Franklin-Roosevelt, PARIS. ELYsées 99-39

CAOUTCHOUCS BRUTS
CAOUTCHOUCS SPÉCIAUX
LATEX TOUTES
CONCENTRATIONS
REVERTEX — REVULTEX
GUTTAS — BALATAS
CRÊPES — SEMELLES
RÉGÉNÉRÉES ALPES VOSGES
NÉOLATEX



★

CAOUTCHOUCS SYNTHÉTIQUES

NÉOPRENES
LATEX DE NÉOPRENE



GRS

LATEX DE GRS

★

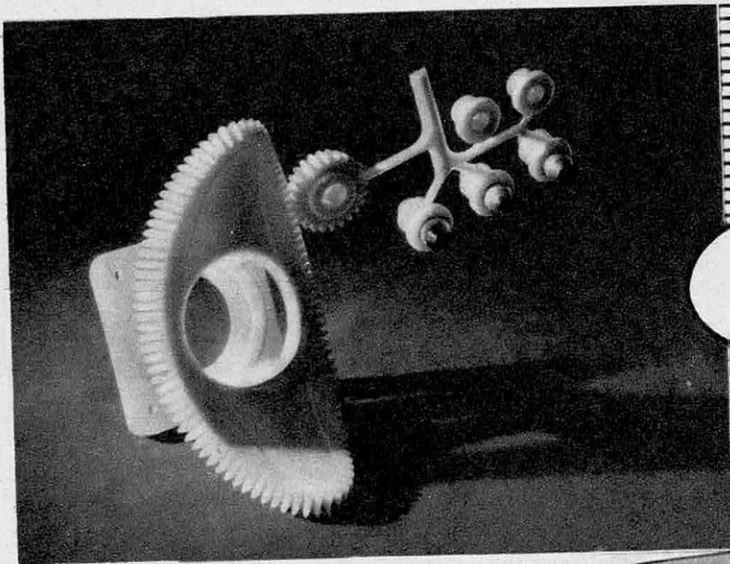
**TOUS PRODUITS CHIMIQUES POUR
L'INDUSTRIE DU CAOUTCHOUC**



**S.A.F.I.C.
ALCAN ET C^{ie}**

11, AVENUE KLÉBER — PARIS-XVII^e
TÉL. KLÉ. 12.51 à 54, PAS 95.14 à 16, 95.96

AGENT EXCLUSIF DE
DU PONT DE NEMOURS
S.A. PRODUITS FRANTERRE
S.A. COMERTEX



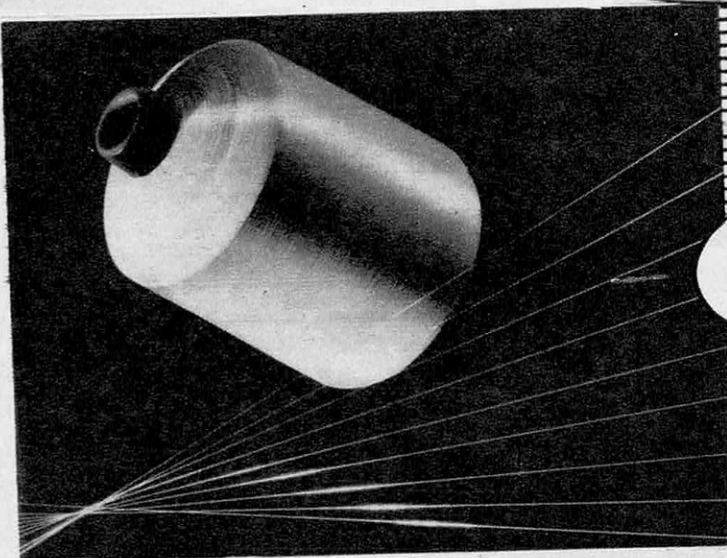
**MATIÈRE
PLASTIQUE**

Dans tous les domaines de
l'habillement et de l'indus-
trie, le Nylon* apporte
ses qualités exclusives
de résistance à tous
les facteurs d'usure.

**Société
RHODIACETA**

* Nylon est une marque déposée

NYLON*



FILS ET FIBRES

SYNERGIE

BACHMANN et Cie

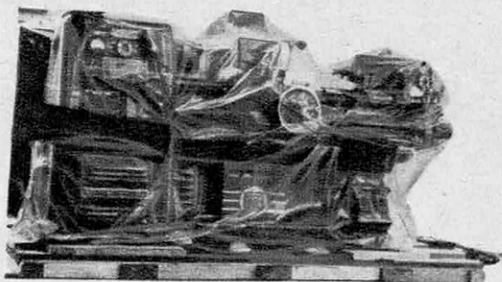
29, rue Ledru-Rollin à IVRY-sur-Seine
Tél. : ITA. 03.00

EMBALLAGES ÉTANCHES

pour stockage et expédition de longue durée

MACHINES-OUTILS
MOTEURS - OUTILLAGES
APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE
PIÈCES MÉCANIQUES, etc...

nos matières premières répondent entièrement
aux normes imposées par les administrations.

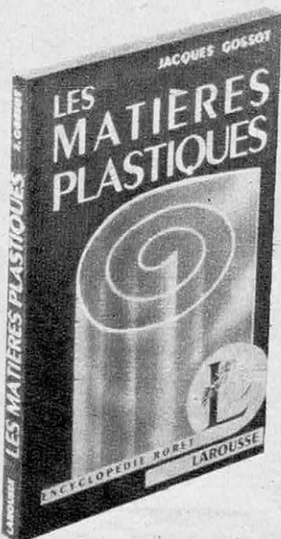


Le housage d'un tour Renault-Batignolles.

les matières plastiques

par Jacques Gosso

Docteur de l'Université de Paris, diplômé de l'Institut français
du caoutchouc.



Un manuel qui dit tout, en peu de mots. Préparation des résines; transformation; matières thermoplastiques; méthodes d'essai et de contrôle; renseignements commerciaux et professionnels, etc. Nombreuses illustrations, schémas et tableaux; un volume, format 11 x 18 cm, 211 pages, broché. 600 F taxe locale incluse.

En vente chez tous les libraires et

LAROUSSE

*Feuilles
plastiques*

Vénilia

Véniliadécor

Vénibox

Pour la maroquinerie

Pour les usages domestiques
et l'industrie

Pour la décoration

Production des E^{TS} MARECHAL, 18, av. Parmentier, PARIS

SAINT-GOBAIN

Produits Organiques

1 bis, Place des Saussaies, Paris 8^e
Tél. Anjou 21-62 ou Anjou 58-62



Résines vinyliques

- Gobinyte C 513, C 523 : chlorure de Polyvinyle en poudre
Lucoflex : chlorure de Polyvinyle rigide, industriel ou transparent
Lucolène : masses plastifiées
Gobinyte C 563 : résine pour pâte
Gobinyte Latex : chlorure de Polyvinyle en émulsion
Lucanol : collodions vinyliques
Gobinyl AM : copolymère vinylique

Résines polyesters

Stratyl (Licence American Cyanamid)

Produits organiques divers

Anhydride phtalique
Acide maléique
Anhydride maléique etc...
Acide fumarique

fabriquées
par Ciba
à Bâle
(Suisse)

Résines aminoplastes

Urée-formol
Mélamine-formol

Résines ethoxylines

Araldite Marque déposée par Ciba S. A.

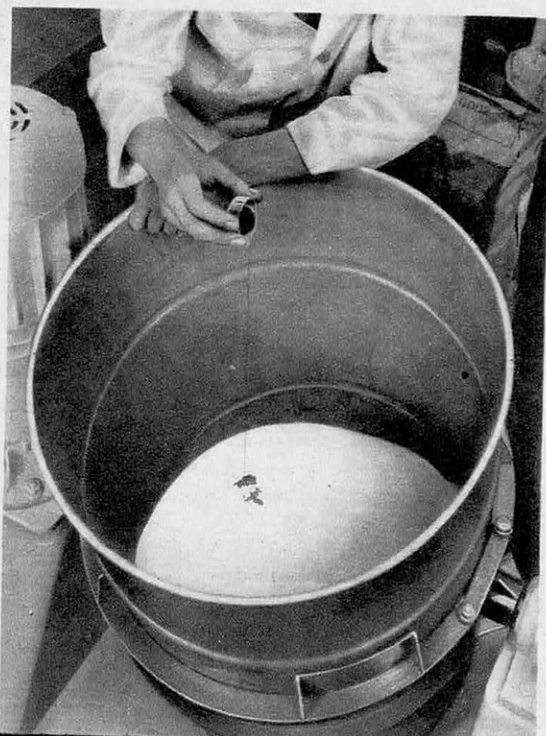
Silicones

de la Société Industrielle des Silicones
(Licence Dow-Corning)

Solvants

de la Société Shell-Saint-Gobain
Acétone
Méthylisobutyl cétone
Diacétone alcool
Alcool isopropylique
Ether isopropylique

ariex



RÉDUISÉZ LE PRIX DE REVIENT

de vos moulages de couleurs
par la coloration à sec du *polystyrène*

Lustrex "PIX 6"

Ces **3 OPÉRATIONS SIMPLES :**

- ★ Addition des colorants
- ★ Brassage du mélange PIX6 - colorant
- ★ Moulage

vous assurent

AVANTAGES PRIMORDIAUX

- ★ Moins de stocks
- ★ Matières moins chères
- ★ Coloration parfaite et rapide dans tous les coloris

D'autre part

la **QUALITÉ "MONSANTO-BOUSSOIS"**

vous garantit la même facilité de moulage et le même rendement qu'avec ses granulés :

cristal PIX 5 - couleurs



22. BOULEVARD MALESHERBES - PARIS-8^E - ANJ. 25-14

Agents Généraux de Vente
MARCEL QUARRÉ & C^{IE}
26, Place St-Georges - PARIS-9^E
Tél. : TRUdaine 82-74

Agent pour le département de l'Ain
M. MAX SICARD
18, Route de Marchon - OYONNAX
Tél. : OYONNAX 1-45

MATIÈRES PLASTIQUES

**SILICONES
"RHODORSIL"**

**RÉSINES
VINYLIQUES
"RHODOPAS"**

**ACÉTATE
CELLULOSE
"RHODOID"**

**RHÔNE
-
POULENC**

RHONE-POULENC

21

RUE JEAN-GOUJON
PARIS - BALZAC 22-94

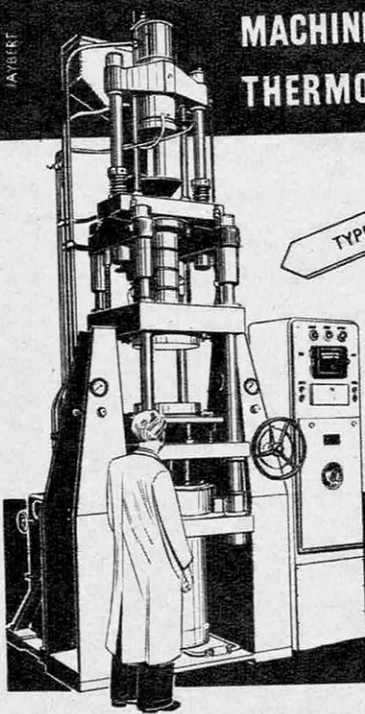
SOLVIC

RÉSINES SYNTHÉTIQUES
—Chlorure de Polyvinyle—



67, Avenue Franklin-D.-Roosevelt
Paris-8^e — Tél. ÉLY. 83-25

MACHINES POUR LA TRANSFORMATION DES MATIÈRES THERMOPLASTIQUES ET THERMODURCISSABLES...



* PRESSES A INJECTION VERTICALES :

TYPE FV 12 capacité 12 Grs
TYPE FV 30 capacité 30 Grs
TYPE FV 50 capacité 50-60 Grs
TYPE FV 100 capacité 100 Grs
TYPE FV 150 capacité 150 Grs
TYPE FV 400 capacité 400 Grs

* PRESSES A INJECTION HORIZONTALES :

TYPE FH 120 capacité 120-150 Grs
TYPE FH 400 capacité 400 Grs
TYPE FH 500 capacité 500 Grs

* PRESSE A COMPRESSION à 4 colonnes : 100 Tonnes

* NOTICE S.V. SUR DEMANDE

LES MACHINES FOUCHER

Constructeurs
30, AVENUE JEAN-JAURES - ARCEUIL (SEINE) - TEL ALESIA 50-36

* EXPORTATION POUR TOUS PAYS

E. MANDUCHER & C^{IE} - S. A. - CAPITAL 5.250.000 FRF - OYONNAX - AIN - TÉL. 0-89

PIÈCES INDUSTRIELLES — CONDITIONNEMENTS — JOUETS

MOULAGE PAR INJECTION — EXTRUSION — FORMAGE

*Vos problèmes
en plastique
résolus par...*



ATELIER DE FABRICATION DE MOULES

LES PLASTIQUES

SOMMAIRE

★ XX ^e SIÈCLE, SIÈCLE DU PLASTIQUE, <i>par Jacques COMBETTE</i>	2
★ LA CHIMIE DES MOLÉCULES GÉANTES, <i>par F. AFTALION</i>	12
★ LE TRAVAIL DES PLASTIQUES, <i>par M. BIORET</i>	24
★ LES NOUVEAUX CAOUTCHOUCS DE SYNTHÈSE <i>par J. ROCHEVILLE</i>	43
★ LES SILICONES, PRODUITS D'AVENIR, <i>par Jacques LOUVIÈRE</i>	50
★ MÉCANIQUE ET TRANSPORTS, <i>par Maurice FOURNIER</i>	60
★ VERS LA MAISON TOUT ENTIÈRE EN PLASTIQUE, <i>par Jean DELORME</i>	88
★ L'EMBALLAGE, TRIOMPHE DU PLASTIQUE, <i>par G. JANNY</i>	100
★ MILLE OBJETS POUR LA MAISON, LE JEU, LES SPORTS, <i>par J. ROVIÈRE</i>	108
★ FIBRES ET CUIRS ARTIFICIELS, <i>par Jean DELORME</i>	116
★ PHARMACIE, MÉDECINE ET CHIRURGIE, <i>par René LEFAUX</i>	127
★ ELECTRICITÉ ET RADIO, <i>par P. GRÉOUX</i>	135
★ MATÉRIAUX NOUVEAUX AU JARDIN ET AUX CHAMPS, <i>par J. ENGELHARD</i>	146

FRANCE : Administration et Rédaction : 5, rue de la Baume, Paris-8^e, Téléphone : Balzac 57-61. Chèque postal : 91-07, Paris. Adresse télégraphique : SIENVIE-PARIS. — Publicité : 2, rue de La Baume, Paris-8^e. Tél. Elysées 87-46.
 BELGIQUE : Société EDIMONDE, Direction et Administration : 10, bd de la Sauvenière, Liège. Téléph. : 23.78.79
 ITALIE : SCIENZA E VITA. Direzione, Redazione, Amministrazione : 19, Piazza Cavour, Roma. Telefono 360010.C.C.P. 1.14.983
 AMÉRIQUE DU SUD : CIENCIA Y VIDA, Direc., Administr. : Calle J.C. Gomez 1436, Montevideo-Uruguay. Tél 8-95-66.
 ALGÉRIE, TUNISIE et MAROC : Société OMNIA 81, rue Colbert, à Casablanca. C. C. Postaux 625.29 Rabat

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by SCIENCE ET VIE
 Décembre mil neuf cent cinquante-quatre.

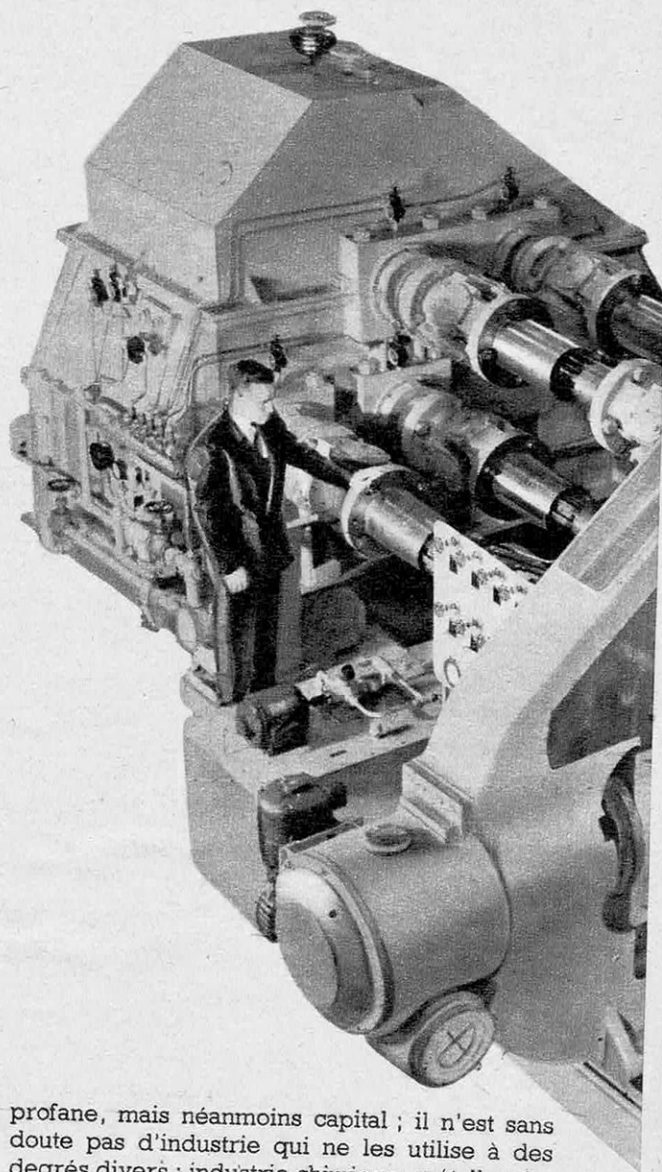
XX^e SIÈCLE, SIÈCLE DU

LES matières plastiques nous sont devenues si familières que le plus souvent nous ne les remarquons plus. Imagine-t-on bien ce que deviendrait notre vie sans elles?

Une automobile, par exemple, serait dans l'impossibilité totale de fonctionner si on lui retirait brusquement tous ses organes comprenant des produits synthétiques. Elle serait privée de ses isolants électriques, de ses accumulateurs, du distributeur, de divers pignons, de son volant, de son tableau de bord, de ses vitres de sécurité, de ses boutons, manettes et boîtiers d'instruments divers, du bouchon de son radiateur, peut-être pas de sa carrosserie s'il s'agit d'un modèle classique, mais sûrement de sa peinture, de l'habillage de ses sièges et même de ses pneus.

Il serait aisé de trouver bien d'autres exemples tout aussi parlants pour illustrer l'emprise des matières plastiques dans la vie moderne et il n'est sans doute pas exagéré de dire que leur apparition et leur prodigieux développement constituent ce que l'on peut considérer comme la révolution industrielle du 20^e siècle. Ces matériaux modernes sont, pour la plupart, sans équivalents dans la nature. Ils se prêtent admirablement à la production de masse et mettent ainsi à la portée de tous beaucoup de choses dont seuls quelques privilégiés pourraient jouir. L'exemple de la brosse à dents paraîtra peut-être trivial, mais songe-t-on qu'en France seule, il s'en vend chaque année plusieurs millions d'exemplaires? Si cela est possible, c'est que l'antique et rude manche de corne avec ses soies de porc a cédé la place aux résines synthétiques qui constituent non seulement le manche agréablement coloré et les poils, mais aussi l'emballage plastique où l'article est livré immaculé, le tout à un prix modique.

Les plastiques ont transformé notre vie, à la fois directement et indirectement. Indirectement par leur contribution au progrès général où leur rôle est peut-être peu apparent pour le



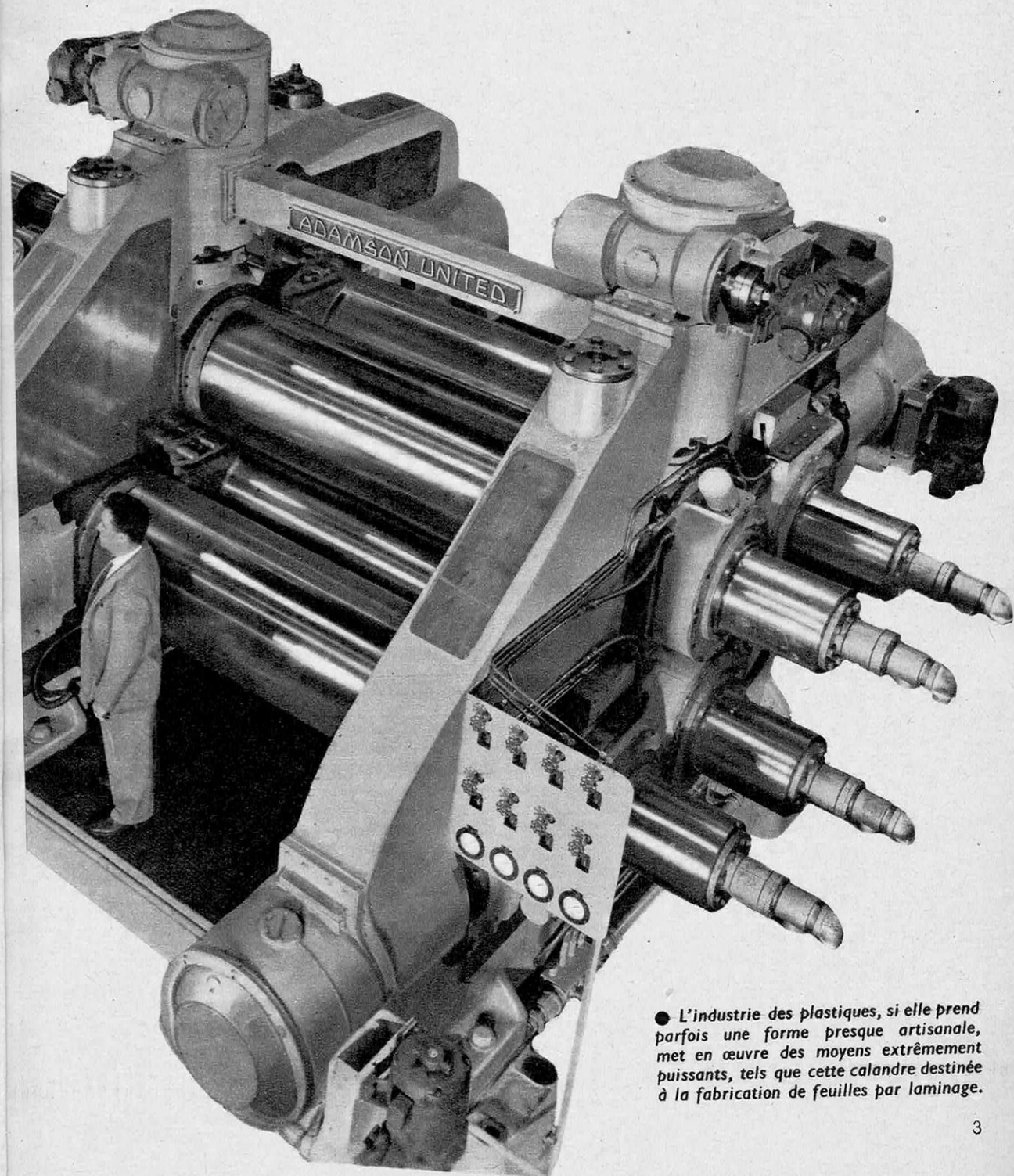
profane, mais néanmoins capital ; il n'est sans doute pas d'industrie qui ne les utilise à des degrés divers : industrie chimique, métallurgie, électrotechnique, télécommunications, industries alimentaires, etc. Directement, grâce aux innombrables articles utilitaires que nous utilisons dans nos travaux, dans nos jeux, pour nous vêtir, pour meubler et décorer nos habitations.

L'HOMME ET LES PLASTIQUES

La gamme en est infinie. Le bébé, culotté d'une feuille de plastique, mord son hochet en résine synthétique ou la tétine en caoutchouc de

PLASTIQUE

Les plastiques ont envahi notre vie quotidienne. Partout, des peintures aux caoutchoucs artificiels, des isolants aux fibres textiles, ils trouvent des perspectives nouvelles de développement. Jusqu'où s'étendra leur emprise?



● L'industrie des plastiques, si elle prend parfois une forme presqu'artisanale, met en œuvre des moyens extrêmement puissants, tels que cette calandre destinée à la fabrication de feuilles par laminage.

PAYS	POPULATION	CONSOMMATION GLOBALE (NON COMPRIS LES FIBRES TEXTILES)	CONSOMMATION PAR HABITANT
		tonnes	
ÉTATS-UNIS	160 000 000	1 150 000	7,1 kg
ALLEMAGNE DE L'OUEST	49 000 000	205 000	4,1
GRANDE-BRETAGNE ...	50 000 000	145 000	3
FRANCE	43 000 000	58 000	1,3
JAPON	87 000 000	55 000	0,6
ITALIE	47 000 000	28 000	0,6

Consommation en matières plastiques des principaux pays producteurs en 1953.

son biberon, désormais incassable comme la vaisselle multicolore de ses premiers repas, sa baignoire, son pot de chambre, les accessoires de toilette dont il usera toute sa vie. Voici ses premiers jouets, constructions, poupées ou soldats « de plomb » en résine moulée, ballons ou modèles réduits d'autos, d'avions ou de fusées en plastiques, ses cahiers recouverts de feuilles souples insalissables et indéchirables, ses livres reliés en plastique, sa trousse en « Synderme », son stylo, à bille ou à plume, premier d'une longue lignée toute en matière moulée, ses règles en Plexiglas et jusqu'à son chewing-gum « claquant ».

Adolescent sportif, il campera sous une tente en toile synthétique, ramera dans son canot en résine armée de fibre de verre, descendra les pentes neigeuses sur des skis en stratifiés, frappera des balles de caoutchouc de synthèse avec une raquette en stratifiés ou en résine armée, garnie de « boyaux » synthétiques, lancera sur l'eau des ruisseaux des mouches en plastique au bout d'un fil de polyamide guidé par une canne résistante et flexible en résine et fibre de verre. Impossible d'énumérer les accessoires, dont, adulte, il usera au bureau, à l'usine, dans ses déplacements, à la maison. Sa salle de bains, sa cuisine, toutes deux immaculées avec leur sol, leurs murs, leurs tablettes recouvertes de stratifiés ou de dallages en résines inaltérables, sont garnies d'ustensiles en plastiques transparents ou colorés, incassables, aisés à entretenir, réduisant au minimum les fastidieuses tâches ménagères. Dans tout

son logis, il évolue dans un décor de surfaces brillantes, avec des sièges recouverts de tissus imprégnés de résines, avec des tapis, des tentures en fibres artificielles ou synthétiques comme le sont, au moins en partie, son linge inusable, ses bas ou ses chaussettes introuables, ses robes ou ses complets infroissables. Ses bibelots, ses bijoux fantaisie, l'« ébénisterie » de son poste de radio ou de télévision, ses disques de phonographe, son jeu de dames ou d'échecs, ses cartes à jouer, le gainage en tissu enduit de son appareil photographique ou cinématographique, tous les films qu'il prend et qu'il projette sont en matière plastique. Vient-il à être malade? Ce sont des plastiques qui fourniront l'emballage des produits pharmaceutiques, la seringue à injection, l'appareillage à transfusions, les prothèses en acryliques qui consolideront son squelette ou combleront sa cage thoracique en cas d'accident pulmonaire grave. L'âge venant, il lui faudra des lunettes, à monture ou même à « verres »

EXPORTATIONS FRANÇAISES DE RÉSINES SYNTHÉTIQUES EN 1953	
CELLULOSIQUES	271 tonnes
VINYLIQUES	1 935
POLYSTYRÈNE	211
POLYAMIDES	817
PHÉNOPLASTES	33

en résines synthétiques, un dentier léger et solide, tel qu'on en faisait autrefois en celluloid ou en caoutchouc vulcanisé, maintenant en résine acrylique.

Enfin, il n'est pas interdit de penser, pour clore le cycle, que la dépouille mortelle de celui qui est venu au monde entre les mains du praticien gantées de caoutchouc synthétique trouvera sa dernière demeure dans un cercueil étanche et inaltérable en stratifié de résine polyester et fibre de verre.

DES MATÉRIAUX AUX PROPRIÉTÉS NOUVELLES

Le grand essor des plastiques et la diversité de leurs applications, en particulier pour la fabrication d'objets ou de parties d'objets d'usage courant, tient au fait que ces matériaux, sauf cas spéciaux, réunissent un ensemble de qualités qu'on ne trouve rassemblées dans aucun produit traditionnel. Alors que le verre et la porcelaine sont fragiles et pesants, que les métaux ferreux se corrodent et rouillent, que le bois est rarement homogène et que seules ses essences les plus coûteuses sont décoratives, les matières plastiques, au sens courant du terme, sont légères, incassables, inertes vis-à-vis d'un grand nombre d'agents chimiques

PRODUCTION FRANÇAISE DE RÉSINES SYNTHÉTIQUES EN 1953	
CELLULOSIQUES	4 000 tonnes
VINYLIQUES	16 000
POLYACRYLIQUES	540
POLYSTYRÈNE	3 620
POLYAMIDES (estimation)	2 000
PHÉNOPLASTES (résines sèches ..	6 200
(poudres à mouler ..	7 500
AMINOPLASTES (résines sèches ..	4 660
(poudres à mouler ..	2 060
Diverses (résines solubles, etc.)	7 700

**CONSUMMATION FRANÇAISE
DE RÉSINES SYNTHÉTIQUES EN 1953**

CELLULOSIQUES	4 850 tonnes
VINYLIQUES	17 400
POLYACRYLIQUES	1 250
POLYSTYRÈNE	8 950
POLYÉTHYLÈNE	1 300
POLYAMIDES	1 200
SILICONES	250
PHÉNOPLASTES	7 700
AMINOPLASTES	6 800
RÉSINES SOLUBLES	8 100

et ne s'oxydent pas à l'humidité. Plaisantes au toucher, colorables dans leur masse, ce sont en général d'excellents isolants thermiques et électriques.

Naturellement, chacune des variétés de plastiques présente des propriétés dominantes qui l'orientent vers tel ou tel secteur d'utilisation. Dans son élaboration, le chimiste est aujourd'hui tout-puissant. On a pu comparer le « plasticien » à un architecte en ce qu'il sait assembler des molécules relativement simples, de nature convenable et en nombre voulu pour constituer des molécules géantes présentant certaines propriétés fixées à l'avance et qui fourniront suivant les cas des vernis, des adhésifs, des résines d'imprégnation, des poudres à mouler, des fibres textiles, des caoutchoucs artificiels, etc. Des milliers de corps nouveaux offrant des propriétés intéressantes ont ainsi vu le jour au laboratoire, mais leur production à échelle industrielle demeure une question de prix de revient.

La gamme des plastiques commercialisés, déjà très vaste, s'enrichit ainsi chaque mois et leur technique de mise en œuvre se diversifie en même temps que s'étend leur champ d'applications à des domaines toujours plus variés. Nous en sommes au point où, pour réaliser un article nouveau, ou améliorer l'esthétique ou les qualités de service d'un article de production courante, le technicien ne se pose plus la question : « Quel matériau vais-je utiliser ? », mais bien « Quel plastique conviendra le mieux ? ».

L'ESSOR DES FIBRES PLASTIQUES

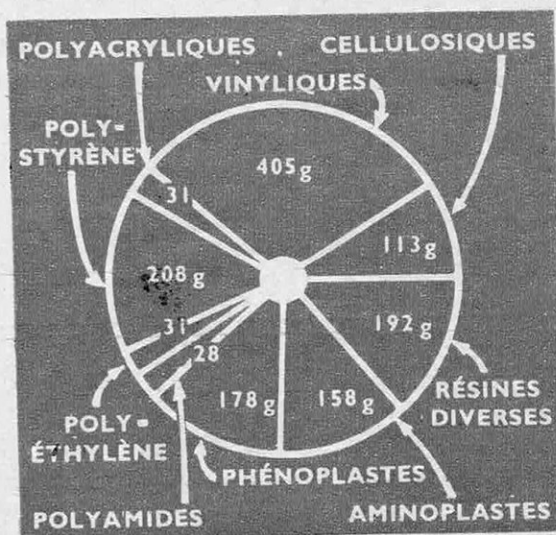
L'essor prodigieux des fibres textiles artificielles et synthétiques au cours des cinquante dernières années justifie une mention particulière. La production mondiale de la rayonne ne dépassait pas 1100 tonnes en 1900 ; pour 1953, ce chiffre doit être multiplié par 1000.

Au total, l'an dernier, il a été produit dans le monde près de 1 900 000 tonnes de fibres artificielles et synthétiques, ce qui double le

tonnage des matières plastiques proprement dites.

La part de la France est relativement modeste puisqu'en 1953, la production de rayonne et fibranne ne dépassait pas 100 000 tonnes au total et celle des fibres proprement synthétiques, Nylon, Rilsan et Rhovyl, 5 700 tonnes. Le plus important producteur et consommateur de fibres artificielles et synthétiques est évidemment les Etats-Unis où elles entrent dans la proportion d'environ 20 % dans la consommation totale des fibres textiles. La vogue des plus récentes fibres synthétiques s'y affirme rapidement et, s'il faut en croire un des dirigeants d'un des plus grands magasins de New York (Macy), elle tient non seulement à l'apparence agréable des tissus, mais aussi à leurs caractéristiques qui permettent une économie appréciable de travail ménager. Un rideau de Nylon, par exemple, n'a pas besoin d'être repassé et n'est pas sensible à l'action de la lumière. Un complet en Dacron (fibre polyester) et laine, de bel aspect, présente une résistance remarquable au froissage et à la déformation. Un chandail en Orlon (fibre acrylique) a la belle apparence du cachemire et sensiblement le même toucher, mais il peut être lavé en quelques minutes et séché sans être mis en forme.

Il est certain qu'aux Etats-Unis, et avec un certain retard dans d'autres pays, du fait de la disparition des domestiques, la maîtresse de maison dépend de plus en plus de ses appareils ménagers. Le repassage est une opération qui prend beaucoup de temps ; le lavage et le séchage des tissus et articles de bonneterie en fibres synthétiques permet d'en économiser et assure le succès commercial de



● En 1935, le Français a consommé en moyenne 1,344 kg de plastiques divers, fibres synthétiques non comprises.

IMPORTATIONS FRANÇAISES DE RÉSINES SYNTHÉTIQUES EN 1953

CELLULOSIQUES	1 140 tonnes
VINYLIQUES	3 390
POLYACRYLIQUES	690
POLYSTYRÈNE	5 540
POLYÉTHYLÈNE	1 318
PHÉNOPLASTES	244
AMINOPLASTES	2 168
RÉSINES SOLUBLES.....	380
SILICONES	250
DIVERSES	200

ces produits, lorsqu'ils sont évidemment de bonne qualité. Les chaussettes en polyamides (Nylon ou Rilsan), qui sont très résistantes à l'usure, réduisent substantiellement la corvée du raccommodage.

Dans le grand magasin new-yorkais que nous avons cité, les fibres artificielles et synthétiques entrent dans la composition de 95 % des rideaux en stock, de 40 % des tissus pour robes vendus au mètre, de 50 % des rideaux pour douches (les autres 50 % sont en feuilles plastiques) ; 50 % des meubles sont recouverts de tissus entièrement ou partiellement synthétiques, etc.

Il ne faudrait pas croire cependant, au vu de ces chiffres, que les fibres « naturelles » soient en déroute. En réalité, l'augmentation générale de la consommation est telle que leur marché n'a pas été sérieusement affecté. Il est difficile de prédire ce que réserve l'avenir, mais certaines études américaines prévoient pour les vingt prochaines années une progression sérieuse de la laine et même de la soie pour les tissus confectionnés.

Pour ne pas être trop incomplet, il nous faut rappeler que le secteur industriel constitue un domaine d'emploi très important pour les textiles artificiels et synthétiques. L'application la plus large concerne la fabrication de toiles pour pneumatiques de voitures, d'avions ou de bicyclettes, à côté des guipures de câbles, tissus filtrants, voiles de bateaux, filets de pêche, courroies transporteuses, etc. La première place dans ce domaine est occupée par la rayonne, d'ailleurs concurrencée par les fibres synthétiques telles que Nylon ou Rilsan.

LES DÉBUTS DES PLASTIQUES

On connaît depuis longtemps des matériaux naturels que l'on peut qualifier de plastiques, certains depuis la plus haute antiquité. On peut citer, par exemple, l'ambre, la corne, l'ivoire, le bitume.

Mais la première matière plastique, au sens propre du terme, créée par l'homme, est le celluloid. Il remonte à 1869, ce qui montre que l'industrie des plastiques n'est pas si récente

qu'on le croit généralement. L'exemple du celluloid illustre aussi le fait que la découverte de tous les produits si divers que l'on groupe aujourd'hui sous le nom de plastiques a rarement été accidentelle, mais bien le résultat d'une recherche consciente dans un but déterminé.

Vers 1868, aux Etats-Unis, les fabricants de boules de billard éprouvaient de grandes difficultés à se procurer la matière première classique, l'ivoire. On proposa un prix de 10 000 dollars à qui trouverait un produit équivalent. Ce fut un petit imprimeur d'Albany, dans l'Etat de New York, qui trouva la formule : nitrate de cellulose plus camphre, et monta une petite usine.

Le celluloid ne tarda pas à trouver d'importants débouchés et l'on en fit des cols, des manchettes, des plastrons de chemises, des jouets, des dentiers et jusqu'à des vitres de voitures. Son apogée se situe vers 1930, alors que sa production annuelle mondiale s'élevait à 40 000 tonnes.

Une autre découverte importante est celle qui immortalisa le nom du savant belge Baeke-

Importance relative (non

POLYAMIDES

pièces moulées, appareillage électrique, pièces mécaniques, broserie, tableterie, articles de pêche, vernis, adhésifs, enduction de tissus, fil chirurgical.

CELLULOSIQUES

pièces moulées, articles utilitaires, isolants, films, emballage, canalisations, broserie, bibelots, décoration, tableterie, film photographique, jouets, articles de pêche, stylos, instruments de dessin, balles de ping-pong, pièces mécaniques, vitrages, vernis, peintures, adhésifs.

POLYACRYLIQUES

glaces de sécurité, verres de montre, verres d'optique, tableterie, décoration, colifichets, boutons, vernis, poudre à mouler, prothèses chirurgicales et dentaires, modèles anatomiques.

land qui, utilisant la réaction de condensation entre le formol et le phénol, connue depuis 1850, montra en 1909 comment les demi-produits de condensation pouvaient, dans des presses, livrer des objets moulés. La « Bakélite », prototype des phénoplastes, devait connaître un succès prodigieux. A cette époque, l'industrie électrique se développait avec une grande rapidité et réclamait des isolants qui fussent plus résistants mécaniquement, à la chaleur, aux produits pétroliers, aux agents atmosphériques, et réalisables à bas prix sous des formes compliquées, conditions auxquelles ne satisfaisaient pas toujours le caoutchouc, l'ébonite ou la céramique. Les phénoplastes répondaient précisément à ces besoins. On les améliora progressivement et on sut bientôt les couler et les usiner pour en faire des objets utilitaires ; on les chargea avec des substances minérales pour augmenter leur résistance chimique, on sut les rendre inattaquables par les micro-organismes sous les climats tropicaux.

Entre temps, en Allemagne, Spitteler et Krische avaient découvert l'action du formol sur la caséine et, en 1900, la galalithe commença

à alimenter la fabrication des boutons, peignes, etc. Elle est maintenant en régression.

C'est pendant la première guerre mondiale que commença à se développer l'acétate de cellulose qui constitue maintenant une des matières premières classiques pour les montures de lunettes, les joints et certaines pièces industrielles et qu'on réalisa en Allemagne les premiers caoutchoucs synthétiques.

ÉVOLUTION ACCÉLÉRÉE

A partir de cette époque, les produits se sont multipliés à une cadence toujours plus rapide. Il ne saurait être question de les passer tous en revue et la simple énumération de leurs noms rébarbatifs serait fastidieuse pour le lecteur non averti. Il nous faut cependant citer particulièrement les résines polyvinyliques aux multiples applications et dont on fabrique annuellement 200 000 t aux Etats-Unis (16 000 t en France), les acryliques (Plexiglas), les aminoplastes (Polloplas), les polyamides (Nylon et Rilsan), les caoutchoucs synthétiques à base d'isoprène, auxquels sont venus s'ajouter pen-

des principaux plastiques dans le monde compris les fibres textiles)

AMINOPLASTES

vernis, colles, glaces de sécurité, pièces moulées, isolants, tabletterie, jouets, boutons, décoration imprégnation de tissus, stratifiés.

POLYSTYRÈNES

tabletterie, articles ménagers, lustrerie, articles d'hygiène, flaconnage, articles pour réfrigérateurs, boutons, jouets, emballage, carrelages muraux, isolants haute-fréquence.

PHÉNOPLASTES

pièces moulées, isolants, articles domestiques, stratifiés, agglomérés, tabletterie, boutons, articles de bureau, jouets, décoration, vernis, adhésifs, imprégnation des bois, meules, moules de fonderie.

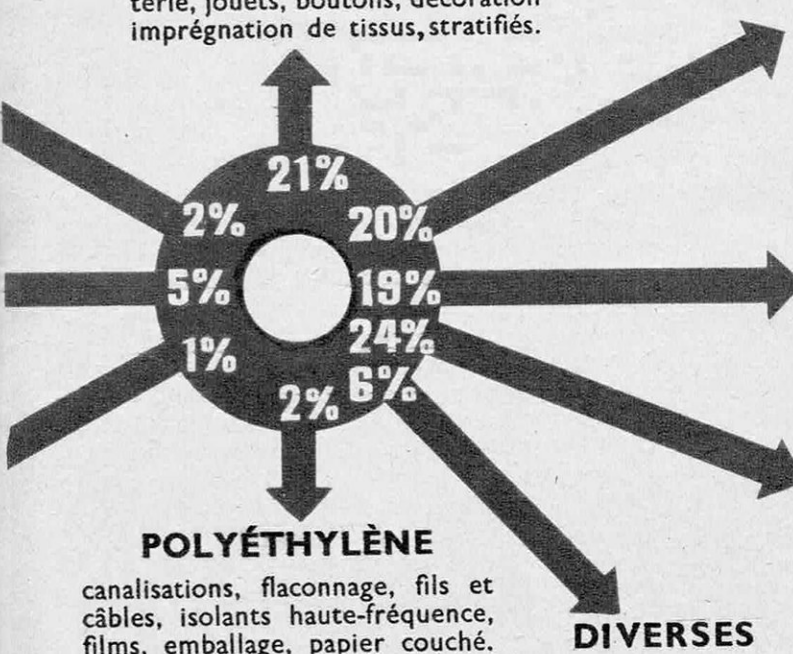
VINYLIQUES

tubes, tuyaux, profilés, poudre à mouler, isolants pour câbles, disques, films, vêtements imperméables, rideaux de bain, enduction de tissus, housses, maroquinerie, revêtements de sols, emballage, industrie chimique, colles, adhésifs, décoration, cartes à jouer, instruments de dessin.

POLYÉTHYLÈNE

canalisations, flaconnage, fils et câbles, isolants haute-fréquence, films, emballage, papier couché.

DIVERSES



dant la dernière guerre le polyéthylène, les mélamines, les polyesters, les silicones, les résines éthoxylinées, etc.

L'après-guerre perfectionne les qualités de ces produits, améliore leurs méthodes de transformation. Tous les ans naissent de nouveaux corps dont on ne peut, pour les plus récents, juger de l'intérêt pratique faute d'un recul suffisant.

Le tableau, page 7 montre comment on peut classer par grandes catégories les diverses matières plastiques (non compris les fibres textiles) d'après les tonnages produits dans le monde.

LES PLASTIQUES DANS LE MONDE

Jusque vers 1950, les pays producteurs de matières plastiques étaient ceux dont les ressources en énergie et le potentiel industriel atteignaient un niveau élevé. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner de trouver en tête les Etats-Unis, l'Allemagne et l'Angleterre. Le développement des plastiques en France a été et reste encore lent. Nous venons en cinquième position après le Japon, suivis de l'Italie.

En 1952, la production mondiale atteignait 1 600 000 t dont 850 000 aux Etats-Unis, 170 000 en Angleterre et en Allemagne, 50 000 au Japon, 35 000 en France. Le taux d'accroissement annuel varie, suivant les pays, entre 13 et 35 %, ce qui montre le dynamisme qui anime cette jeune industrie. En 1953, il a été fabriqué dans le monde 1 800 000 t de plastiques proprement dits, auxquels il faudrait ajouter 1 900 000 t de fibres synthétiques. Le chiffre de 1 800 000 t représente, en volume, une production égale ou supérieure à celle de métaux comme l'aluminium, le zinc ou le plomb, et environ 15 % de celle de l'acier.

Les Etats-Unis, à eux seuls, fournissent les deux tiers du tonnage mondial. C'est aussi le pays où la consommation annuelle, exprimée en kilogrammes par habitant se montre la plus forte, comme le montre le tableau page 4.

LES PLASTIQUES EN FRANCE

En France, le niveau de la production en 1953 représente sept fois celui de 1938 (46 000 t contre 6 500), mais notre part dans la production mondiale ne dépasse pas 2 à 3 %. Il est probable qu'en 1954, les 50 000 tonnes seront dépassées.

On ne peut évidemment s'attendre à ce que nous exportions beaucoup. Les 3 300 tonnes exportées en 1953 consistent surtout en résines vinyliques et aussi en polyamides.

Nos importations par contre sont appréciables et s'élevaient à plus de 15 000 t pour 1953. Le polystyrène, en provenance surtout du Canada

et des Etats-Unis, représentait 5 500 tonnes, mais les programmes de fabrication de trois producteurs français de polystyrène sont destinés à couvrir largement nos besoins et il n'est pas impossible qu'en 1956 la France devienne exportatrice. Les résines vinyliques représentaient 3 400 tonnes, mais ici encore les besoins nationaux seront sans doute couverts en 1956.

LES PLASTIQUES, MATÉRIAUX UNIVERSELS ?

Qu'on l'envisage dans l'immédiat ou à longue échéance, l'avenir des matières plastiques apparaît très brillant. Peut-il en être autrement quand on trouve déjà dans le commerce des fibres synthétiques sous des formes aussi diverses que des corsets et des parachutes, des maillots de bain et des fleurs artificielles, des caleçons et des voiles pour bateaux, quand après avoir conquis le domaine des articles utilitaires et des jouets, les matières plastiques prétendent assurer les distributions d'eau et gaz et revêtir jusqu'aux murs de nos habitations, quand, dominant déjà toute l'électrotechnique, elles étendent leurs applications aux industries mécaniques avec les engrenages silencieux, les paliers de laminoirs, les noyaux de fonderie et maintenant les matrices d'emboutissage, quand on nous annonce des cellules d'avions, des carrosseries d'automobiles plus légères, de nouveaux revêtements incorrodables, des adhésifs plus efficaces ?

On est ainsi tenté de voir dans les matières plastiques une classe de matériaux pratiquement universels. Une première restriction s'impose quant à l'emploi d'un plastique déterminé. Vouloir réaliser des objets en une matière non adaptée au service qu'on attend d'elle est une erreur ; c'est risquer d'éloigner l'utilisateur de matériaux de valeur. Il faut les affecter à des emplois pour lesquels ils sont vraiment prédestinés, et ils apparaissent nombreux dans le secteur industriel qui, semble-t-il, va prendre le pas sur le secteur utilitaire dans les dix prochaines années. Sous la seule réserve d'être judicieusement choisis et convenablement mis en œuvre, les plastiques sont synonymes de progrès.

Les industries les plus diverses suivent de près les procédés et découvertes susceptibles d'apporter des solutions techniques ou économiques de leurs problèmes. Les principaux atouts des plastiques sont l'amélioration des qualités d'aspect, des qualités isolantes, la légèreté, l'incorrodabilité, la résistance aux chocs, au frottement, la rapidité ou la simplicité de fabrication, le prix de revient unitaire des pièces souvent inférieur par rapport aux matériaux traditionnels. Les avantages des plastiques,

Aucun des matériaux traditionnels n'aurait permis → de réaliser ce nez de fuselage en Plexiglas d'un avion moderne, peu fragile et très léger, qui assure au pilote un champ de vision maximum. Ci-dessous, l'enveloppe des ballons dont on voit le lancement est constituée par une feuille plastique de polyéthylène.

s'ils ne se traduisent pas par une telle économie de prix de revient, peuvent se manifester par une utilisation elle-même plus économique, par exemple durée de service plus longue, commodité d'emploi supérieure.

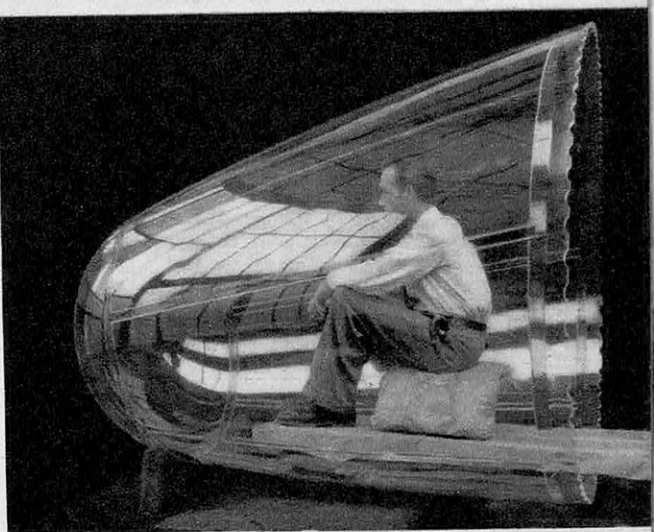
Est-il besoin de souligner que le domaine des matières plastiques est en continuelle évolution? Les matières existantes s'améliorent progressivement, des produits nouveaux viennent concurrencer les anciens, les procédés de fabrication et les techniques de transformation se perfectionnent.

LE PRIX DE REVIENT

Il faut de l'énergie pour bâtir les grandes molécules des plastiques, il en faut à nouveau pour les transformer en objets manufacturés. Le prix d'une réalisation sera d'autant plus bas qu'il faudra moins d'énergie pour fabriquer la matière et la transformer et que les séries seront plus importantes. Les producteurs cherchent à mettre au point industriellement des procédés d'élaboration chimique à partir de produits de base bon marché. Les transformateurs réclament des demi-produits susceptibles d'être traités avec des matériels consommant un minimum d'énergie. Ainsi le mouleur désire des matières moulables à des pressions et des températures aussi basses que possible dans des moules réalisés en matériaux économiques. Si, depuis peu, les polyesters ont connu un développement considérable, c'est parce qu'ils répondent à cette tendance (moulage à pression atmosphérique ou peu élevée, à froid ou à température moyenne, moules de prix assez bas). D'autre part, l'automatisme des matériels de transformation réduit l'intervention de l'homme et assure une régularité plus grande des productions, en même temps qu'une réduction du prix de revient. Enfin, considération non moins importante du point de vue commercial, la grande série appelle la normalisation et l'établissement de Marques de qualité qui garantissent à l'utilisateur que le produit qui lui est livré répond bien à ses besoins.

LA CHIMIE N'A PAS DIT SON DERNIER MOT

Sur le plan le plus général, c'est presque un lieu commun que d'affirmer que la recherche est le plus sûr garant de l'avenir. Dans tous les



pays du monde, et en France en particulier, l'industrie chimique à laquelle l'industrie des plastiques est étroitement liée, s'équipe en laboratoires et centres de recherches. Les grandes Sociétés françaises investissent une part importante de leur budget dans cette voie qui s'est toujours révélée fructueuse.

MOLÉCULES NOUVELLES

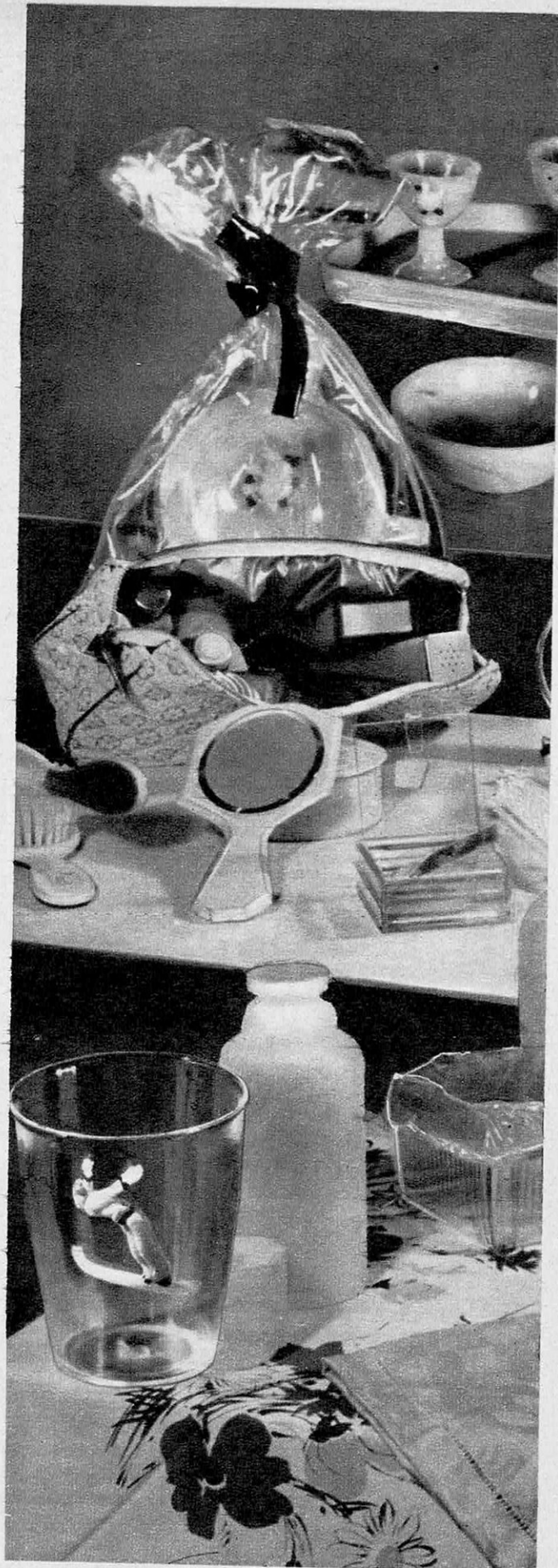
Pendant trois quarts de siècle, si on remonte au celluloïd, ce sont les molécules à atomes principaux de carbone qui ont régné seules sur la chimie des grosses molécules ; aujourd'hui, des molécules géantes contiennent des motifs où le silicium joue, comme le carbone, un rôle fondamental et donnent des produits aux propriétés extraordinaires qui n'en sont encore qu'au début de leur développement. Les chercheurs d'outre-Atlantique s'attaquent à la construction de molécules où des métaux joueraient un rôle analogue ; on n'est pas encore arrivé à créer de grandes molécules métalliques, mais il n'est pas impossible qu'on y parvienne.

Tout récemment, on a pu améliorer certains plastiques en utilisant les radiations à grande énergie d'une pile atomique. Nous sommes là tout au début d'un développement de portée incalculable. L'action des radiations de grande énergie provoque des branchements et des liaisons nouvelles entre les chaînes moléculaires qui transforment les caractéristiques des polymères qui y sont soumis. On aperçoit la possibilité, en utilisant les résidus des désintégrations nucléaires des piles et les radiations qu'ils émettent, de conduire les réactions de polymérisation à basse température, d'obtenir des composés inédits sans intervention de catalyseurs.

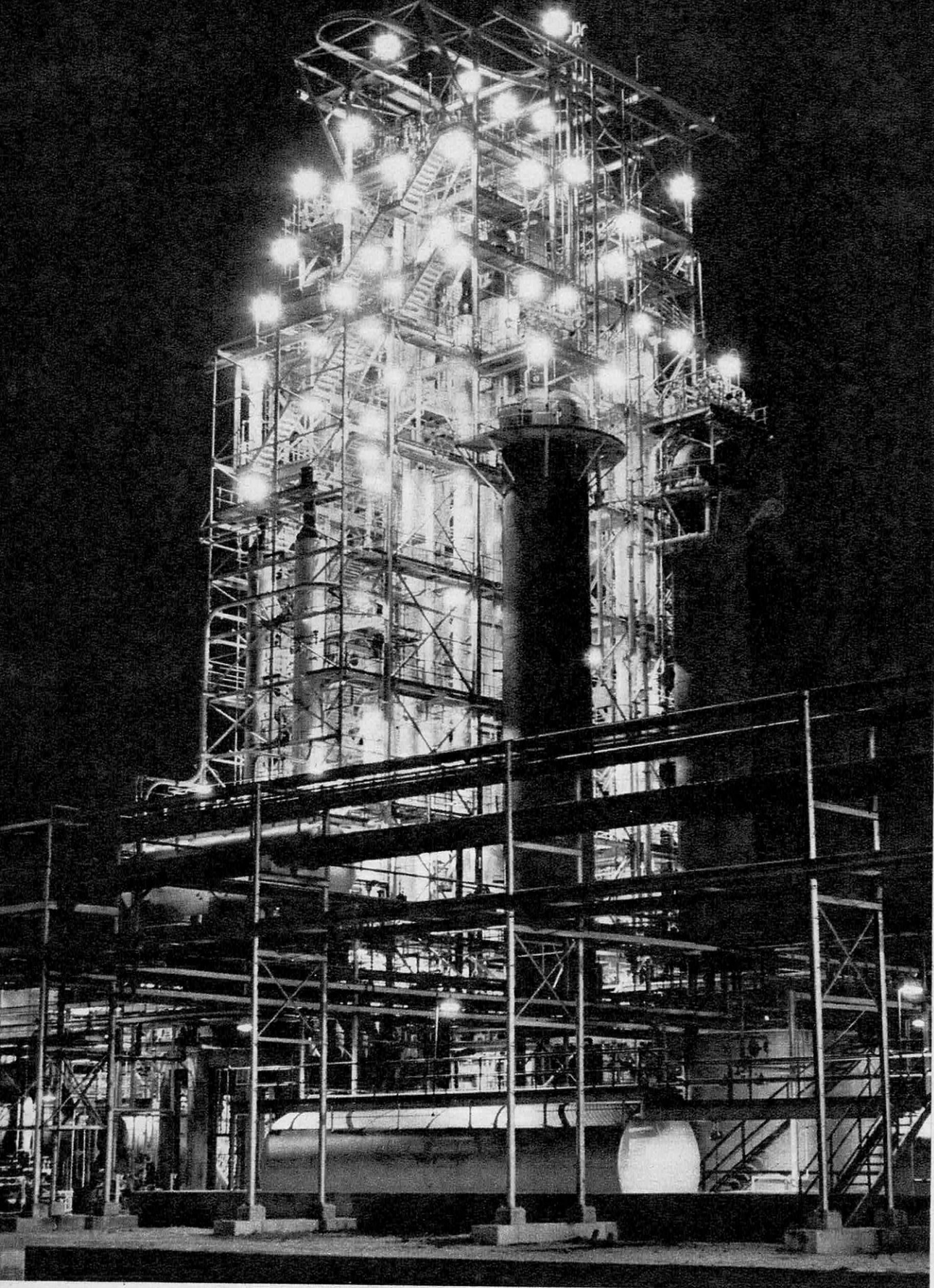
Sous le triple aspect commercial, technique et scientifique, les possibilités de développement des plastiques sous leurs multiples formes apparaissent pratiquement illimitées. L'histoire des civilisations a trouvé commode de caractériser une époque par la matière que l'homme y a mise en œuvre le plus volontiers. De même qu'à l'Age de pierre a succédé l'Age de bronze, puis de fer, sans doute les historiens futurs seront-ils tentés d'appeler notre époque l'Ere des plastiques.

Jacques Combette

Nappes imprimées aux coloris attrayants, verrerie et vaisselle incassables, articles de toilette, étuis à cigarettes, etc., les articles utilitaires en matières plastiques sont d'une infinie variété. L'acheteur se préoccupe peu de connaître la composition exacte de ces matériaux nouveaux, pratiques et bon marché, qui traduisent l'emprise de l'industrie chimique sur notre vie quotidienne.

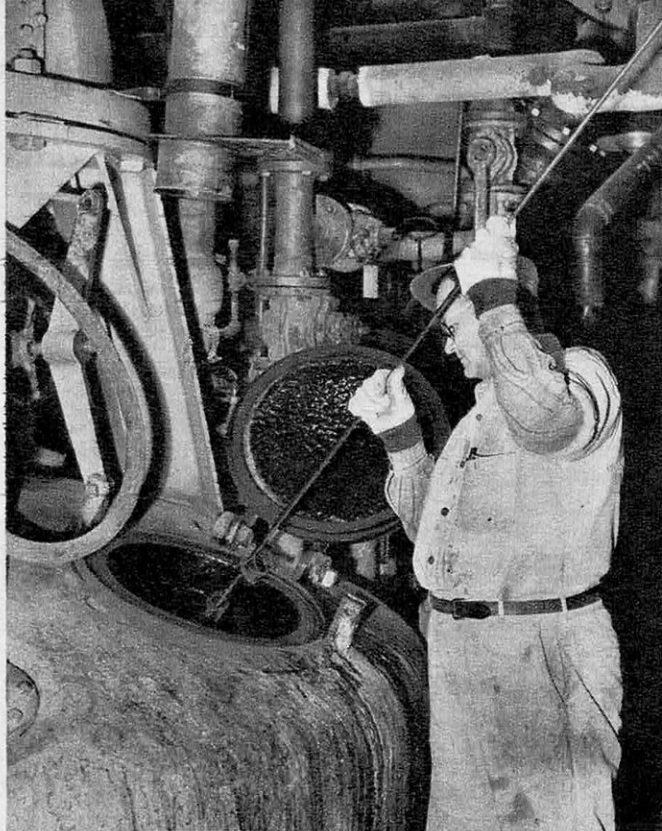






← Le pétrole constitue une des plus importantes sources de matières de base pour l'industrie des plastiques. On voit ici une tour de distillation du styrène à Saint-Louis (Missouri). Le styrène fournit les polystyrènes qui sont employés en particulier à la fabrication d'un grand nombre d'articles utilitaires d'un coloris attirant.

Dans une autre usine, un ouvrier → prélève un échantillon dans un réacteur où s'élaborent par polycondensation les résines formo-phénoliques, classe de résines thermodurcissables dont le type bien connu est la Bakélite.



Monsanto Chemical C*

LES MOLÉCULES GÉANTES

Plastiques, Fibres textiles, Caoutchoucs

LES matières plastiques, les fibres naturelles, artificielles ou synthétiques, les caoutchoucs naturels ou de synthèse ont tous en commun d'être constitués par des molécules géantes ou **macromolécules**.

On désigne scientifiquement sous le nom de **hauts polymères** ces substances dont les molécules sont engendrées par la répétition de petits assemblages atomiques identiques ou **monomères**. L'opération qui consiste à passer, par simple addition, d'un monomère donné au haut polymère correspondant est dite réaction de **polymérisation**.

Il existe des hauts polymères naturels, tels que la cellulose ou le caoutchouc, tandis que d'autres substances de ce type peuvent être obtenues soit par réaction chimique sur ces hauts polymères naturels (cas de la nitrocellulose), soit par synthèse totale à partir de composés de base de la chimie organique

(Nylon, chlorure de polyvinyle). On a ainsi, suivant le cas, des hauts polymères naturels, artificiels ou entièrement synthétiques.

La chimie macromoléculaire se distingue principalement de la chimie organique classique par la taille beaucoup plus élevée des molécules qu'elle traite. Dans une molécule géante, en effet, ce ne sont pas seulement les propriétés physiques et chimiques du motif atomique qui influent sur le produit obtenu, mais également la structure du haut polymère, c'est-à-dire la manière dont sont assemblés dans l'espace les différents motifs qui le constituent.

L'aptitude des molécules géantes à donner naissance à des matières plastiques, ou à des fibres, ou bien encore à des élastomères (ce terme désigne à la fois les caoutchoucs naturels et synthétiques) dépend en grande partie de la forme de leurs enchaînements atomiques.

STRUCTURE DES HAUTS POLYMERES.

Les macromolécules peuvent être en effet **linéaires**, lorsque les enchaînements des groupes atomiques se développent dans une seule direction et donnent à la molécule polymérisée l'aspect filiforme. Ces chaînes de molécules filiformes sont rangées parallèlement les unes aux autres, la cohésion de la matière étant assurée seulement par des forces d'attraction latérale entre les chaînes, beaucoup plus faibles que celles des liaisons atomiques.

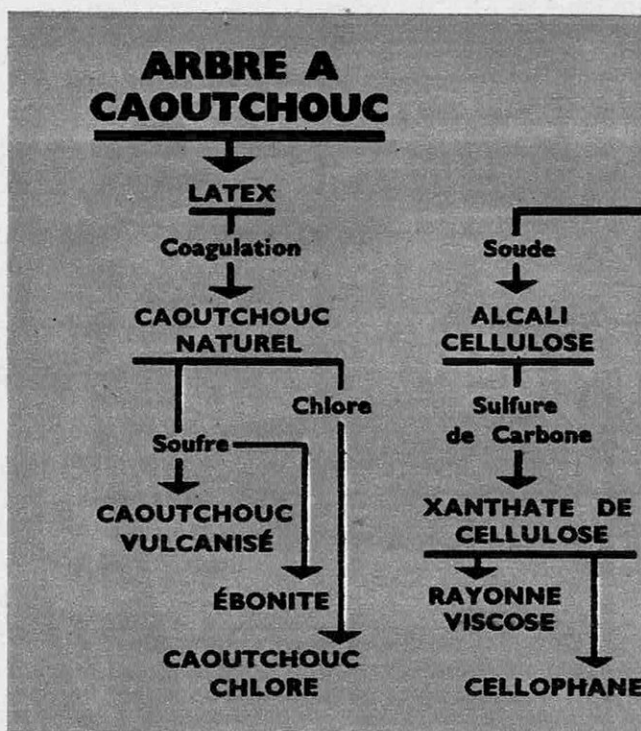
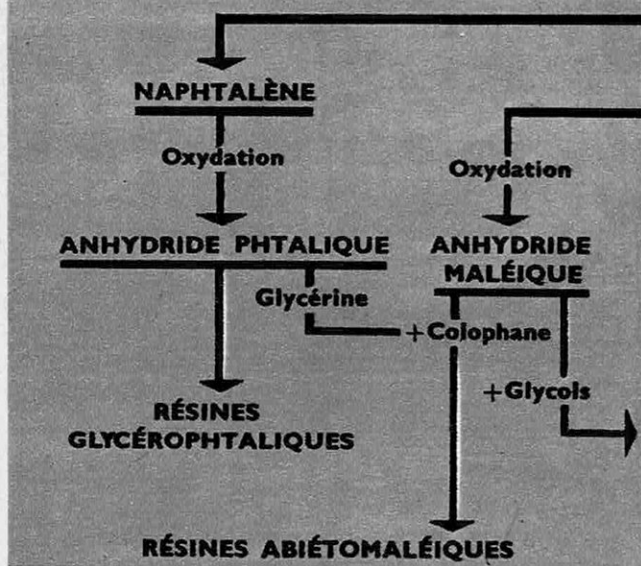
Le caoutchouc à l'état naturel, la cellulose, la fibroïne de la soie et les fibres synthétiques comme le Nylon appartiennent à ce groupe de macromolécules linéaires. A cette classe se rattachent également les autres polymères dits **thermoplastiques**, c'est-à-dire ceux qui peuvent être amollis par l'action de la chaleur et reprennent, en se refroidissant, leur forme initiale, ceci autant de fois qu'on le désire. Tel est le cas des matières plastiques comme le polystyrène, les résines vinyliques.

Les macromolécules peuvent aussi constituer un réseau **tridimensionnel** lorsque les liaisons interatomiques s'étendent dans les trois directions de l'espace, conférant à l'ensemble une grande rigidité. Les matières plastiques appartenant à ce groupe sont dites **thermodurcissables**; elles forment, sous l'action de la chaleur, des réseaux tridimensionnels qui ne peuvent plus reprendre leur aspect primitif par refroidissement. Tel est le cas des résines formophénoliques (Bakélite) et des aminoplastes (Pollopas).

Il est possible également de créer des réseaux tridimensionnels en branchant des « ponts » entre les chaînes macromoléculaires filiformes. C'est ainsi que l'on vulcanise le caoutchouc en créant entre les chaînes qui le constituent des « ponts » formés par des atomes de soufre. En multipliant les points d'attache entre les macromolécules linéaires, on peut alors aboutir à un réseau rigide. Le caoutchouc conduit de cette façon à l'ébonite qui contient 30 % de soufre et ne possède plus les propriétés élastiques du caoutchouc naturel ou vulcanisé à 7 % de soufre seulement. On a pu définir un **indice de réseau** par le nombre de liaisons transversales existantes pour 100 liaisons longitudinales. On arrive ainsi aux indices de réseau donnés dans le tableau ci-dessous, qui vont en croissant à mesure que l'on passe des chaînes monodimensionnelles aux réseaux à trois dimensions de plus en plus rigides.

Indice de réseau

- Cellulose naturelle .. Voisin de 0
- Caoutchouc naturel . Voisin de 0



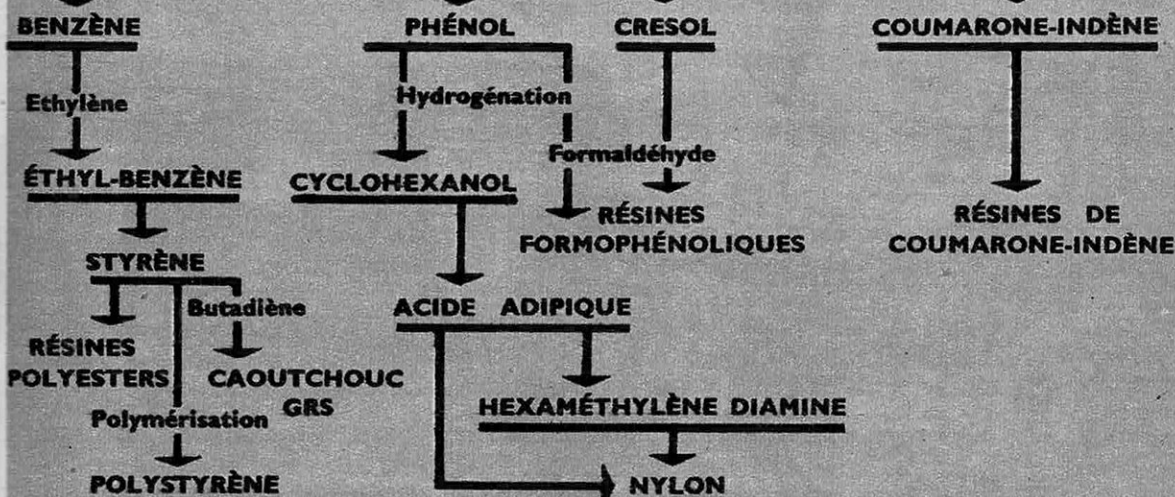
- Polystyrène Faible : 3 à 5
- Caoutchouc vulcanisé Moyen : 5 à 10
- Ebonite Elevé : 10 à 20
- Résine formo-phénolique Très élevé : env. 50

Les autres aspects de la structure des hauts polymères se rapportent au **degré d'orientation** des macromolécules qui les composent, c'est-à-dire au caractère de plus ou moins grande symétrie de l'arrangement moléculaire.

Les macromolécules à haut degré de symétrie, par suite de leur tendance à s'orienter

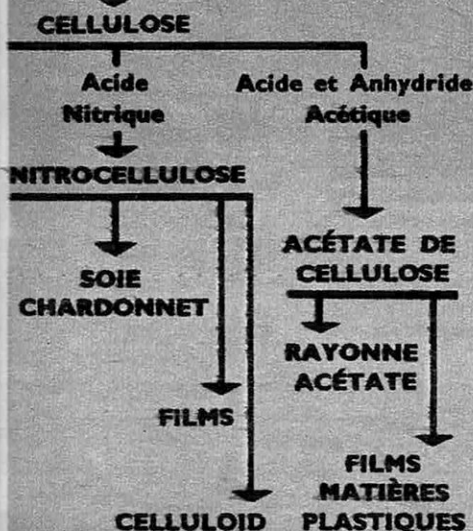
H O U I L L E

Distillation

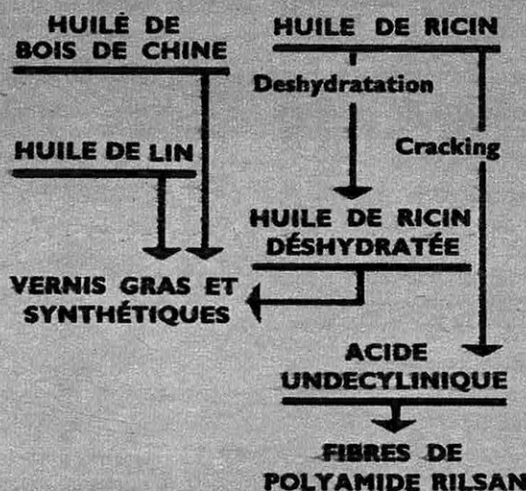


COTON

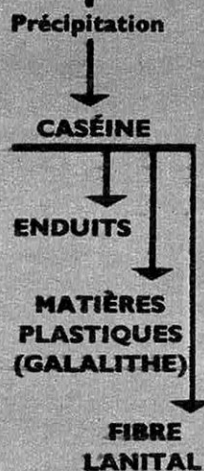
PATE DE BOIS



MATIÈRES GRASSES



LAIT



parallèlement et régulièrement en réseau, donnent des produits à forte résistance mécanique, mais dépourvus d'élasticité. Dans les polymères, on accroît ainsi la ténacité de certaines fibres synthétiques, comme le Nylon ou la rayonne, par l'étirage des filaments au cours du filage. Cet étirage confère, en effet, aux chaînes macromoléculaires un degré élevé d'orientation le long de leur axe et donne à leur arrangement un caractère de symétrie analogue à celui que l'on retrouve dans les réseaux cristallins.

Au contraire, on facilite l'apparition de pro-

priétés élastiques dans les hauts polymères par la présence des substituants latéraux volumineux et la ramification des chaînes, ce qui gêne l'ordonnement des macromolécules en réseaux réguliers.

GRANDEUR MOLÉCULAIRE

Les propriétés chimiques et physiques des hauts polymères dépendent non seulement de leur structure ou de leur orientation dans l'espace, mais également du nombre de fois où le motif atomique initial se trouve répété dans

À l'usine de Springfield de la Monsanto Chemical C^e → les réacteurs dans lesquels s'effectue la transformation du chlorure de vinyle monomère en chlorure de polyvinyle. La résine obtenue est thermoplastique et peut être travaillée par moulage, extrusion ou calandrage.

la macromolécule, c'est-à-dire du degré de polymérisation.

Les substances ayant un degré de polymérisation compris entre 20 et 100, se présentent comme des masses amorphes ou des solides cassants et donnent des solutions à basse viscosité. On les utilise pour cette raison dans la préparation de vernis pour peintures et d'adhésifs.

Par contre, les produits dont le degré de polymérisation varie entre 100 et 1 000 sont déjà plus rigides et moins friables. Ils gonflent avant de se dissoudre et forment des solutions relativement visqueuses. On les utilise fréquemment pour la fabrication d'objets moulés.

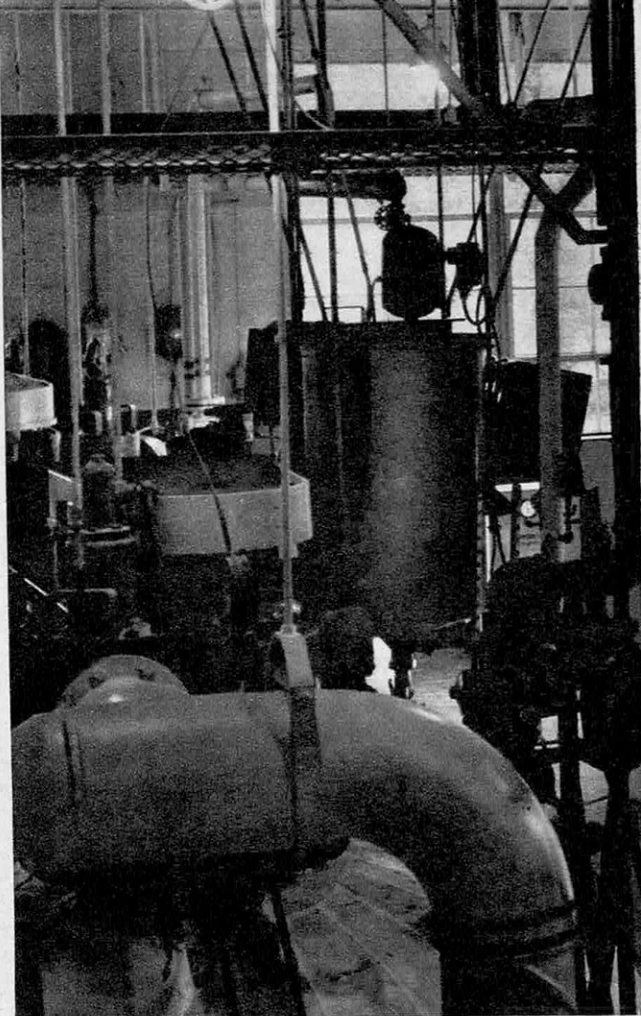
Enfin, les dérivés dont le degré de polymérisation dépasse 1 000 sont en général très résistants et peuvent être utilisés pour produire des films et des filaments. Ils jouissent de propriétés d'élasticité marquées et augmentent énormément de volume avant de se dissoudre, en donnant alors des solutions extrêmement visqueuses.

D'une façon générale, on constate que l'augmentation du poids moléculaire, dans un réseau linéaire, contribue à accroître la résistance à la chaleur, la dureté, la ténacité, la résistance à l'abrasion, ainsi que l'extensibilité. On passe ainsi par gradation des molécules constitutives d'enduit protecteur à celles permettant la formation de fibres et de films.

NATURE CHIMIQUE DES CONSTITUANTS

Les propriétés tant physiques que chimiques des hauts polymères dépendent non seulement de leur structure et de la taille de leurs molécules, mais aussi de la nature chimique de celles-ci. C'est ainsi que la solubilité du produit final, sa résistance à l'eau ou à l'humidité se trouveront influencées par la nature chimique des constituants. Il en est de même, jusqu'à un certain degré, de la résistance à l'abrasion et aussi à l'oxydation, c'est-à-dire de la tenue au vieillissement.

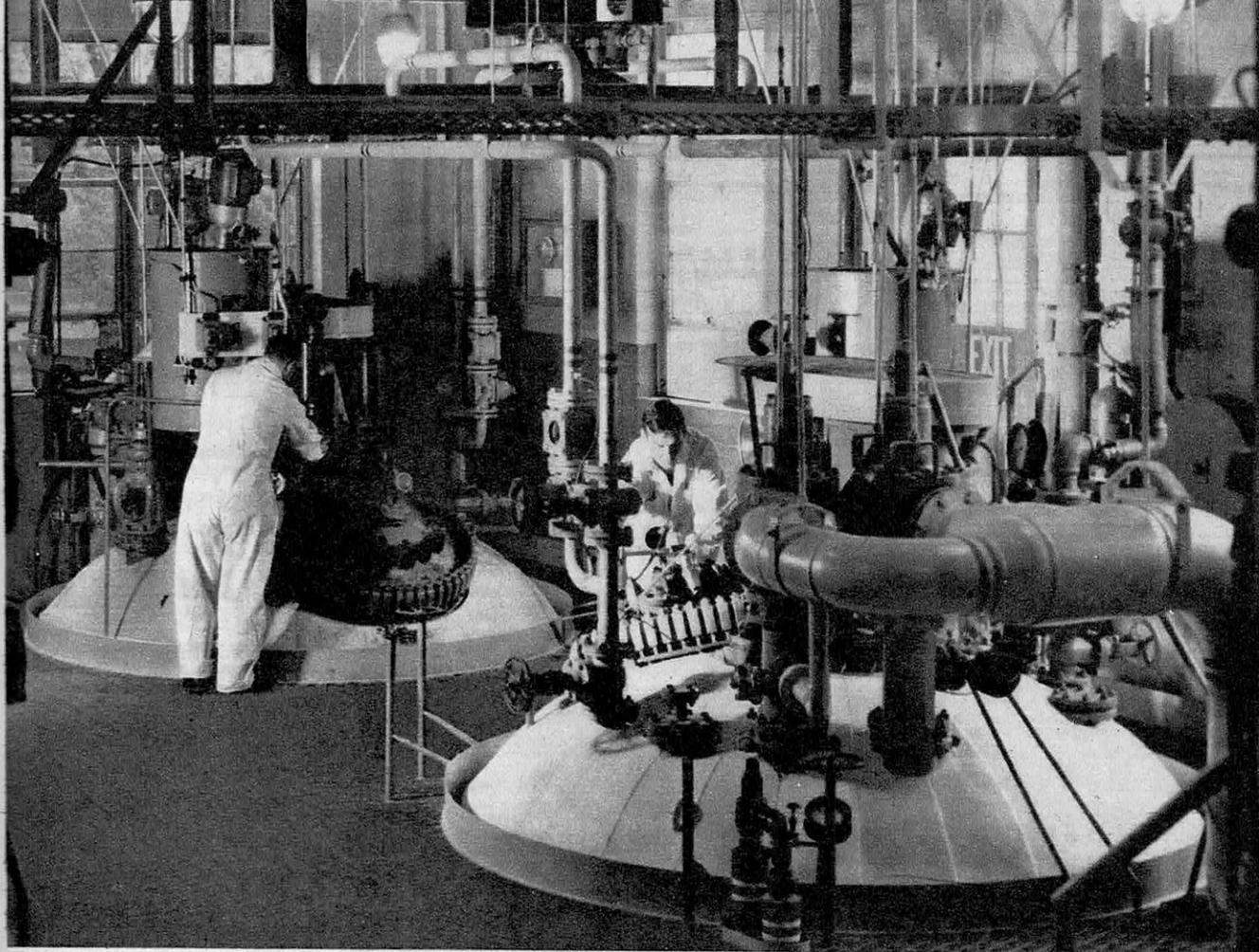
Les propriétés électriques sont également fonction de la composition des molécules constituant le haut polymère. Ainsi des ponts de soufre ou de sulfures, utilisés entre certaines chaînes macromoléculaires, ont pour effet d'augmenter la résistance à l'eau du composé



final (cas de certains élastomères). De même des produits hydrocarbonés, comme le polythène (ou polyéthylène), se trouveront, par leur composition chimique même, jouir d'excellentes propriétés électriques.

Il résulte de ce qui précède que les connaissances acquises dans la structure et l'orientation des macromolécules composant les hauts polymères, dans leur grandeur moléculaire et leurs propriétés chimiques, permettent de prédire, avec une assez bonne approximation, si dans la synthèse d'un nouveau composé on aura affaire à un produit de nature fibreuse, élastique ou rigide.

Si, par exemple, on désire obtenir un nouveau textile synthétique, il faudra rechercher des macromolécules linéaires très symétriques ayant un degré de polymérisation élevé. Si, par contre, on désire aboutir à un élastomère, il faudra recourir à la synthèse de longues chaînes macromoléculaires dissymétriques douées d'une forte flexibilité et d'un faible indice de réseau. Enfin, dans le cas où l'on souhaiterait, par exemple, produire un matériau plastique thermodurcissable, il



faudrait s'adresser à des molécules permettant la constitution de structures tridimensionnelles à indice de réseau élevé.

MODE DE FORMATION DES HAUTS POLYMERES

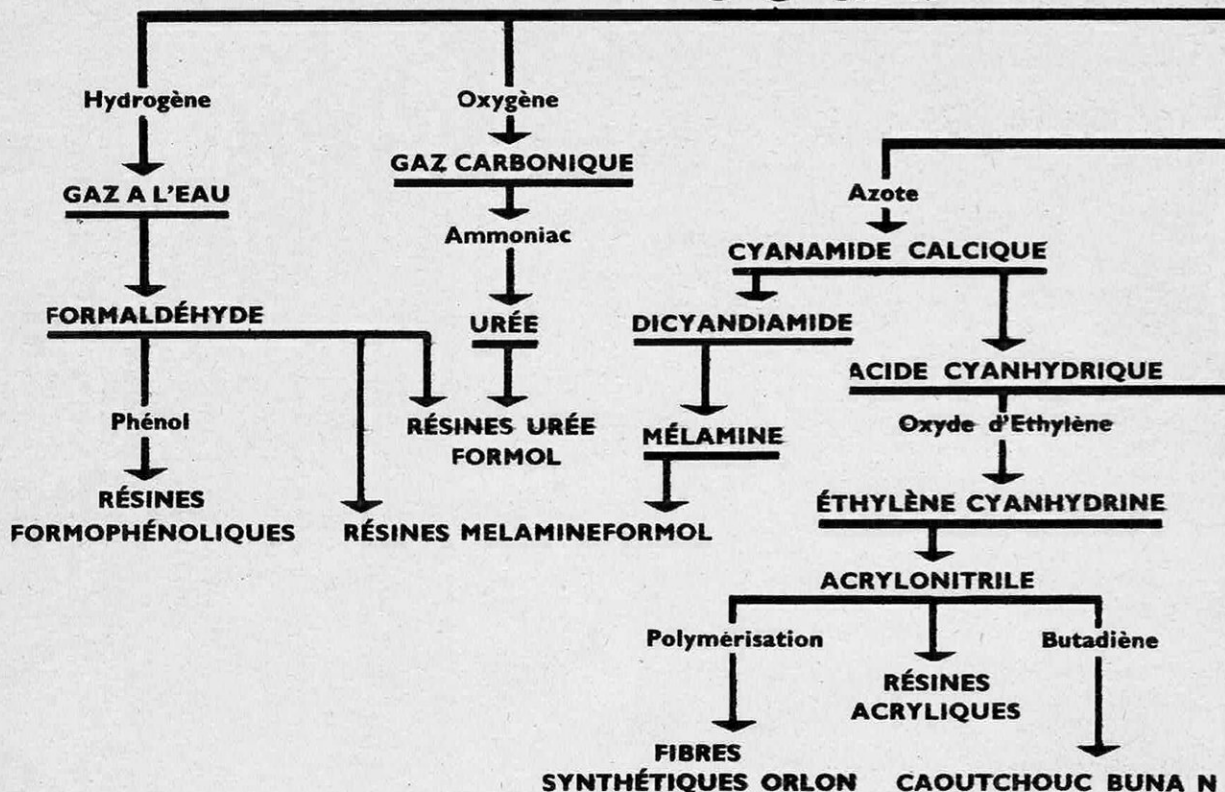
Pour qu'une molécule organique soit susceptible de se combiner avec une autre molécule de même composition ou non, il faut qu'elle présente un certain degré de réactivité, soit qu'il existe dans ces molécules des liaisons encore non utilisées, dites non « saturées », permettant de les associer, soit que soient présents des groupements fonctionnels susceptibles de se combiner les uns aux autres par des réactions de condensation.

Ainsi il existe deux méthodes principales d'obtention des hauts polymères : la première déjà mentionnée, dite de **polymérisation**, consiste à enchaîner les unes aux autres plusieurs molécules identiques d'un même monomère non saturé (on obtient alors un « isopolymère ») ou d'un mélange de deux ou plusieurs monomères différents (on obtient alors un « copolymère ») La seconde consiste à

engendrer des composés macromoléculaires par combinaisons répétées de molécules simples identiques ou différentes s'effectuant le plus généralement avec élimination d'eau. Ces dernières réactions, dites de **polycondensation**, s'effectuent à partir des groupements fonctionnels susceptibles de réagir dans chaque molécule.

En général, les réactions de **polymérisation** à partir de monomères non saturés conduisent à la formation de molécules géantes ayant un squelette linéaire. C'est ainsi que l'on obtient, à partir du styrène, le polystyrène ; à partir de l'acétate de vinyle et du chlorure de vinyle, les acétate et chlorure de polyvinyle respectivement ; à partir de l'éthylène, le polyéthylène ; à partir du méthacrylate de méthyle, le Plexiglas. Certaines réactions de polymérisation peuvent se faire à partir d'un mélange de monomères, comme c'est le cas pour les copolymères acétate-chlorure de vinyle et pour le caoutchouc synthétique du type butadiène-styrène. Les matières plastiques obtenues par ce type de réaction sont, en général, thermostables.

C O K E



Les réactions de **polycondensation** conduisent, de leur côté, à des polymères qui peuvent être soit monodimensionnels, soit au contraire à structure tridimensionnelle. Lorsque les molécules simples ne comportent chacune que deux groupements fonctionnels réactifs, la polycondensation donne des macromolécules linéaires, comme les polyamides genre Nylon et les polyester du type Terylène, nouvelle fibre synthétique. Par contre, lorsque l'une des molécules initiales présente au moins trois groupements fonctionnels réactionnels, la polycondensation se développe dans les trois dimensions de l'espace en formant des réseaux tridimensionnels, comme cela se produit pour les résines glycérophthaliques, ou dans la fabrication des plastiques thermodurcissables du type des formophénoliques (Bakélite) et des aminoplastes.

LES MATIÈRES DE BASE DE LA CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE

Les hauts polymères peuvent exister à l'état naturel, comme c'est le cas pour la cellulose, le caoutchouc. Ils peuvent aussi être obtenus par transformation de ces hauts polymères existant à l'état naturel, et c'est ainsi que l'on prépare les matières plastiques et les fibres artificielles dérivées de la cellulose (cel-

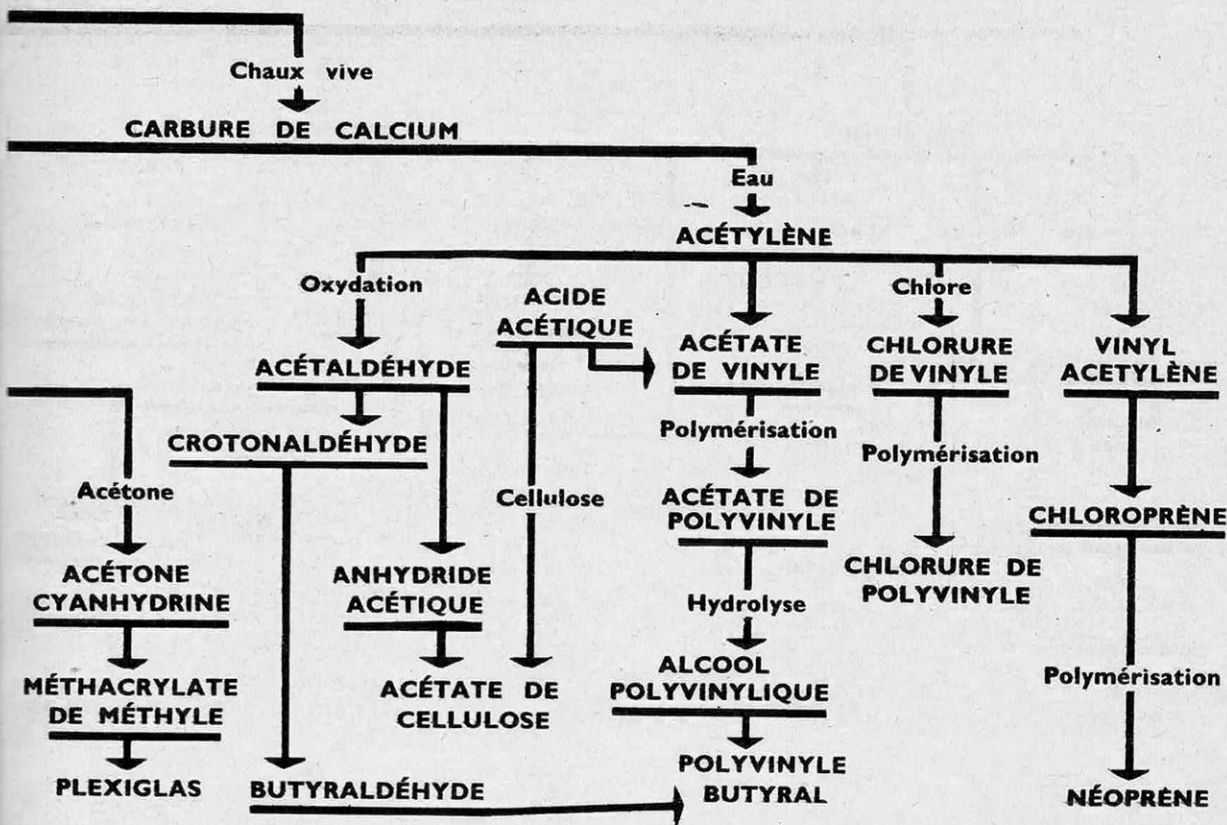
luloïd, rayonne). Enfin, on peut faire une synthèse totale des hauts polymères à partir des composés connus de la chimie organique et l'on obtient alors des produits synthétiques inédits, tels le caoutchouc GRS, le Plexiglas ou le Nylon.

MATIÈRES PREMIÈRES D'ORIGINE VÉGÉTALE OU ANIMALE

Le **caoutchouc naturel** est extrait du latex produit par certaines espèces végétales, comme l'« hevea brasiliensis ». On peut transformer le caoutchouc par l'action du soufre, ce qui permet d'obtenir soit le **caoutchouc vulcanisé**, soit l'**ébonite**, suivant la quantité de soufre introduite. L'action du chlore gazeux sur le caoutchouc non vulcanisé fournit le **caoutchouc chloré** qui est utilisé pour réaliser des films ou des peintures résistant aux acides et aux alcalis.

La **cellulose**, que l'on trouve sous sa forme la plus pure dans le coton et que l'on peut extraire chimiquement de toutes espèces de bois, sert de base à la préparation d'un certain nombre de hauts polymères artificiels ou semi-synthétiques par action chimique.

On peut, par exemple, préparer de la cellulose régénérée en la rendant soluble par un traitement alcalin et en la reprecipitant sous une forme physique différente de celle sous



laquelle elle existe dans la nature. C'est ainsi qu'en attaquant la cellulose à la soude et en faisant réagir cet alcali-cellulose sur le sulfure de carbone, on obtient le xanthate de cellulose. Ce produit peut alors être filé ou coulé après un traitement convenable et l'on aboutit suivant le cas à la fibre de **viscose** ou à la pellicule connue sous le nom de **cellophane** et découverte par le Français Brandenberger, en 1908.

En faisant réagir la cellulose avec des acides minéraux, comme l'acide nitrique, ou organiques, comme l'acide acétique, on obtient des hauts polymères semi-synthétiques, tels le **nitrate de cellulose** ou l'**acétate de cellulose**. Suivant les conditions dans lesquelles on opère la réaction chimique, ainsi que le degré de polymérisation et par conséquent la viscosité obtenue, on peut préparer soit des films, soit des fibres artificielles, soit des matières plastiques. C'est ainsi que le premier textile artificiel a été obtenu par filage à partir de nitrate de cellulose par un Français, le comte de Chardonnet, en 1884 ; tandis qu'une autre fibre synthétique de grande importance à l'heure actuelle et connue sous le nom de rayonne-acétate est obtenue par le filage de l'acétate de cellulose à partir d'une solution dans l'acétone.

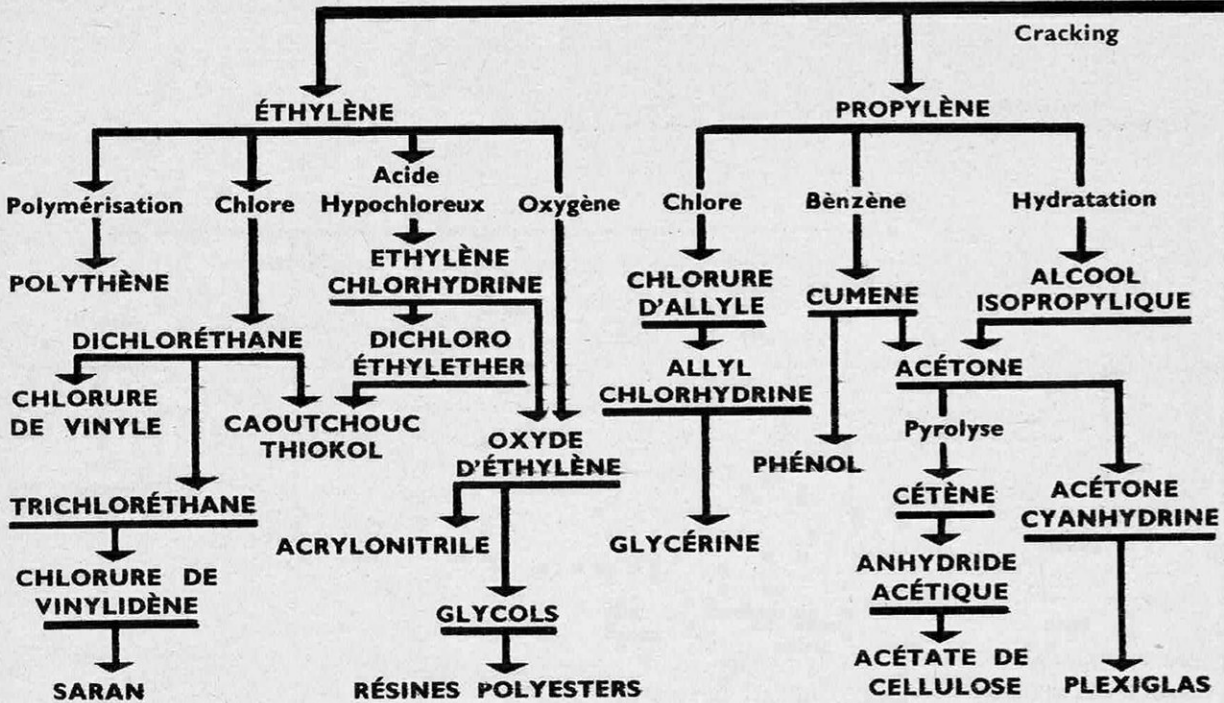
Le nitrate de cellulose ou nitrocellulose est

aussi à l'origine d'une des premières matières plastiques, le **celluloid**, imaginé en 1870 par J.-W. Hyatt et dont les applications sont innombrables. Enfin, cette même nitrocellulose conduit également à des films depuis longtemps employés comme supports de couche sensible en photographie et en cinématographie et qui sont remplacés du reste de plus en plus par des pellicules à l'acétate de cellulose qui présentent un bien moindre degré d'inflammabilité.

La nitrocellulose est, en outre, le constituant principal des vernis dits nitrocellulosiques dont l'essor a été immense après la première guerre mondiale, tant dans l'industrie automobile que dans l'ameublement, en raison de leur rapidité de séchage.

Certaines **matières grasses** d'origine végétale, comme les **huiles siccatives** (huile de lin, huile de bois de Chine ou d'oiticica et huile de ricin deshydratée) ont la propriété de former, par oxydation à l'air, une pellicule dure tridimensionnelle lorsqu'elles sont étendues en couche mince. Elles entrent dans la préparation d'un grand nombre de peintures et vernis.

Récemment l'**huile de ricin** a servi, d'autre part, de matière de base dans la synthèse d'une fibre synthétique du type des polyamides, développée en France sous le nom de « Rilsan ».



Parmi les matières premières naturelles pouvant servir à l'obtention de matières plastiques ou de fibres, il faut encore citer la **caséine**, une protéine contenue à raison de 3 à 4 % dans le lait, d'où on la précipite par action d'un acide dilué. La caséine trouve d'importantes applications tant pour la préparation des papiers « couchés » que dans l'obtention de matières plastiques (Galalithe) ou de fibres ressemblant à la laine (Lanital).

Certaines **résines naturelles** servent également à la préparation de hauts polymères, comme la **colophane** que l'on retire de la gomme de pin et qui est utilisée dans la formulation de peintures et vernis, ou la **gomme laque** d'origine animale longtemps employée dans la fabrication de disques de phonographe.

Autre matière d'origine animale, la **fibroïne**, constituant de la soie extraite des glandes séricifères du ver à soie est, elle aussi, un haut polymère.

MATIÈRES PREMIÈRES D'ORIGINE MINÉRALE : LA HOUILLE

La distillation de la houille fournit des goudrons dont on peut extraire, en particulier, le **phénol** et le **crésol** qui permettent de préparer les polymères formophénoliques. Les goudrons renferment également, bien qu'en faible proportion, du **styrène** susceptible de servir à la

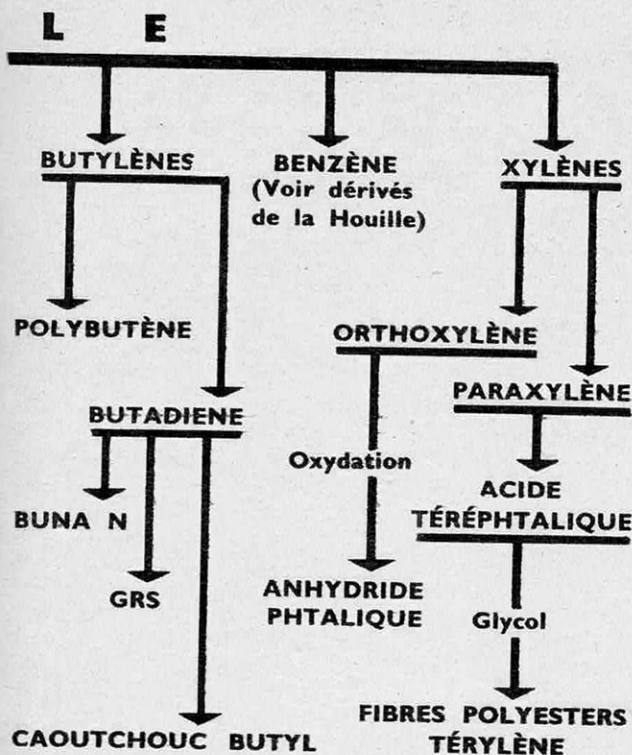
préparation du polystyrène. On y trouve également la **coumarone** et l'**indène** qui, par polymérisation, fournissent des résines employées pour les applications les plus diverses (chewing-gum, vernis, encre d'imprimerie, etc.). Par distillation, la houille donne, en outre, une série importante de carbures aromatiques et, plus particulièrement, le **benzène**.

Le benzène peut, en effet, réagir sur l'éthylène, ce qui conduit au styrène, monomère servant à la préparation industrielle du **polystyrène**, importante matière plastique introduite pour la première fois commercialement en Allemagne, vers 1930.

Le styrène est également un des copolymères, avec le butadiène, dans la synthèse du **caoutchouc synthétique GRS**.

Par ailleurs, le benzène est une des matières premières pour la synthèse du **phénol**. Le phénol lui-même sert non seulement, comme on l'a vu, à la préparation de résines formo-phénoliques, mais également à l'obtention du cyclohexanol et de deux dérivés : l'acide adipique et l'hexaméthylène-diamine, qui conduisent par polycondensation au **Nylon** mis au point, en 1935, par l'Américain Carothers.

Une autre matière première importante dérivée du benzène est l'**anhydride maléique** employé avec la colophane et la glycérine dans la fabrication de résines pour vernis, et également avec certains dialcools et le styrène pour la synthèse de nouvelles résines du type **polyester**.



On trouve également parmi les dérivés du gaz de houille le naphthalène, corps particulièrement important parce qu'il permet d'obtenir l'anhydride phtalique qui, par polycondensation avec la glycérine, donne naissance à un type très répandu de résines dites **glycérophtaliques**, principalement utilisées dans la préparation de vernis et enduits au four pour carrosseries automobiles en particulier.

LE COKE

Le coke est encore plus important que la houille elle-même comme matière première en chimie macromoléculaire. En effet, par action sur la chaux, il donne le carbure de calcium qui sert à la préparation, d'une part, de l'acétylène, d'autre part, de la cyanamide calcique.

L'acétylène, pour sa part, permet la synthèse d'un grand nombre de hauts polymères et, en particulier, de dérivés vinyliques : le **chlorure de polyvinyle**, importante matière plastique servant à la fabrication de feuilles, plaques, tubes, joncs et articles moulés ; l'**acétate de polyvinyle**, employé à la préparation de peintures émulsionnées, de colles et pour la copolymérisation avec le chlorure de vinyle, le copolymère obtenu combinant d'intéressantes caractéristiques de solubilité et de ténacité ; le **polyvinyle-butyril**, principalement utilisé dans la préparation des verres de sécurité ; l'**alcool polyvinylique**, obtenu par l'hydrolyse de l'acétate de polyvinyle et de plus en plus employé

comme apprêt pour fibres et comme liant ainsi que pour les adhésifs.

L'acétylène est également à la base de la synthèse permettant d'obtenir le **chloroprène** et par polymérisation le **néoprène**, important caoutchouc synthétique dont le latex constitue une excellente base pour adhésifs. Le néoprène est le premier élastomère de synthèse qui ait été commercialisé, aux Etats-Unis.

La **cyanamide calcique**, de son côté, est obtenue en fixant l'azote atmosphérique sur le carbure de calcium. Elle permet de fabriquer la **mélamine** qui, par polycondensation avec le formol, conduit aux résines de mélamine découvertes en Suisse, vers 1938, et très utilisées pour la confection d'objets moulés.

La cyanamide calcique est aussi une source d'**acide cyanhydrique** que l'on peut employer ensuite pour la synthèse de l'**acrylonitrile**. Ce dernier produit est un des constituants du caoutchouc synthétique du type « **buna N** » et de certaines fibres et résines acryliques. L'acide cyanhydrique peut, d'autre part, réagir sur l'acétone pour donner l'acétone-cyanhydrine, matière première dans la synthèse du méthacrylate de méthyle qui, par polymérisation, fournit le verre organique connu sous le nom de **Plexiglas** et dont la production a commencé en Allemagne dès 1927.

Le coke est également important parce qu'il permet, par réaction avec la vapeur d'eau, d'obtenir le **gaz à l'eau**, mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

C'est à partir du gaz à l'eau que l'on prépare le **formaldéhyde**, une des matières de base dans la synthèse par polycondensation de résines **formo-phénoliques** (Bakélite), ainsi que de résines d'**aminoplastes** comme celles d'urée-formol (Pollopas) et de mélamine-formol.

Ces trois types des hauts polymères appartiennent à la classe des résines thermodurcissables et sont principalement utilisés pour la fabrication d'objets moulés par compression, ainsi que dans certains vernis et aussi comme colles dans la préparation du contreplaqué.

Le coke est également la source du gaz carbonique qui est utilisé dans la synthèse de l'**urée** par action de l'ammoniac. L'urée obtenue comme nous venons de le voir, est utilisée à la préparation d'un type important de matières plastiques de la catégorie des aminoplastes, développé pour la première fois par le Viennois Pollak, en 1920, et connu à l'origine sous le nom de **Pollopas**.

LE PÉTROLE

Les autres matières premières importantes dans la chimie macromoléculaire sont des **gaz non saturés**. Ils peuvent être obtenus, comme

l'éthylène, à partir des gaz des fours à coke ou par cracking du pétrole. Certains, par contre, tels le propylène et les butylènes sont extraits exclusivement du pétrole.

Les nouvelles techniques de raffinage (platforming, reforming) permettent maintenant d'obtenir aussi à partir du pétrole des hydrocarbures comme le benzène, dont nous avons déjà énuméré les importants emplois, le **toluène** et les **xylènes**.

Parmi ces derniers, l'**orthoxyène** permet, par une nouvelle synthèse, la production d'anhydride phtalique, tandis que le **paraxyène** est à l'origine de la préparation de l'**acide téraphthalique** qui, par polycondensation avec le glycol, fournit la nouvelle fibre synthétique du type polyester connue sous le nom de **Térylène** ou de **Dacron**.

L'**éthylène** prend son importance du fait qu'il permet la synthèse d'un grand nombre de monomères : par l'action du chlore sur l'éthylène on peut obtenir, en effet, le dichloréthane puis, à partir de ce dernier produit, le chlorure de vinyle et aussi un élastomère de synthèse résistant aux solvants, le caoutchouc **Thiokol**.

On peut aussi, à partir de l'éthylène, obtenir le chlorure de vinylidène qui se polymérise pour donner une fibre synthétique connue aux Etats-Unis sous le nom de **Saran** et employée, en particulier, pour la fabrication des housses de voiture.

C'est à partir de l'éthylène chlorhydrine que l'on prépare généralement l'**oxyde d'éthylène**, bien que celui-ci s'obtienne aussi par oxydation directe de l'éthylène. L'oxyde d'éthylène fournit ensuite les **glycols**, très utilisés à présent dans la synthèse de résines et de fibres de la classe des polyesters. De l'oxyde d'éthylène, on peut passer par action de l'acide cyanhydrique à l'**acrylonitrile** dont on a vu les importants emplois.

On a indiqué plus haut que l'éthylène conduit par réaction sur le benzène au styrène monomère, puis au polystyrène. Par ailleurs, la polymérisation de l'éthylène à haute pression fournit une matière plastique inerte et aux propriétés électriques particulièrement intéressantes plus connue sous le nom de **polyéthylène** ou de **polythène**.

Le **propylène**, de son côté, prend tout son intérêt de ce qu'il permet de préparer, d'une part, le chlorure d'allyle et, d'autre part, l'alcool isopropylique.

Le **chlorure d'allyle** est transformé en allylchlorhydrine, ce qui conduit à la **glycérine** de synthèse. La glycérine, comme nous l'avons déjà vu, donne, par polycondensation avec l'anhydride phtalique et modification éventuelle au moyen d'huiles siccatives ou non,

l'importante classe des résines glycérophthaliqes.

Quant à l'**alcool isopropylique**, c'est la matière de base pour la synthèse, désormais universellement répandue, de l'**acétone** qui permet, à son tour, de préparer, d'une part, l'anhydride acétique et, d'autre part, l'**acétone-cyanhydrine**.

L'anhydride acétique est particulièrement utilisé pour la fabrication de l'**acétate de cellulose**, tandis que l'acétone-cyanhydrine conduit au **méthacrylate de méthyle** et de là aux résines méthacryliques dont l'un des types les plus connus est le verre Plexiglas.

Le propylène peut se combiner au benzène, le **cumène** ainsi obtenu permettant d'obtenir simultanément le phénol et l'acétone.

Les **butylènes** enfin sont à l'origine de l'obtention, d'une part, de caoutchoucs du type **polybutène** et, d'autre part, du **butadiène**. Le butadiène sert à préparer, par copolymérisation avec l'acrylonitrile, le caoutchouc synthétique **Buna N** et, avec le styrène, un autre élastomère de synthèse, le caoutchouc américain **GRS**, qui a remplacé le caoutchouc naturel pendant la dernière guerre. Enfin, le butadiène est également à la base de l'une des synthèses de **caoutchouc butyl**, employé de plus en plus pour la confection de chambres à air.

CONCLUSION

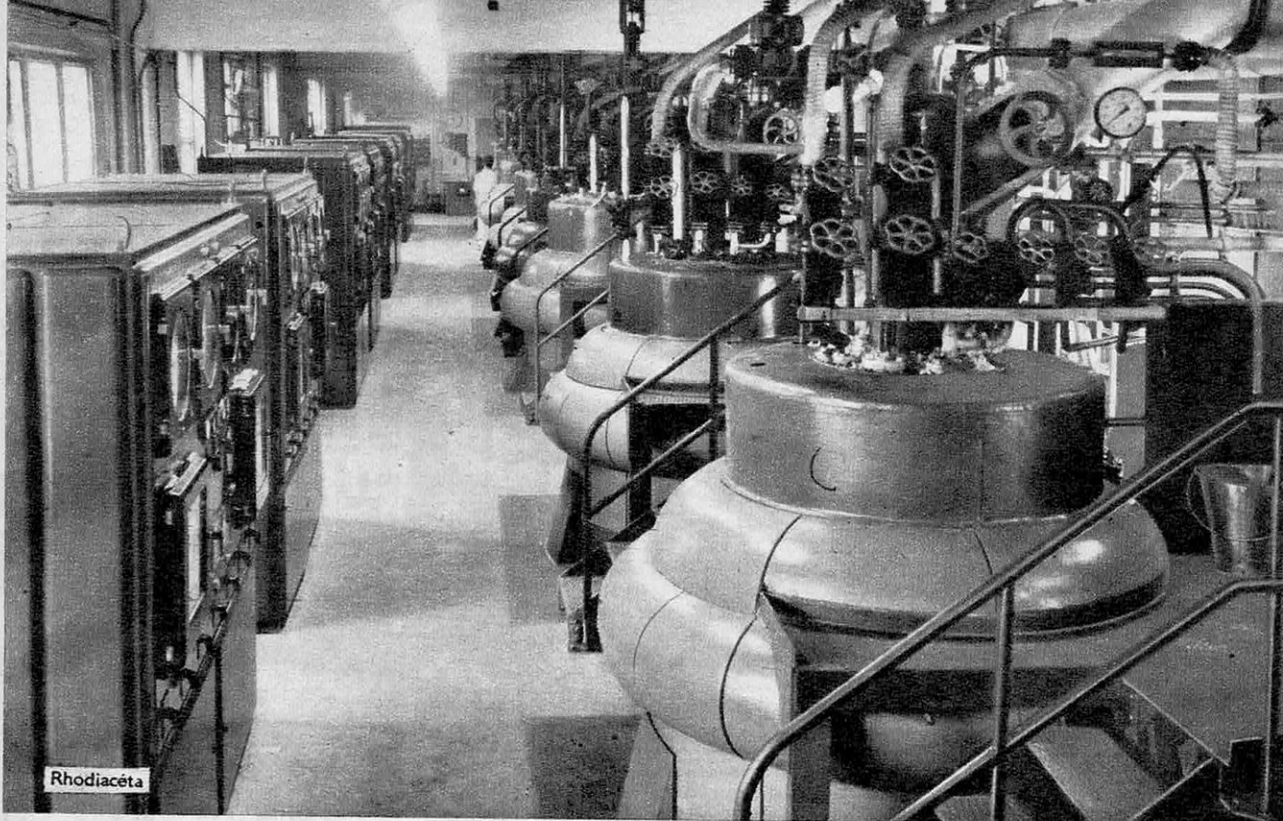
La connaissance que nous avons aujourd'hui de la structure des hauts polymères, tant naturels que synthétiques, nous permet de préparer, pour ainsi dire sur mesure, les macromolécules constitutives de fibres, de films, d'élastomères ou de matières plastiques.

Il est même possible, comme on l'a vu, de conférer au polymère obtenu les caractéristiques chimiques ou physiques désirées par l'introduction de molécules monomères ayant des propriétés déterminées.

Enfin, la nature nous fournit des matières de base pour ces hauts polymères, prises dans le règne végétal, minéral et même animal. Dans ces conditions, l'on ne s'étonnera pas des progrès prodigieux réalisés par la chimie macromoléculaire dans ces vingt dernières années et l'on comprendra le brillant avenir qui lui est réservé.

F. Aftalion

Vue des installations de Lavera (Bouches-du-Rhône) où sont préparés l'isopropanol et l'acétone. Ce dernier produit est une des matières de base dans la synthèse du Plexiglas. L'industrie des plastiques l'emploie également comme solvant de l'acétate de cellulose, en particulier pour le filage de certaines fibres cellulosiques (rayonne acétate) et pour certains vernis.



Rhodiacéta

LA SALLE DES AUTOCLAVES D'UNE USINE LYONNAISE DE FABRICATION DE NYLON



Naphtachimie

LE TRAVAIL DES PLASTIQUES

L'EXPRESSION « matière plastique » qui s'applique à des composés très différents les uns des autres au point de vue chimique, rappelle leur propriété la plus intéressante du point de vue des applications : à une phase au moins de leurs transformations elles sont plus ou moins fluides et déformables. A une température convenable, on peut, en leur appliquant une pression suffisante, leur donner la forme désirée, qu'elles garderont après durcissement.

Le travail des matières plastiques n'est pas sans rappeler celui des métaux ou du verre : on peut les mouler, les réduire en plaques ou en feuilles par pressage ou calandrage, en joncs, tubes ou profilés par extrusion à travers une filière, les souffler pour la fabrication des bouteilles ou des feuilles, les souder et enfin les usiner à l'aide d'outils coupants.

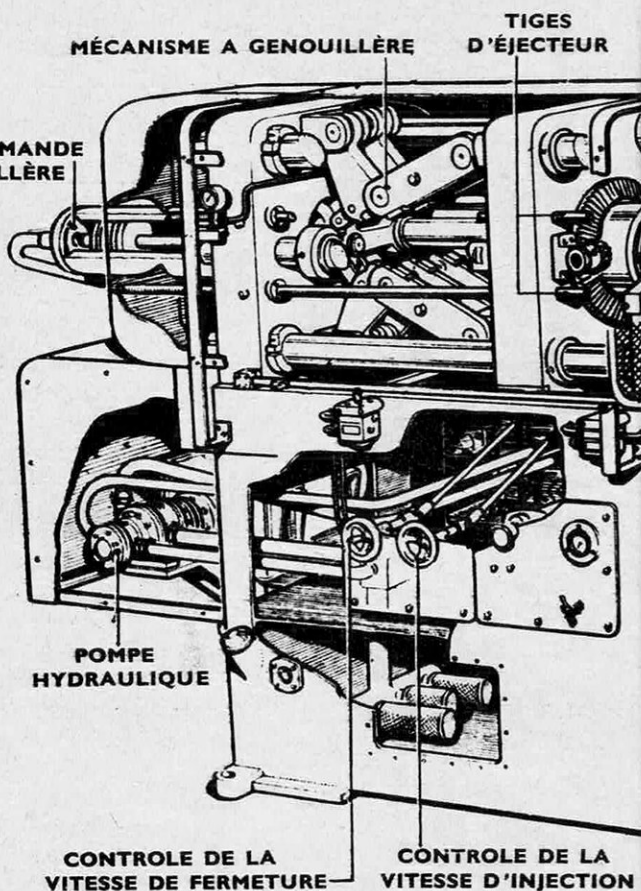
La matière première à transformer peut être un solide, livré à l'état de poudre, de grains, de flocons, et on a coutume de l'appeler alors du nom général de « poudre à mouler ». Ce peut être aussi un liquide plus ou moins visqueux : résine liquide ou dispersion pâteuse. Enfin, on peut transformer un produit semi-fini, plaque, feuille, etc., pour lui donner sa forme définitive.

Les articles en matière plastique sont, comme les objets en métal, généralement produits en grande série; on cherche donc à obtenir les plus grandes cadences possibles, en employant des machines, le plus souvent automatiques, qui sont exactement adaptées à chaque fabrication.

Tout d'abord, les plastiques se divisent en deux grandes catégories :

— les *thermoplastiques* qui se ramollissent sous l'action de la chaleur et reprennent leur dureté au refroidissement, transformation réversible qui peut être renouvelée un grand nombre de fois ;

— les *thermodurcissables* qui se présentent initialement sous forme de poudre ou de liquide



UNE MACHINE POUR MOULAGE PAR INJECTION

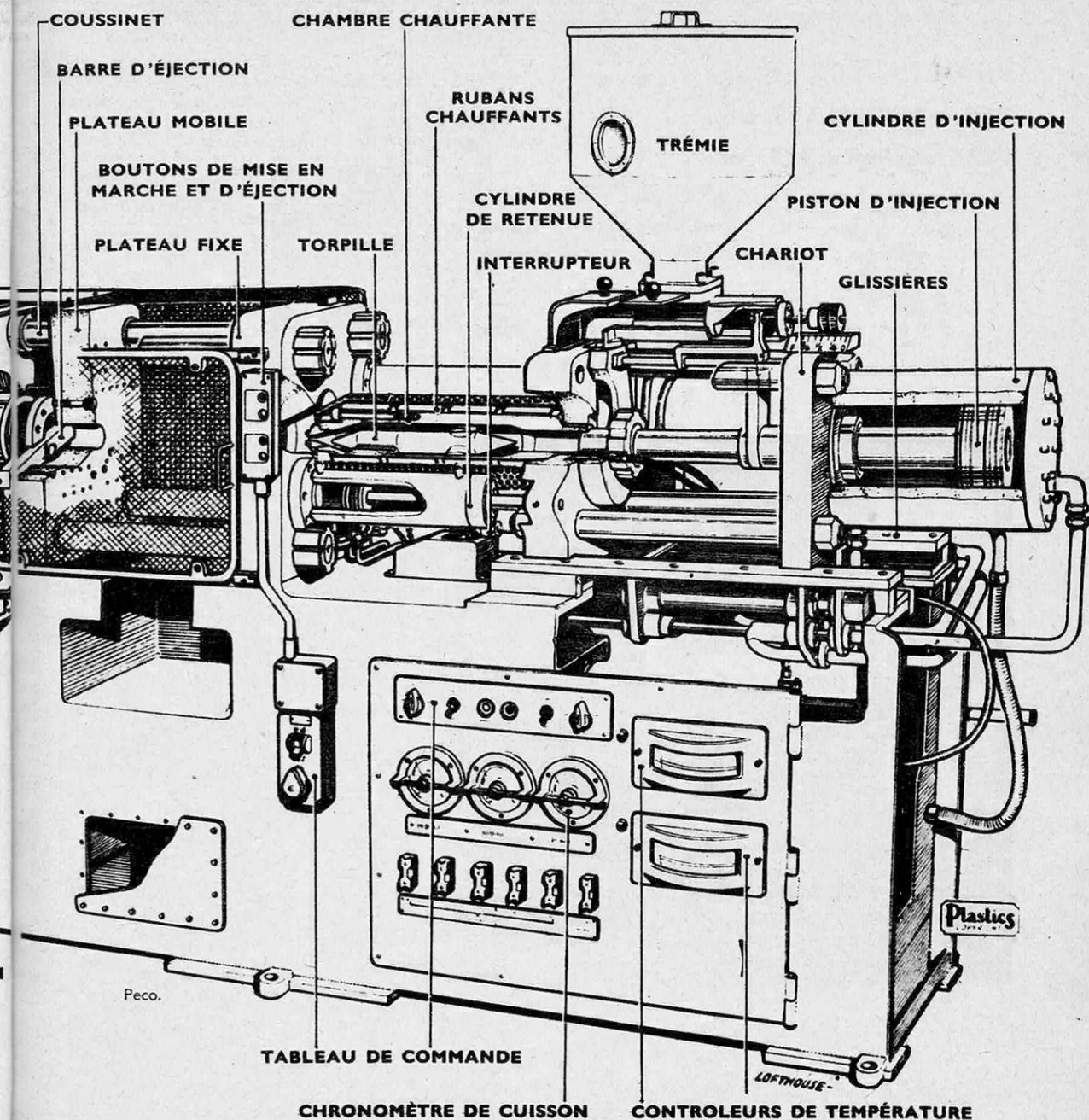
La poudre à mouler fournie par la trémie est chauffée dans le pot d'injection où elle est comprimée et ramollie. Elle est alors injectée sous pression dans un moule froid où elle durcit. Le moule s'ouvre et la pièce tombe.

et qui acquièrent leur dureté par une réaction chimique irréversible, accélérée par l'élévation de la température.

On conçoit immédiatement que ces deux catégories de plastiques devront subir des traitements différents.

LE MOULAGE DES OBJETS EN PLASTIQUE

L'un des procédés les plus couramment employés pour produire des objets en matière plastique est le moulage qui consiste à presser



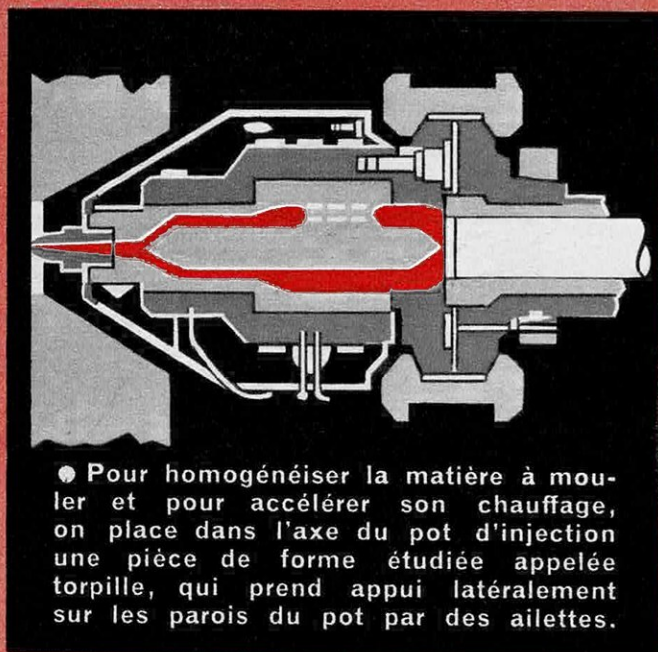
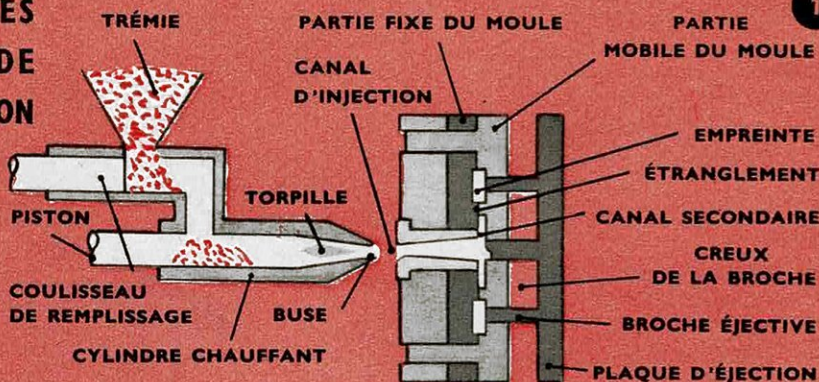
cette matière dans une cavité ou moule dont elle épouse la forme avant de durcir. Le moulage comporte les opérations suivantes :

- plastification de la matière par la chaleur;
- mise en forme par l'action d'une pression;
- durcissement par refroidissement (thermoplastiques) ou cuisson (thermodurcissables) ;
- éjection de l'objet, le plus souvent par des dispositifs automatiques.

On voit tout de suite qu'il sera plus facile d'accélérer le moulage des thermoplastiques parce que leur durcissement peut être très rapide si on les injecte dans un moule préala-

blement refroidi. Le démoulage peut s'effectuer même quand le refroidissement de l'objet n'est que superficiel. Au contraire, avec les thermodurcissables, après un temps assez court pendant lequel la matière à mouler subit un ramollissement mis à profit pour effectuer sa mise en forme, c'est une transformation chimique qui provoque le durcissement. Il faut donc se garder d'accélérer le second processus. Et même quand la matière a pris la forme désirée, on ne peut la démouler avant que la « cuisson », réaction chimique qui exige un certain temps, ait transformé toute la profondeur de l'objet.

PHASES SUCCESSIVES DES OPÉRATIONS DE MOULAGE PAR INJECTION



● Pour homogénéiser la matière à mouler et pour accélérer son chauffage, on place dans l'axe du pot d'injection une pièce de forme étudiée appelée torpille, qui prend appui latéralement sur les parois du pot par des ailettes.

EN 1, la presse est ouverte, la poudre à mouler, tombée de la trémie, est devant le piston. **EN 2**, le pot d'injection avance, et la buse vient en contact avec la douille du canal d'entrée. **EN 3**, le piston d'injection a avancé et la matière plastique chaude est injectée. Le piston d'alimentation a poussé la charge nécessaire à l'injection suivante. **EN 4**, les deux pistons sont revenus en arrière. La charge dosée tombe dans le pot d'injection, la charge suivante s'écoule devant le piston d'alimentation. **EN 5**, le pot d'injection est revenu en arrière comme sur la fig. 1, mais le moule est rempli. **EN 6**, la plaque mobile du moule et la plaque d'éjection ont reculé, les pièces restent accrochées à la plaque mobile par un ancrage de l'éjecteur central. **EN 7**, les éjecteurs détachent les pièces.

LE MOULAGE PAR INJECTION

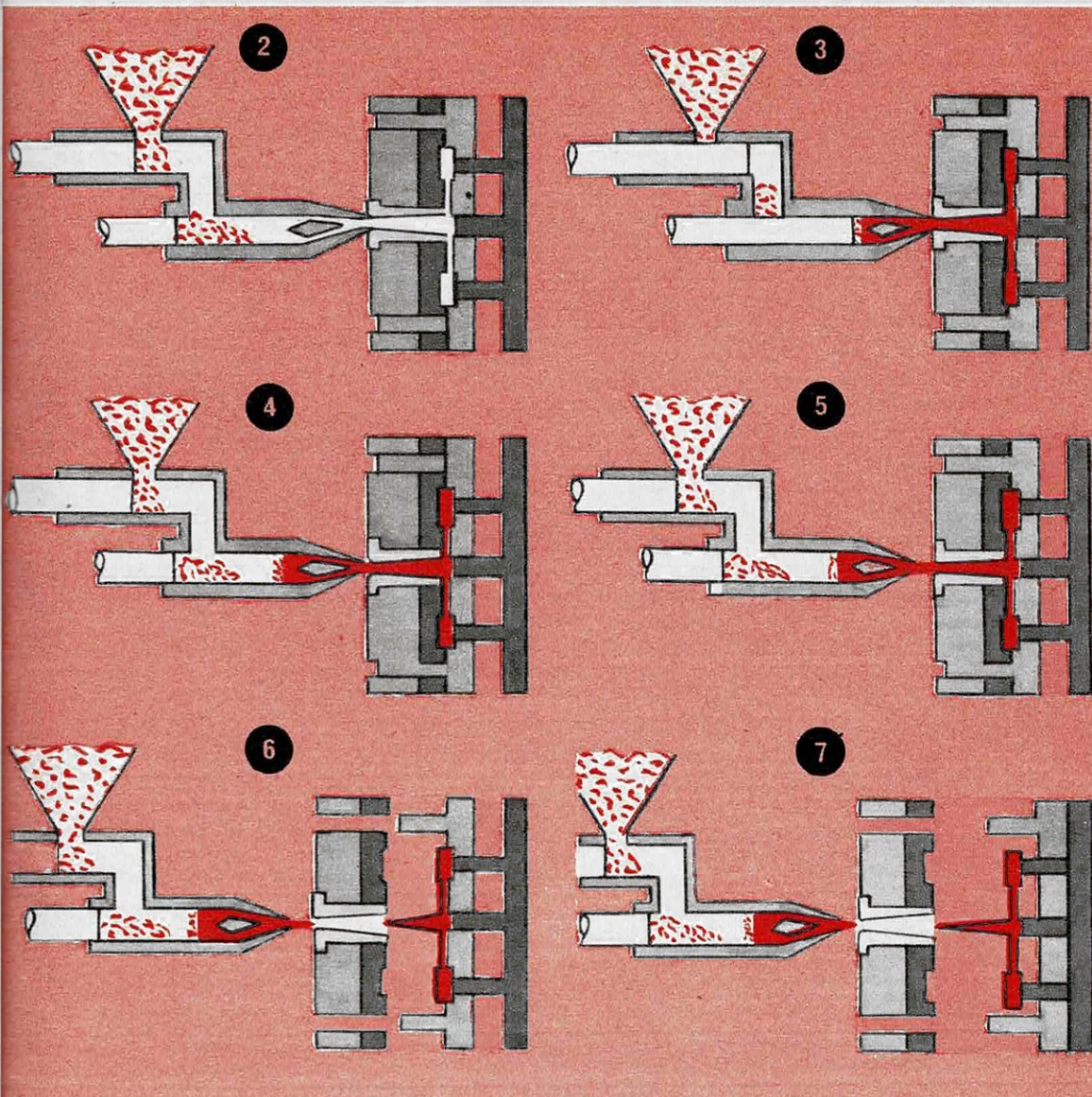
Le moulage par injection consiste à envoyer sous pression, dans un moule fermé, la dose juste nécessaire de matière plastique préalablement ramollie. Le moule est constitué par deux coquilles, l'une fixe devant laquelle est placée une contre-plaque traversée par le ou les canaux d'injection, et l'autre mobile, permettant l'ouverture ou la fermeture du moule. Ces coquilles sont refroidies par des canaux où circule de l'eau froide.

La matière est chauffée électriquement dans un pot d'injection constitué par un cylindre dans lequel coulisse un piston qui pousse progressivement la matière. Fournie par une trémie à une extrémité, celle-ci est injectée dans le moule par une buse. C'est le procédé idéal

pour le moulage des thermoplastiques. Pour faciliter le chauffage et homogénéiser la matière, une « torpille » est maintenue dans l'axe du pot d'injection par des ailettes.

Après avoir pris sa forme, l'objet durci est éjecté automatiquement par l'ouverture du moule. Pour les objets de petites dimensions, on peut atteindre une cadence d'un objet toutes les 15 secondes.

Les machines modernes à injecter sont actionnées hydrauliquement. L'agent moteur est l'huile sous pression qui agit sur des pistons solidaires des organes mobiles. La commande hydraulique a l'avantage de maintenir constante la pression sur la matière pendant le refroidissement, le piston continuant d'avancer pendant son retrait. Avec les systèmes mécaniques, des



ressorts compensateurs permettent au piston de maintenir la pression sensiblement constante.

Les perfectionnements des machines à injecter ont permis la réalisation d'objets de plus en plus grands à des cadences plus rapides. C'est ainsi que l'on a adjoint au pot d'injection des dispositifs de « préplastification » où la matière est déjà chauffée et ramollie dans un cylindre chauffant avant d'aller alimenter le pot d'injection principal où s'achève la plastification. Celle-ci est ainsi plus poussée et on peut mouler correctement des pièces à long chemin de coulée ou d'épaisseur anormalement grande, tout en réduisant jusqu'à 40 % la durée du cycle. Actuellement les machines à injecter de plus de 1,7 kg de capacité sont généralement équipées avec un cylindre de préplastification.

L'INJECTION DES THERMODURCISSABLES

Pour les raisons que nous avons indiquées, l'injection des résines thermodurcissables est une opération plus délicate. Il est difficile ou impossible de réaliser le ramollissement complet de la matière dans le pot d'injection, car le durcissement devient trop rapide à la température qui serait nécessaire, et la matière n'a plus la plasticité suffisante pour être moulée. On doit donc compter sur un court temps de plastification dans le moule pour obtenir un moulage court. L'injection des thermodurcissables peut cependant être pratiquée moyennant certaines précautions.

Dans le procédé appelé *jet molding*, le pot d'injection ne possède pas de toupille. La

UN DISPOSITIF DE PRÉPLASTIFICATION

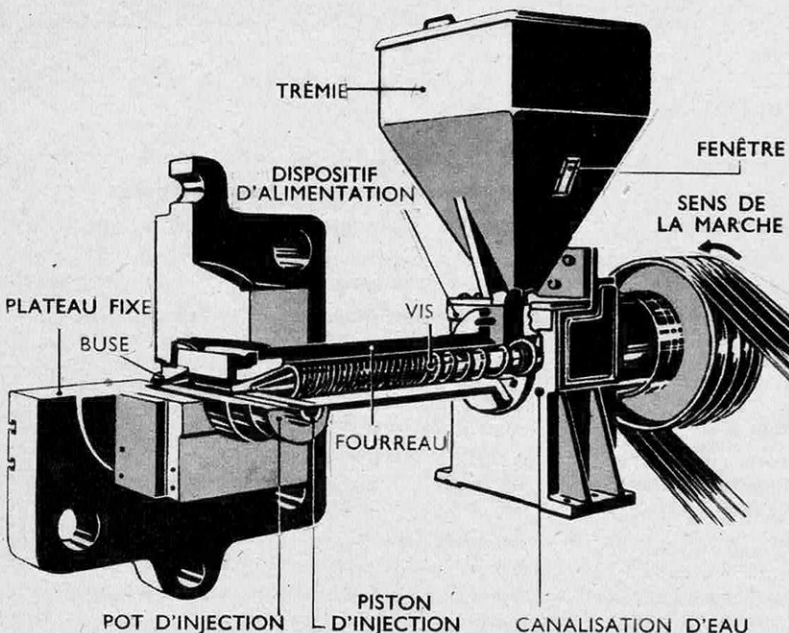
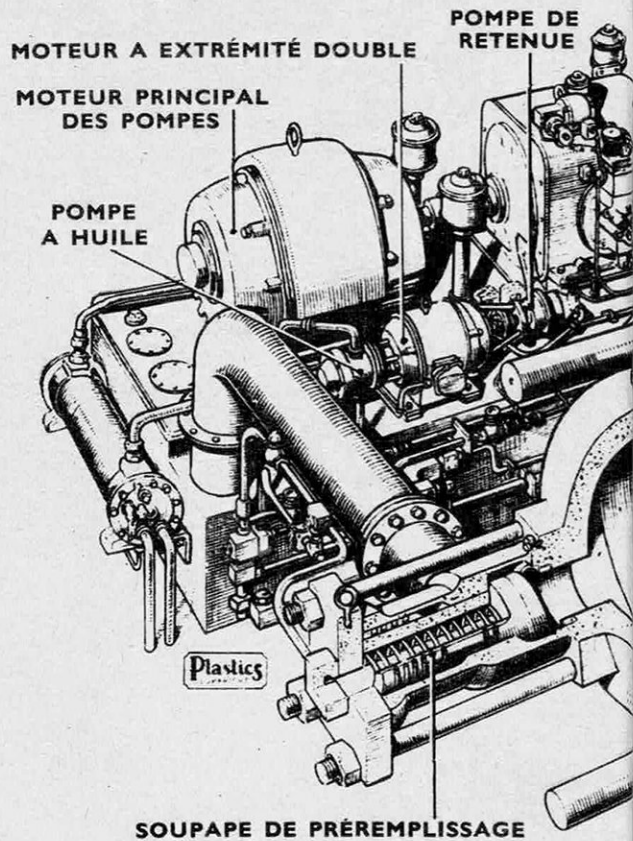
matière à mouler y est ramollie à 95° environ, puis elle passe dans une buse allongée où elle est portée rapidement à la température de polymérisation, le temps de remplir le moule chauffé à 155°-165°. La buse est alors brutalement refroidie pour empêcher la matière qui s'y trouve de durcir.

Dans l'*injection directe*, la buse chauffante et refroidissante est supprimée et la matière, portée dans le pot à une température un peu plus élevée (110°-115°) est injectée dans un moule très chaud (165°-170°). Ce procédé est moins délicat, mais un peu plus lent.

Dans l'*offset-molding*, le cylindre chauffant est supprimé. La matière façonnée en pastilles est fortement surchauffée par haute fréquence et injectée directement par le piston chauffé dans un moule à 165°-175°.

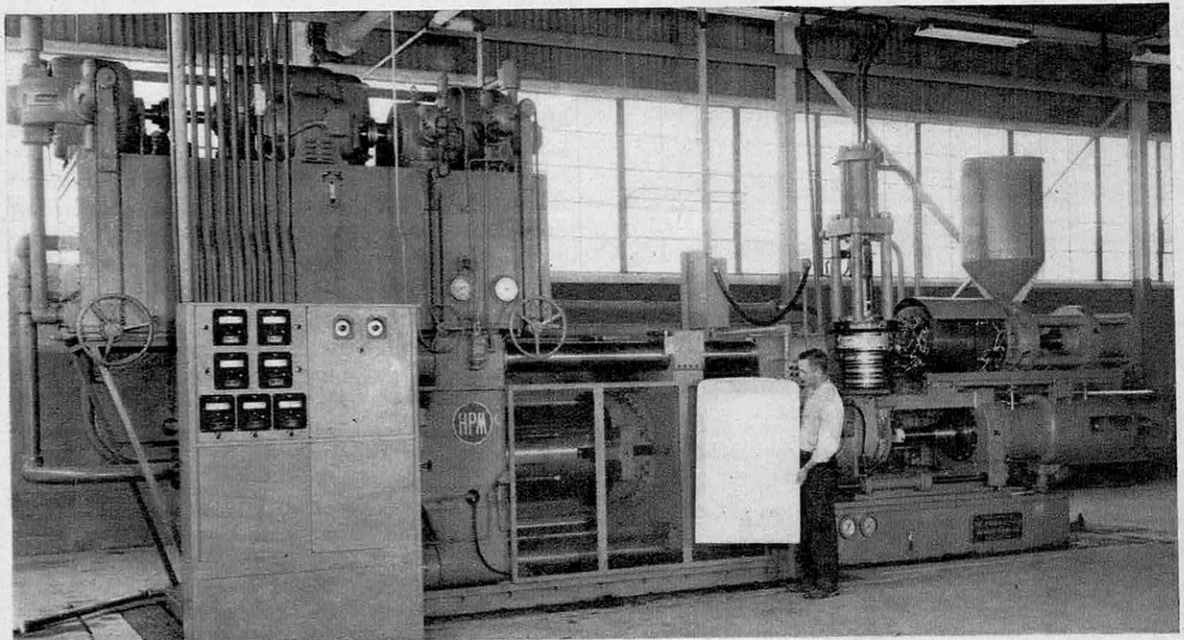
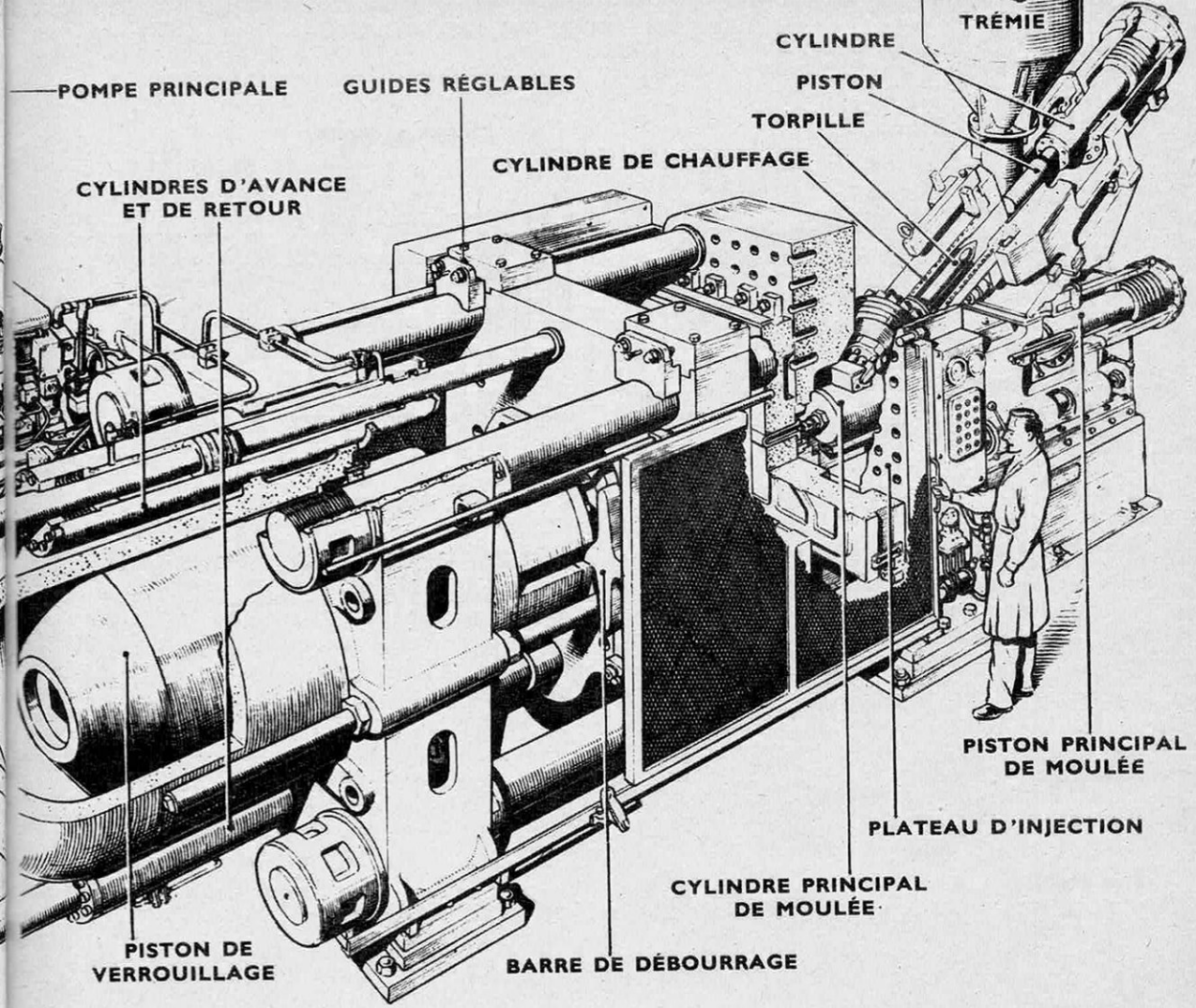
Dans le *moulage par transfert* le pot d'injection est complètement vidé à chaque cycle, et la matière n'y séjourne pas. Pastillée et rendue plastique par chauffage haute fréquence, elle est introduite dans la chambre de transfert logée dans le bâti d'une presse verticale, puis est transférée par un piston dans l'empreinte du moule. Cette technique donne une grande rapidité de moulage, fournit des pièces précises, de polymérisation uniforme, et s'applique au moulage des pièces délicates avec « prisonniers », c'est-à-dire avec pièces métalliques prises dans la masse, car la matière est liquide quand elle pénètre dans le moule. Elle s'emploie de plus en plus pour les pièces d'importance moyenne.

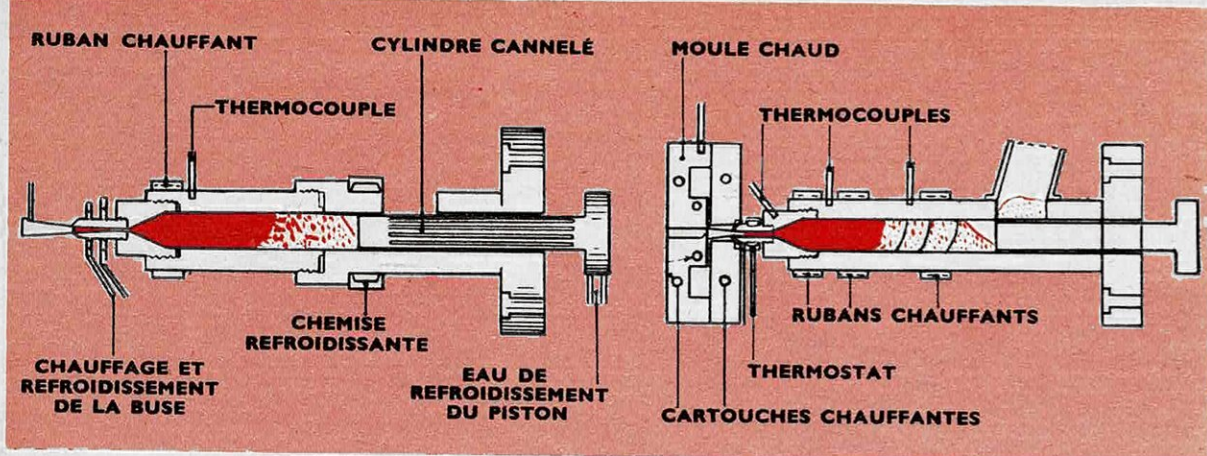
Cette presse Watson-Stillman de 8,5 kg possède un cylindre de préplastification monté à 30° et dont la buse aboutit à l'avant du pot d'injection. Le piston de préplastification repousse le piston d'injection jusqu'à une position limitant la dose.



← Cette presse Jackson et Church utilise un dispositif de préplastification à vis d'extrusion perpendiculaire au pot d'injection qui rend la torpille inutile. La vis à pas progressif réalise le malaxage et la préplastification. Le pot d'injection se vide à chaque fois.

→ Cette presse comporte, à la suite du cylindre de préplastification, un cylindre de transfert de 5,6 kg de capacité servant de réserve, perpendiculaire au pot d'injection. Son contenu passe en 2 ou 3 sec dans le pot d'injection. Des valves interdisent les retours.





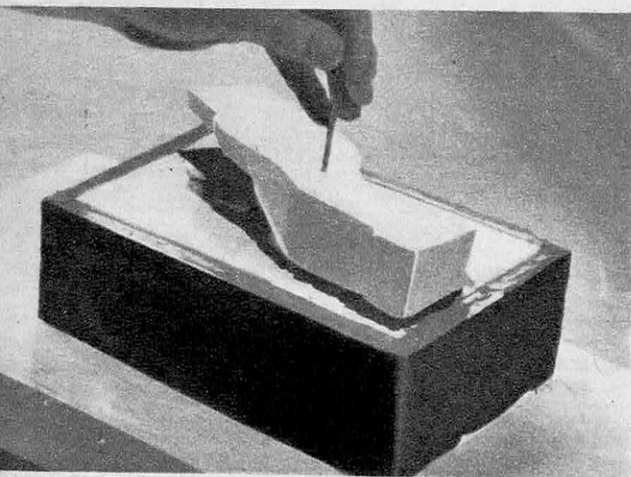
● Trois procédés d'injection des thermodurcissables. A gauche, le « jet molding ». La matière simplement ramollie dans le pot est portée à la température de cuisson par une buse chauffante que l'on refroidit rapidement entre deux injections. Au centre, la matière ramollie est injectée directement dans un moule chaud. A droite, l'offset molding : la matière en pastilles pré-chauffées est injectée dans le moule très chaud.

LE MOULAGE PAR COMPRESSION

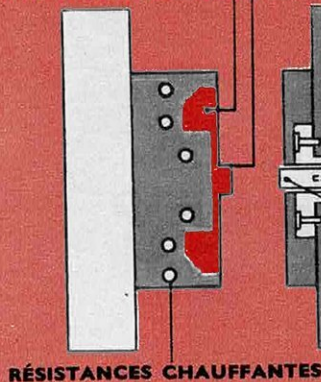
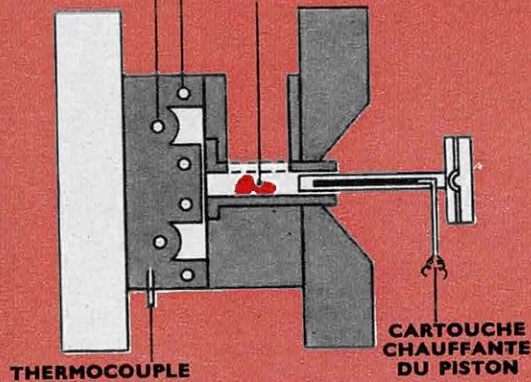
C'est le procédé classique de moulage des thermodurcissables. Le moule est ici constitué par une cavité ou empreinte, servant de réceptacle à la poudre à mouler, et par rapport à laquelle se déplace la deuxième pièce du moule ou compresseur. L'objet moulé se forme dans la cavité qui subsiste entre l'empreinte et le compresseur lorsqu'on ferme le moule. Les parois des deux pièces du moule sont chauffantes et à leur contact la poudre ramollie prend sa forme, qu'elle conserve en durcissant sous l'influence de la chaleur. Les éjecteurs détachent alors la pièce de l'empreinte et du compresseur.

Il existe une grande variété de moules. Les *moules à couteaux* sont les plus simples. La poudre à mouler, en léger excédent, déborde de l'empreinte et est laminée entre des appuis, ce qui offre une résistance à l'écoulement en fin de fermeture. La poudre ramollie subit de ce fait une pression d'autant plus efficace que l'objet est plus haut, mais qui est néanmoins plus faible dans le haut, à l'endroit des fentes. La hauteur de la pièce est toujours un peu plus grande que celle de l'empreinte du fait de la pellicule horizontale de matière, appelée bavure, restée dans le joint du moule. Si l'empreinte ne possède pas de creux suffisant pour loger tout le volume de poudre, on réduit ce volume en comprimant la poudre au préalable sous forme de pastilles, ou bien en dotant le moule à couteau d'une chambre de compression.

Dans les *moules positifs*, la matière ne peut s'échapper de l'empreinte, le faible jeu existant



← Les matières à mouler peuvent être coulées quand elles sont liquides ou pâteuses. En haut : un moulage en plâtre est exécuté d'après le modèle en bois. Sa surface est traitée par un antiadhérent. En bas : le moule est rempli avec une résine phénolique liquide.

CARTOUCHES CHAUFFANTES**PASTILLES PRÉCHAUFFÉES****PIÈCE MOULÉE AVEC SES CANAUX D'INJECTION
REMARQUER LA FAIBLE BAVURE SUR LA CAROTTE**

entre le piston et la chambre étant supprimé rapidement par la bavure très mince, toujours verticale. La matière subit donc toute la pression fournie par la presse et la hauteur de l'objet est fonction du poids de poudre mis en œuvre.

Les *moules semi-positifs*, très employés, sont une combinaison du moule à couteau et du moule positif. Au début du moulage, le moule fonctionne comme un moule à couteau, la matière en excès pouvant s'échapper, puis en fin de compression le moule fonctionne en positif. Le jeu du piston dans la chambre de compression doit être soigneusement réglé.

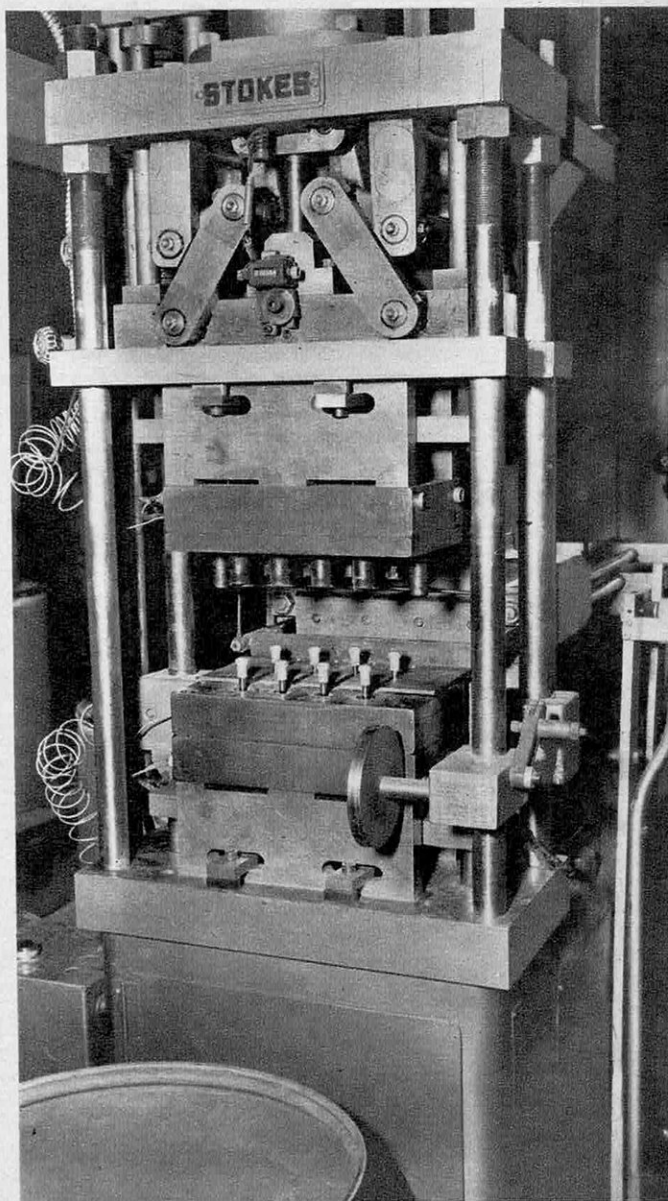
Les objets dont la forme ne permet pas l'extraction du moule nécessitent des *moules à pièces démontables* : moules à noyau démontable, à pièce latérale démontable, à coquilles, etc.

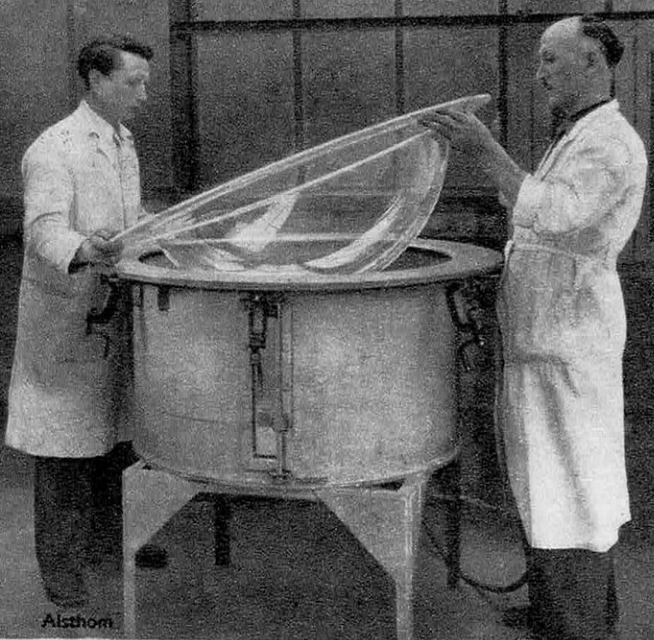
Le moulage de plusieurs pièces en une seule opération s'exécute dans des moules à empreintes multiples.

La conception des moules doit suivre certaines règles permettant un moulage correct, économique et sans aléas. Il faut d'abord que l'objet puisse se démouler aisément. Par une forme légèrement trapézoïdale ou tronconique, on dit qu'on lui apporte de la « dépouille ». De même, on évite dans la forme de l'objet tout ce qui s'oppose à son démoulage ou qui le complique.

On cherche à lui donner une épaisseur constante pour que le durcissement soit le même partout. On allège, on évite les parties renflées, on renforce par des nervures les parties trop minces. On donne de la solidité aux pièces tout en rendant les moules moins fragiles par

Une presse de 15 tonnes entièrement automatique → pour le moulage par compression des résines thermodurcissables. Le cycle complet de cette machine, comprenant le remplissage, la fermeture, l'ouverture et l'éjection des pièces, a une durée totale de 5 secondes.





● Cette coupole hémisphérique transparente en Plexiglas a été obtenue à partir d'une feuille plane par formage par le vide à une température de 130-160° C.

un large emploi d'arrondis, de congés de raccordement. Les cotes du moule doivent être prévues plus grandes que celles de l'objet pour tenir compte d'un retrait après moulage, variable avec les matières.

Les moules sont fabriqués par les moyens mécaniques habituels dans des aciers qui, après trempe, devront résister à des pressions de 400 kg/cm² sous des températures de 200° en présence des agents corrosifs dégagés par les

poudres en cours de moulage. On utilise des aciers Martin trempés, des aciers nitrurés, des aciers nickel-chrome, des aciers chromés.

Les moules demandent un grand soin d'exécution, car ce sont eux qui conditionnent la rentabilité d'une production. Ils sont donc très chers et ne peuvent s'amortir que sur des grandes séries. Là où il n'y a pas de série, il n'y a pas de moulage économiquement possible.

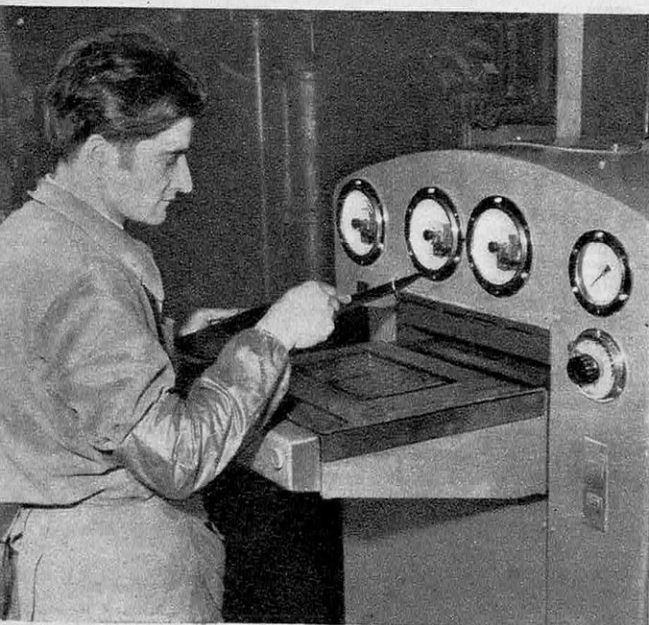
LES PRESSES

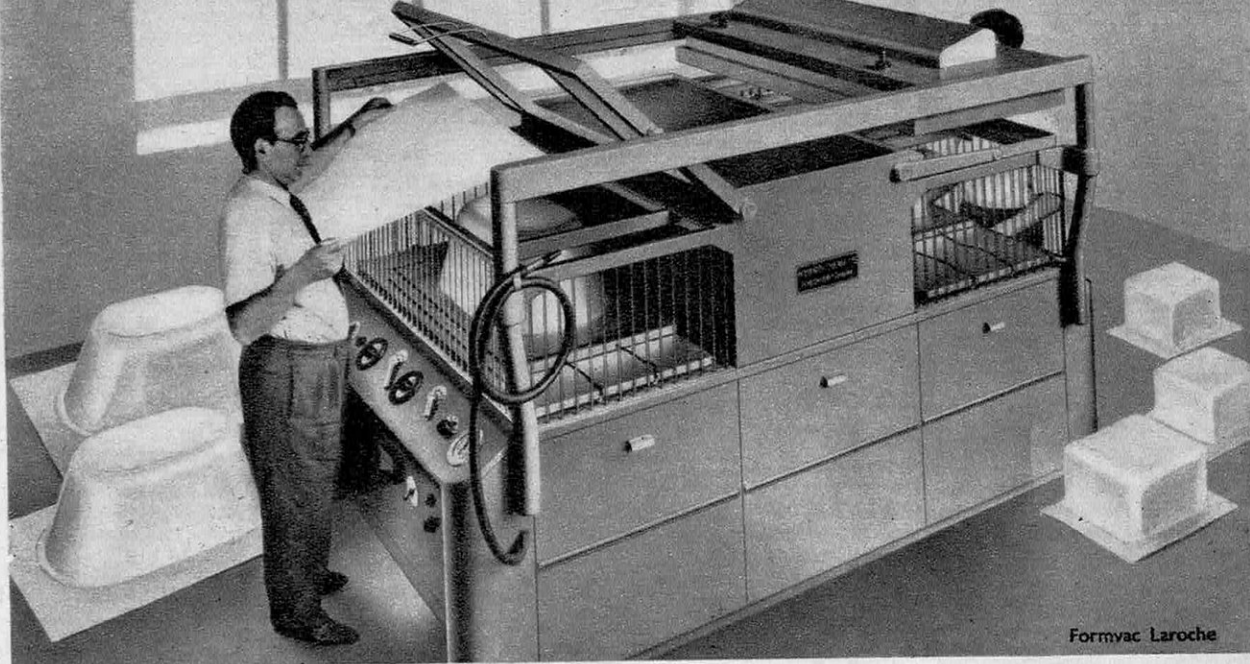
Bien que les presses mécaniques à commande à main ou à moteur soient toujours utilisées pour le moulage des petites pièces, c'est la presse hydraulique qui est la plus couramment employée, surtout dans les puissances de 50 à 100 tonnes. Les grosses presses atteignent 3 000 tonnes et permettent de fabriquer des objets de très grandes dimensions.

Certaines presses réalisent un cycle entièrement automatique : alimentation, dosage volumétrique dans les empreintes, approche, moulage sous haute pression, temps de cuisson, retour, éjection et soufflage des empreintes à l'air comprimé.

LE PASTILLAGE ET LE PRÉCHAUFFAGE

Les poudres à mouler sont maintenant utilisées presque exclusivement sous la forme de pastilles, denses, commodes pour les manipulations de préchauffage et de chargement du moule. Le préchauffage des pastilles permet de les ramollir et de faire appel à des presses moins puissantes pour le moulage d'un objet





Formvac Laroche

● Cette machine à former par le vide comporte deux postes de travail. A gauche une feuille est placée sur

le cadre de formage. A droite, le bloc coulissant de chauffage infra-rouge ramollit une autre feuille.

donné ou de réaliser avec une presses de puissance donnée des objets de plus grande surface. De plus, le moule est soumis à des efforts moins grands et sa durée en est augmentée. Quant à la rapidité du durcissement des pièces, elle est notablement augmentée.

Les moyens de préchauffage à la disposition du mouleur sont : l'étuve simple, l'étuve à rayons infrarouges, l'étuve à vapeur humide (pour les pièces ne demandant pas de qualités électriques), le préchauffeur haute fréquence.

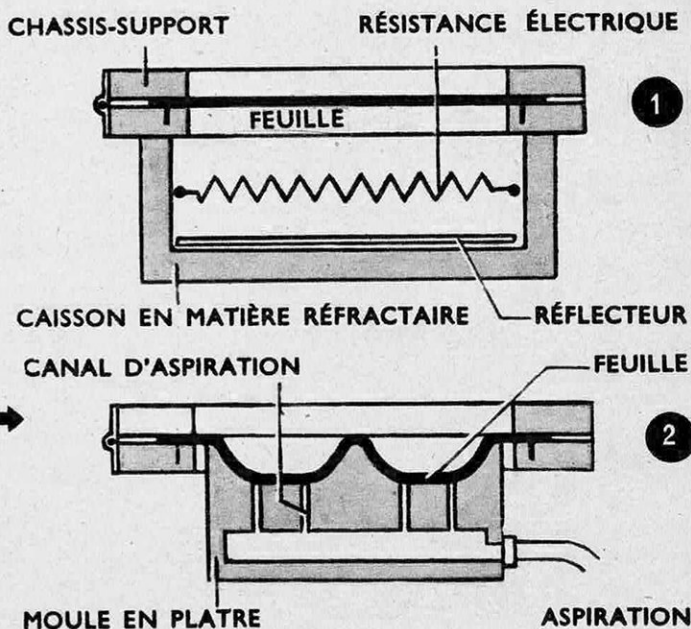
Ce dernier, malgré son prix de revient encore élevé, permet de ramollir à cœur des poids de matière importants. Ainsi un générateur de 20 kW préchauffe 6 kg en une minute.

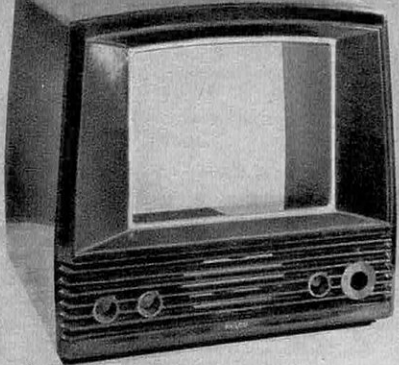
LE MOULAGE PAR COULÉE

Les matières à mouler pâteuses (résines phénoplastes, aminoplastes, acryliques, vinyliques, polyesters, allyliques, cellulosiques) se coulent dans des moules sans exiger de pression

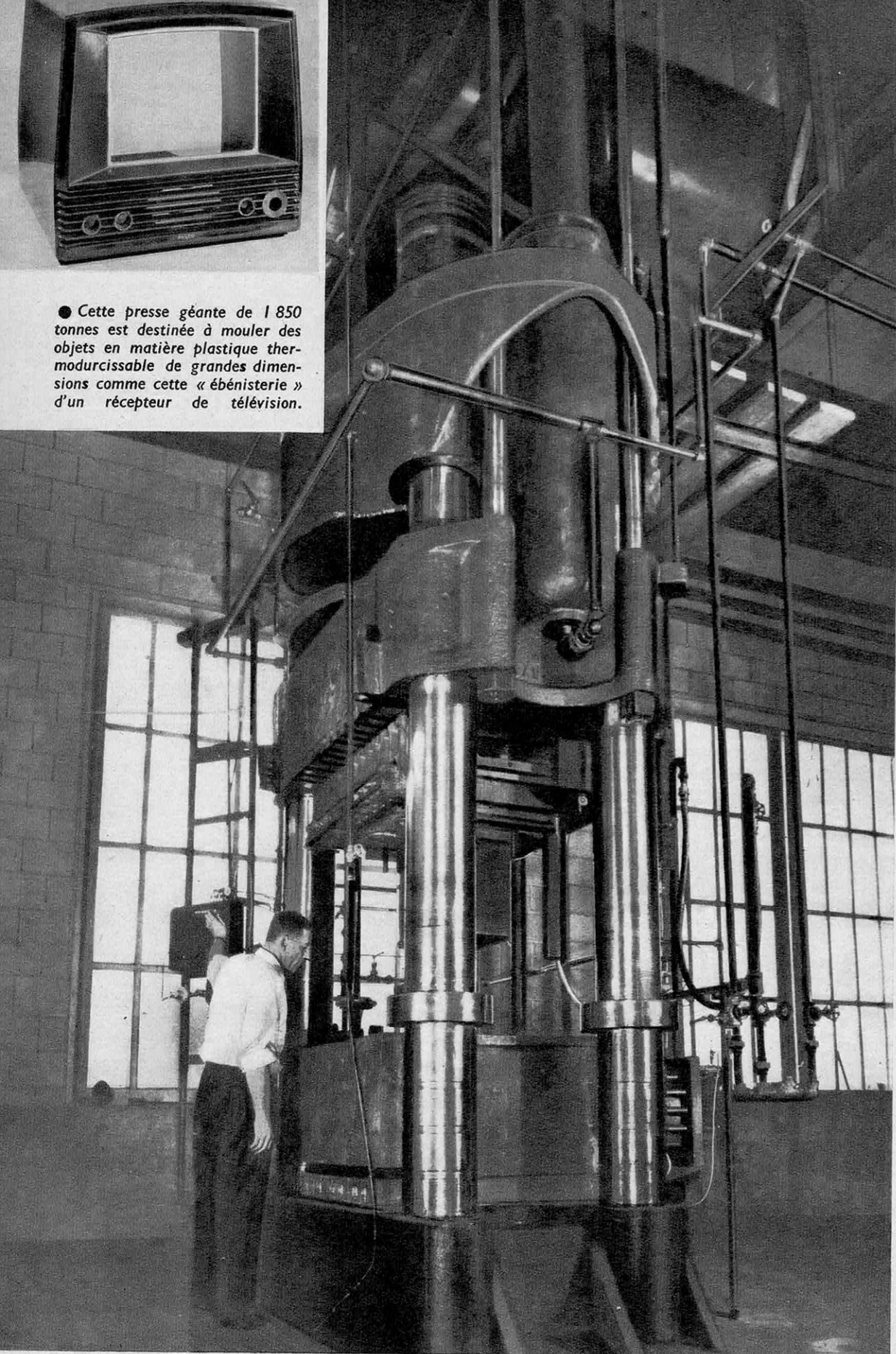
← Une feuille épaisse de plastique vinylique rigide, chauffée et pressée contre un cliché ou une forme d'imprimerie, permet d'obtenir après refroidissement une empreinte extrêmement fidèle, dont on tire une ou plusieurs reproductions. On voit ci-contre la prise de l'empreinte d'une planche de timbres-poste à l'aide d'une petite presse hydraulique.

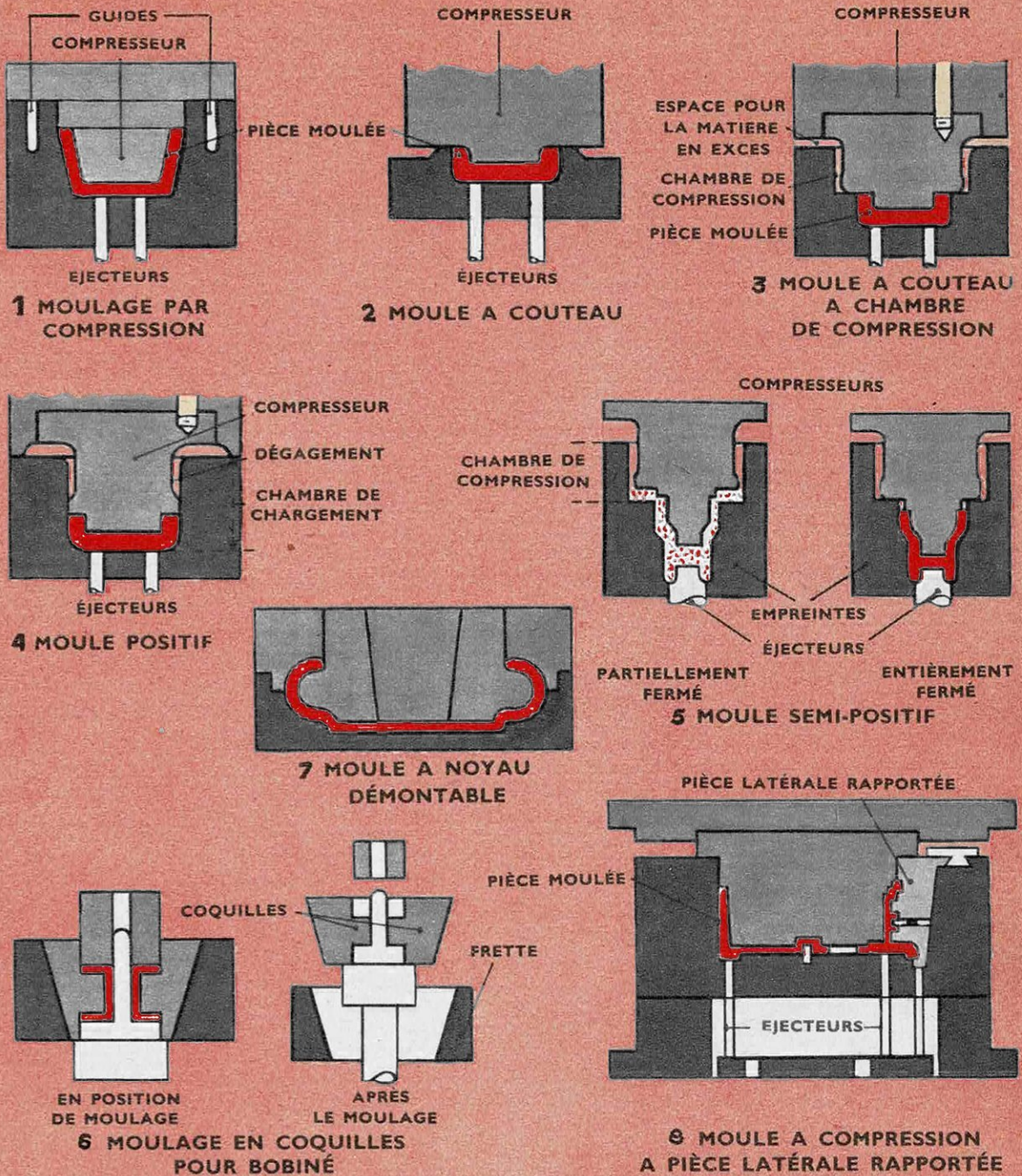
→ Deux phases du formage par le vide d'une feuille thermoplastique : en 1 la feuille est fixée sur le châssis-support et serrée sur tout son pourtour de sorte que l'ensemble soit étanche à l'air. On ramollit la feuille pour un chauffage aussi uniforme que possible. En 2, le châssis a été placé au-dessus du moule. Le vide applique la feuille sur le moule.





● Cette presse géante de 1 850 tonnes est destinée à mouler des objets en matière plastique thermodurcissable de grandes dimensions comme cette « ébénisterie » d'un récepteur de télévision.





LES PROCÉDÉS DE MOULAGE PAR COMPRESSION

EN 1, le principe : la poudre est pressée et chauffée entre une empreinte creuse et un compresseur. Elle durcit, puis le moule s'ouvre et les éjecteurs détachent la pièce. En 2, moule à couteau. La poudre en léger excès est laminée dans le joint horizontal entre l'empreinte et le compresseur. En 3, si l'empreinte n'est pas assez profonde, on ménage au-dessus d'elle une chambre de compression.

Dans le moule positif (4) on introduit juste la dose nécessaire, qui ne peut s'échapper. Le moule semi-positif (5) fonctionne d'abord comme un moule à couteau et chambre de compression, puis en fin de course du compresseur comme un moule positif. Enfin en 6, 7 et 8, moulage de pièces complexes. L'empreinte ou le compresseur sont dissociés en plusieurs éléments afin de dégager la pièce.



W. J. La Rose

← Des pastilles de matière moulable sont placées dans un appareil de préchauffage haute-fréquence qui les portera à une température parfaitement uniforme.

L'estampage permet d'obtenir une empreinte sur une feuille thermoplastique. Celle-ci est amenée à la température convenable soit par contact du moule chaud, soit par préchauffage de la feuille, le moule étant froid ou chaud.

En galvanotypie, on a imaginé d'employer des moules en matière vinylique. Pour les obtenir, on estampe à la presse hydraulique chauffante une feuille de chlorure de polyvinyle rigide préchauffée, de 0,8 mm d'épaisseur. La feuille plastique, qui a pris l'empreinte de la forme, s'enlève facilement après refroidissement. Après la préparation habituelle pour l'électrolyse, elle permettra d'obtenir la feuille de cuivre utilisée ensuite dans l'imprimerie.

L'emboutissage est une opération très courante dans l'industrie de la transformation des feuilles thermoplastiques. On réalise en creux un objet dont les parois ont sensiblement l'épaisseur de la feuille initiale.

Les matières embouties sont généralement : l'acétate et l'acétabutyrates de cellulose, l'éthylcellulose, l'acétate de vinyle et le polystyrène, dans les épaisseurs de 0,075 à 1 mm.

La feuille est serrée dans un serre-flan chauffé, au-dessus d'une matrice également chauffée à 95°-120°. Un poinçon, toujours non chauffé, arrondi à son extrémité inférieure, emboutit la feuille dans la matrice à la forme désirée. Un jet d'air comprimé, canalisé à travers le poinçon, éjecte la pièce.

Les presses utilisées pour l'emboutissage sont automatiques ou semi-automatiques et sont capables de produire plusieurs milliers de pièces à l'heure. Leur commande est hydraulique ou pneumatique. Les différents mouvements sont contrôlés par relais électromagnétiques.

Le formage par le vide des feuilles thermo-

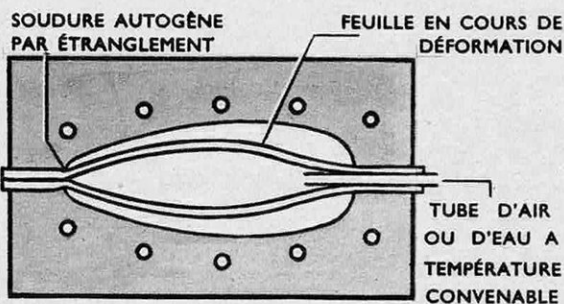
pour les remplir. Leur durcissement est activé par la chaleur ou un catalyseur ou les deux à la fois. La chaleur peut accélérer une polymérisation (thermodurcissables) ou provoquer le départ d'un produit plastifiant (thermoplastiques).

Le cycle de coulée étant beaucoup plus long que le cycle de moulage par compression ou injection, on utilise un grand nombre de moules peu coûteux, souvent à cavités multiples.

Les moules utilisés sont en verre, en plâtre pour les petites séries, en caoutchouc maintenu rigide par une coquille de plâtre. Quand la série atteint plusieurs centaines de pièces, il est plus avantageux d'employer des moules en plomb en une ou deux parties suivant les contre-dépouilles possibles de la pièce.

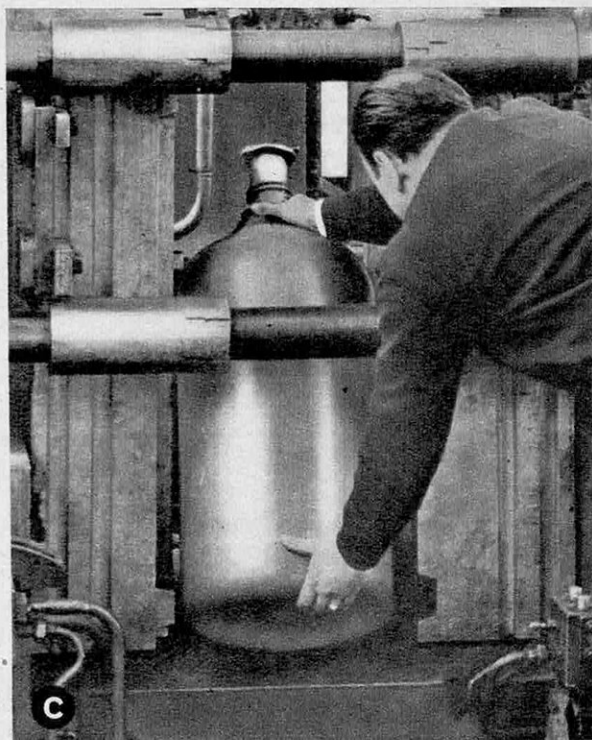
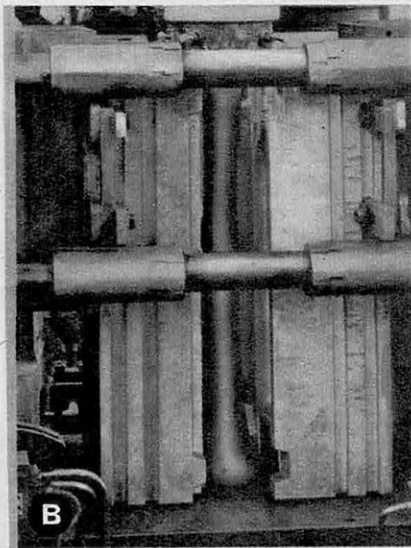
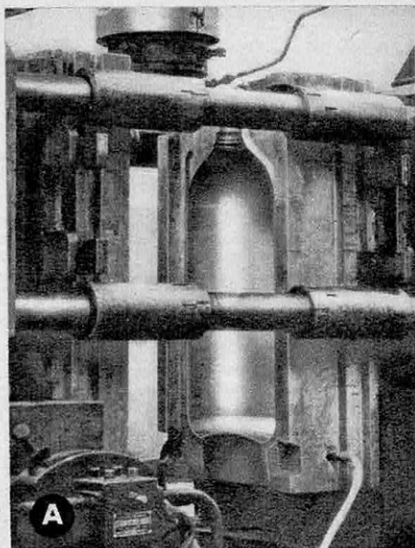
LE TRAVAIL DES PRODUITS SEMI-FINIS

Il existe diverses techniques de travail des matières plastiques, qui transforment des produits semi-finis.



● Le soufflage avec soudure autogène réalise en une opération les objets jadis faits de deux moitiés collées. On souffle de la vapeur puis de l'air froid.

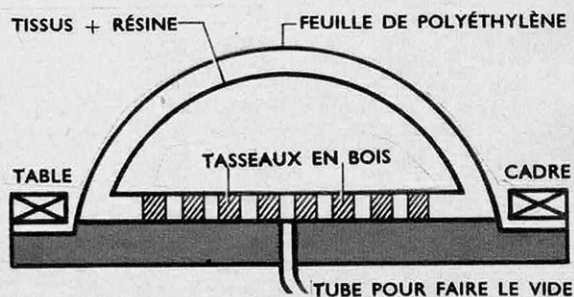
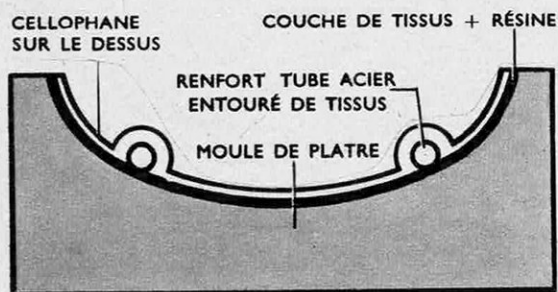
● Cette bonbonne de polyéthylène, d'une capacité de 56 litres est fabriquée en 5 minutes par extrusion et soufflage dans un moule qui lui donne sa forme définitive, technique qui est calquée sur la fabrication des grandes bonbonnes de verre. En A, le moule ouvert et, au premier plan, les commandes hydrauliques qui écartent ou ferment ses deux moitiés. En B, l'ébauche (appelée paraison par les verriers) est introduite dans le moule. En C, enfin, la bonbonne refroidie est démoulée. On peut juger de sa légèreté par l'aisance avec laquelle l'opérateur peut la soulever.



plastiques consiste à poser sur un moule froid, dont la surface moulante est en communication avec le vide, la feuille à former préalablement ramollie par la chaleur. La feuille est maintenue serrée contre les bords du moule par un châssis de serrage, sans possibilité de fuites d'air. Un élément chauffant est placé au-dessus de la feuille et, lorsque le ramollissement est jugé suffisant, le moule est mis en communication avec le réservoir à vide. Le temps d'application du vide dépend de l'épaisseur de la feuille et de la nature du thermoplastique. Il varie de 7 à 13 secondes pour une épaisseur de 0,25 mm. Après un court temps de refroidissement, on ouvre le châssis et on enlève l'objet.

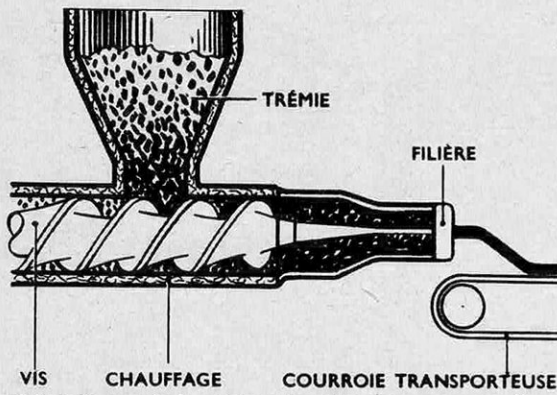
Le moule est en plâtre renforcé imprégné de résine synthétique. Il est suffisamment résistant pour fabriquer quelques dizaines de milliers de pièces. Il peut aussi être en un matériau supportant une coquille métallique de 3 à 8 mm d'épaisseur, obtenue par projection de métal fondu. Sa durée est alors beaucoup plus grande.

Les machines automatiques comportent un poste de réchauffage entre deux postes de mou-



● Les carrosseries d'auto, les coques de bateau sont moulées par application sur un moule de plâtre de la fibre de verre imprégnée d'une résine durcissable.

● Les mêmes pièces peuvent être moulées sous pression modérée en appliquant par le vide un sac de caoutchouc ou de plastique sur le complexe verre-résine.



● Les joncs et les tubes de plastique peuvent être fabriqués par extrusion continue dans des boudineuses où la poudre à mouler est poussée vers une filière en même temps qu'on la chauffe afin de la ramollir.

lage et toutes les opérations sont contrôlées et synchronisées. Leur production est de cinq moulages par minute.

Le soufflage permet de fabriquer en une seule opération des objets qui, autrement, devraient être faits par collage de deux moitiés longitudinales (jouets creux). La plus ancienne méthode s'applique au celluloïd et aux matières thermoplastiques se collant facilement à elles-mêmes par chauffage comme les cellulosiques, les vinyliques, les méthacryliques.

Deux feuilles minces de matière (0,3 mm), découpées à la grandeur du moule et préchauffées, sont serrées entre les coquilles d'un moule chauffé, généralement en bronze, lui-même placé entre les plateaux d'une presse. Tout en fermant rapidement la presse, on insuffle de la vapeur entre les deux feuilles de matière, puis de l'air comprimé froid. Après refroidissement des plateaux de presse, on démoule et bouche le trou de soufflage (celluloïd). Pour les autres matières, on souffle à

l'air comprimé, la vapeur ayant une action ramollissante trop forte.

Une nouvelle méthode, l'*extrusion-soufflage* mise au point en Angleterre et aux États-Unis, combine l'extrusion et le soufflage. Un tube, dès la sortie de la filière d'extrusion, est obturé à une extrémité par écrasement dans un moule. Par l'autre extrémité restée ouverte, on introduit le fluide de soufflage.

Dans les machines perfectionnées, une table rotative porte des moules qui se présentent successivement devant l'orifice d'extrusion et de soufflage. C'est ainsi qu'on fabrique à une cadence très rapide les bouteilles et flacons en polyéthylène, légers et peu fragiles.

On reproche à ce procédé de ne pas donner d'épaisseurs bien régulières, la distension de la matière étant forcément variable.

Le *moulage par contact* a été employé pour la réalisation de carrosseries d'automobiles, de coques de bateaux, etc. Un tissu, un feutre de verre est appliqué en nappes successives sur un moule en plâtre et imprégné d'une résine liquide (résine polyester) additionnée de catalyseurs, qui durcit rapidement à chaud et lentement à froid.

Dans le *moulage par sac de caoutchouc*, on procède comme pour le moulage par contact. Grâce à l'action du vide, un sac de caoutchouc, de polyéthylène ou d'acétate de polyvinyle vient se plaquer sur l'objet. On obtient ainsi une pression de 1 kg/cm², qu'il ne serait possible d'obtenir sur les très grandes surfaces qu'en utilisant des presses géantes.

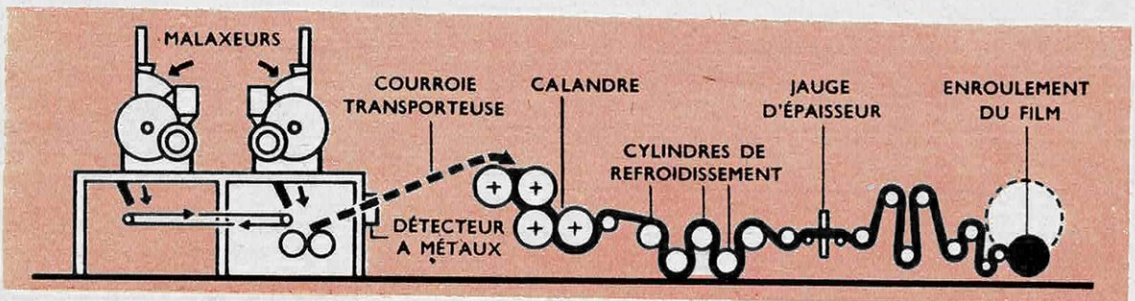
FABRICATION DES SEMI-PRODUITS

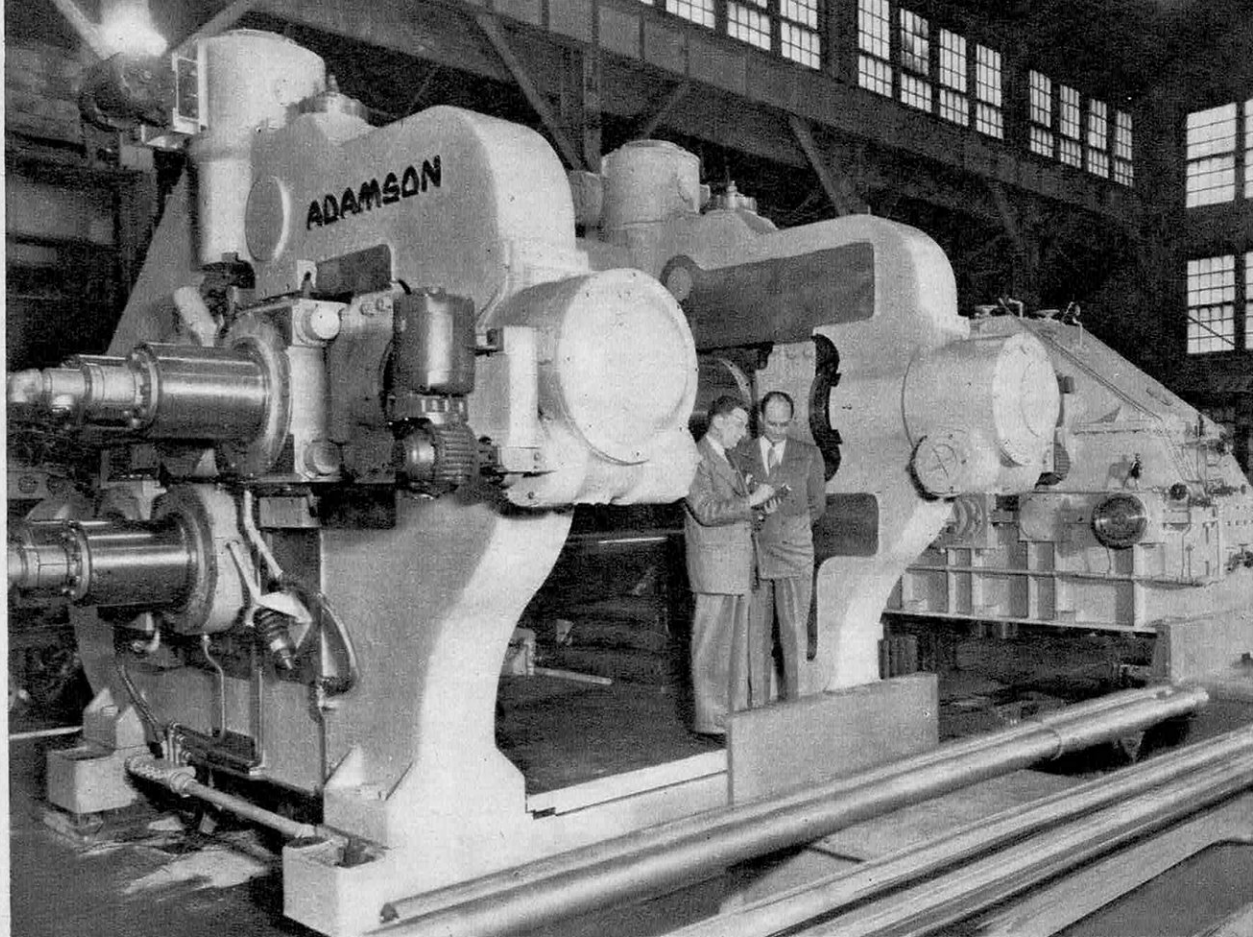
Les semi-produits sont, comme nous l'avons dit, des matériaux ayant une forme géométrique relativement simple : plaques, feuilles, films, bâtons, joncs, tubes, fils, profilés divers.

Les bâtons, tubes et profilés dont les dimensions transversales sont petites par rapport à

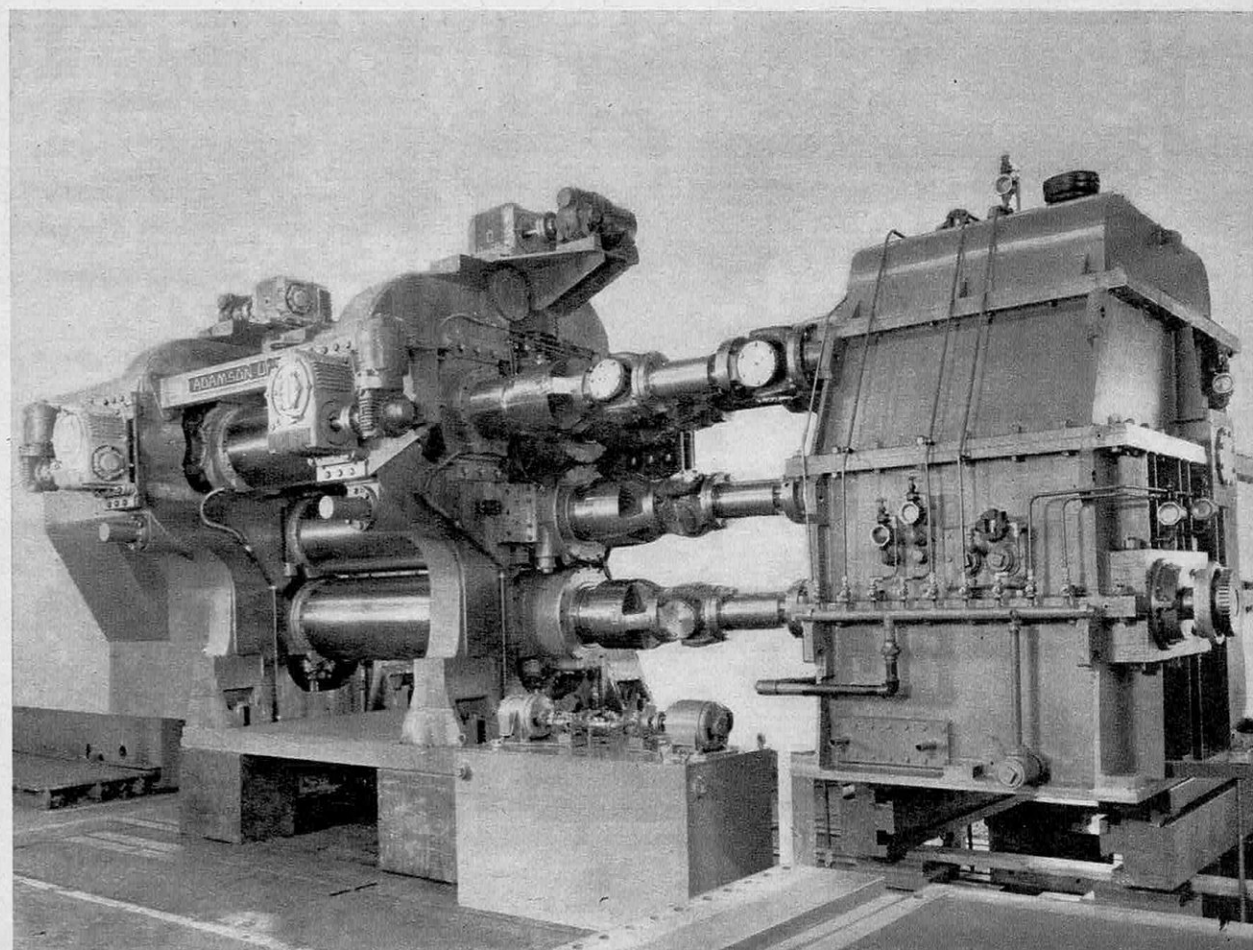
● Unité de fabrication d'un film par calandrage. La matière homogénéisée dans des malaxeurs est laminée par de gros cylindres. Le film refroidi est enroulé. L'obtention d'un film de qualité exige des machines précises conduites par un personnel très qualifié.

● Deux unités de calandrage des plastiques. En haut unité du type « Z ». En bas, le type « L » : les axes de cylindres dessinent un L renversé. Les moteurs entraînent les cylindres par des doubles cardans permettant de faire varier la distance qui sépare ces cylindres.





Adamson United Cy



la longueur, se fabriquent le plus souvent par extrusion. Celle-ci consiste à forcer la matière ramollie par la chaleur à travers un orifice appelé filière, en vue d'obtenir un profilé de la forme désirée après refroidissement. Les profilés creux, les tubes par exemple, sont obtenus en plaçant à l'intérieur de la filière une pièce appelée poinçon.

LE BOUDINAGE

Le forçage est réalisé le plus souvent à l'aide d'une vis, dans les boudineuses. L'opération appelée « boudinage » est alors continue et par conséquent économique. Si l'on opère de façon discontinue à l'aide d'une presse à filer (ou « stuffing »), l'opération porte le nom de filage.

Le principe du boudinage est extrêmement

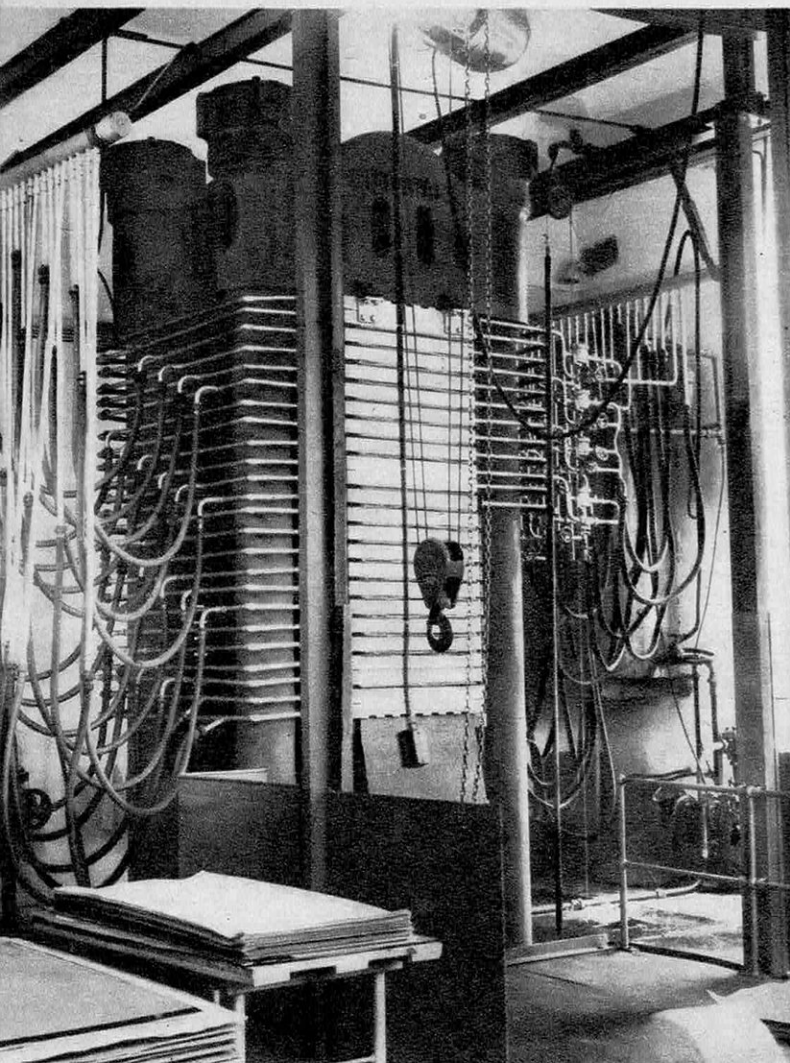
simple. Une vis tourne dans un corps cylindrique ajusté avec soin et chemisé de façon à pouvoir lui apporter la chaleur nécessaire. La matière plastique granulée, venant d'une trémie, arrive froide à une extrémité de la vis, chemine à travers le corps en se ramollissant et est forcée à travers la filière.

Il existe aussi des boudineuses à deux vis s'imbriquant l'une dans l'autre. Nous ne parlerons que des boudineuses à une vis, les plus employées.

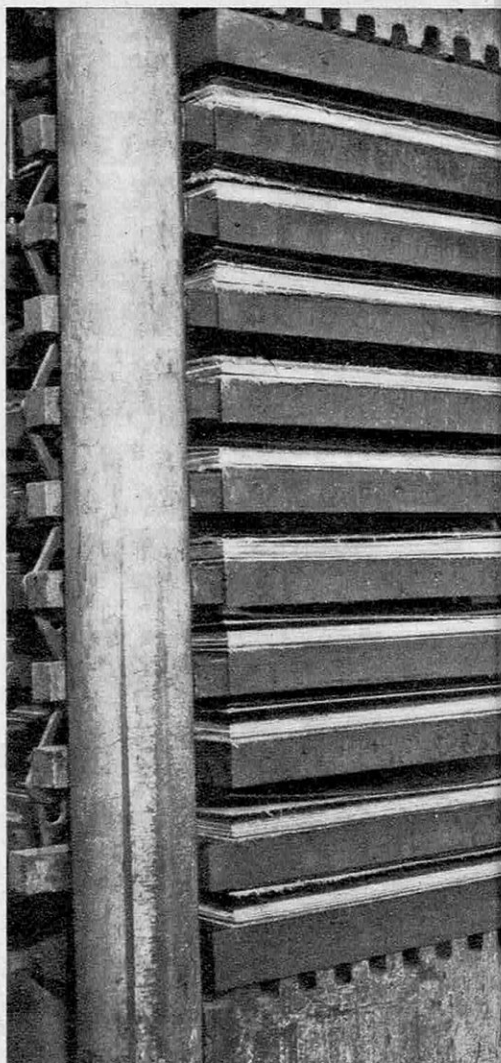
Les matières plastiques employées sont fabriquées spécialement pour le boudinage et les boudineuses sont équipées avec des vis spécialement étudiées pour ces différentes matières. En effet, la vis remplit des fonctions extrêmement complexes. En raison de la faible densité de la poudre, elle doit entraîner de grands

● Cette presse de 2 500 tonnes à 21 plateaux est utilisée pour le polissage des feuilles d'acétate de cellulose et d'éthylcellulose.

● Des feuilles imprégnées de résine thermo chaud à une pression élevée. Elles se soudent



La Bellignite



Synthane Corp.

volumes de poudre, de la trémie d'alimentation vers la zone de plastification. La matière plastique subit donc par compression un changement de densité important et l'air doit pouvoir revenir en arrière. De plus, le cheminement doit se ralentir pour que la matière ait le temps de se ramollir et de s'homogénéiser convenablement. Ces différents facteurs, variables avec les matières plastiques employées, entraînent des variations des caractéristiques de la vis.

En avant de la vis se trouvent des tamis, à travers lesquels la matière plastifiée doit passer. Leur rôle est d'éviter aux corps étrangers et aux grumeaux insuffisamment ramollis de traverser ou d'obstruer la filière, de redresser le flux de matière sortant en vrille de la vis et de créer une contre-pression favorable au malaxage effectué par la vis.

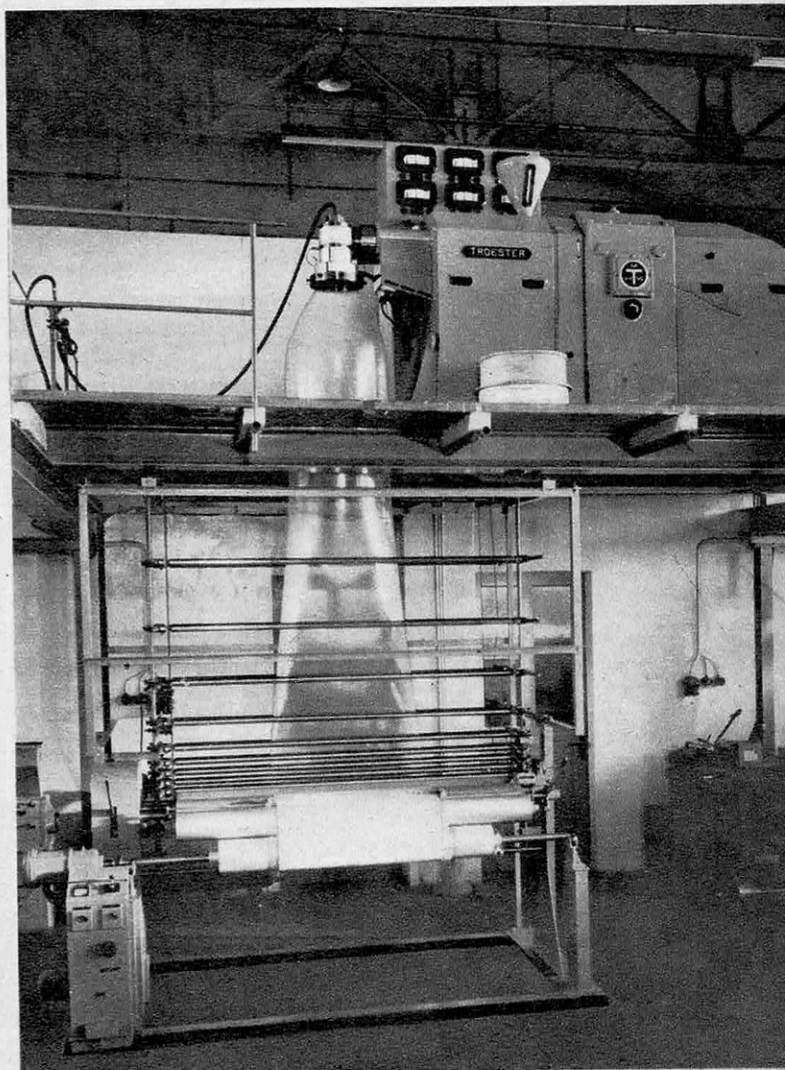
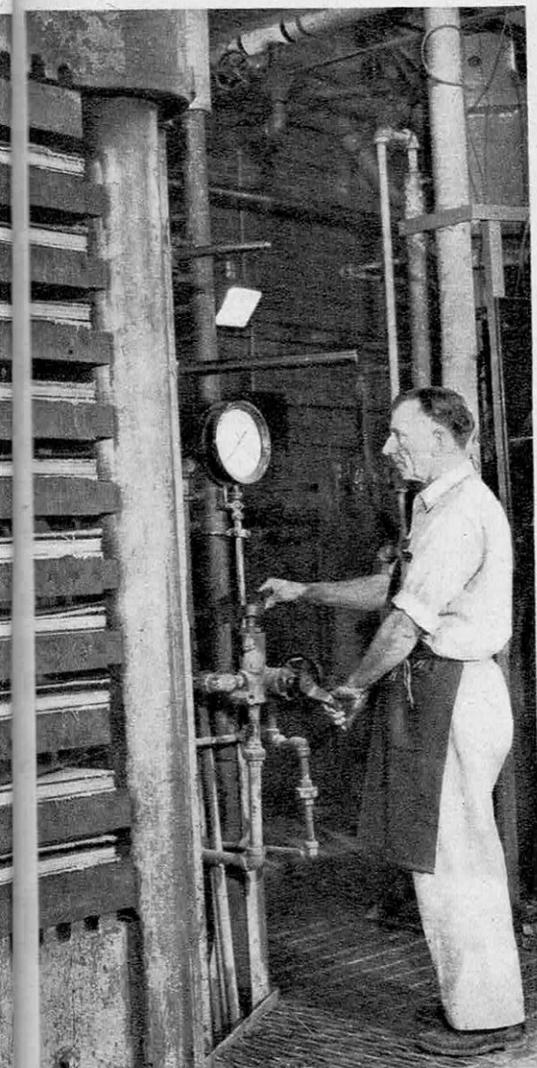
Ces tamis, dont la finesse varie de 20 à 200 mailles, sont supportés par des grilles à trous, en acier inoxydable. Un dégorgeoir réglable par vis-pointeau évite de détériorer la filière, lorsque la matière est encore trop froide à la mise en route pour pouvoir la traverser.

Le chauffage est généralement assuré par des résistances électriques placées sur des chemises creuses en bronze entourant le cylindre et réglées par pyromètres contacteurs très sensibles. Dès que le courant est coupé temporairement, un ventilateur propulse de l'air froid autour du cylindre pour éliminer la chaleur engendrée par le malaxage.

Les boudineuses les plus importantes ont une vis de 200 mm de diamètre avec une capacité nominale de 300 kg/heure environ.

durcissable, sont empilées puis soumises à en plaques résistantes et de structure homogène.

● Des films de polyéthylène sont obtenus par extrusion d'un tube qui est distendu par soufflage et s'enroule sur des cylindres.



FABRICATION DES FEUILLES ET FILMS

Il existe plusieurs façons de fabriquer des feuilles ou des films de matière plastique :

— laminer une masse rendue plastique par la chaleur entre plusieurs cylindres à température contrôlée. C'est l'opération de *calandrage*. On emploie le même terme quand il s'agit de déposer un film ou une feuille sur une nappe de tissu ;

— débiter un bloc de matière plastique en tranches minces à l'aide d'une sorte de raboteuse, appelée trancheuse. C'est l'opération de *tranchage* ;

— comprimer à chaud une masse plastique entre des plaques métalliques polies. C'est l'opération de *pressage* ;

— boudiner un cylindre puis l'ouvrir suivant une génératrice pour les feuilles, boudinage et soufflage d'un tube fermé, fendu suivant une génératrice pour les films extra-minces.

Chacune de ces opérations est décrite par une illustration de cet article.

FABRICATION DES STRATIFIÉS

A partir de feuilles de tissu, de papier, imprégnées ou revêtues d'une matière agglomérante, on réalise des plaques par pressage, des

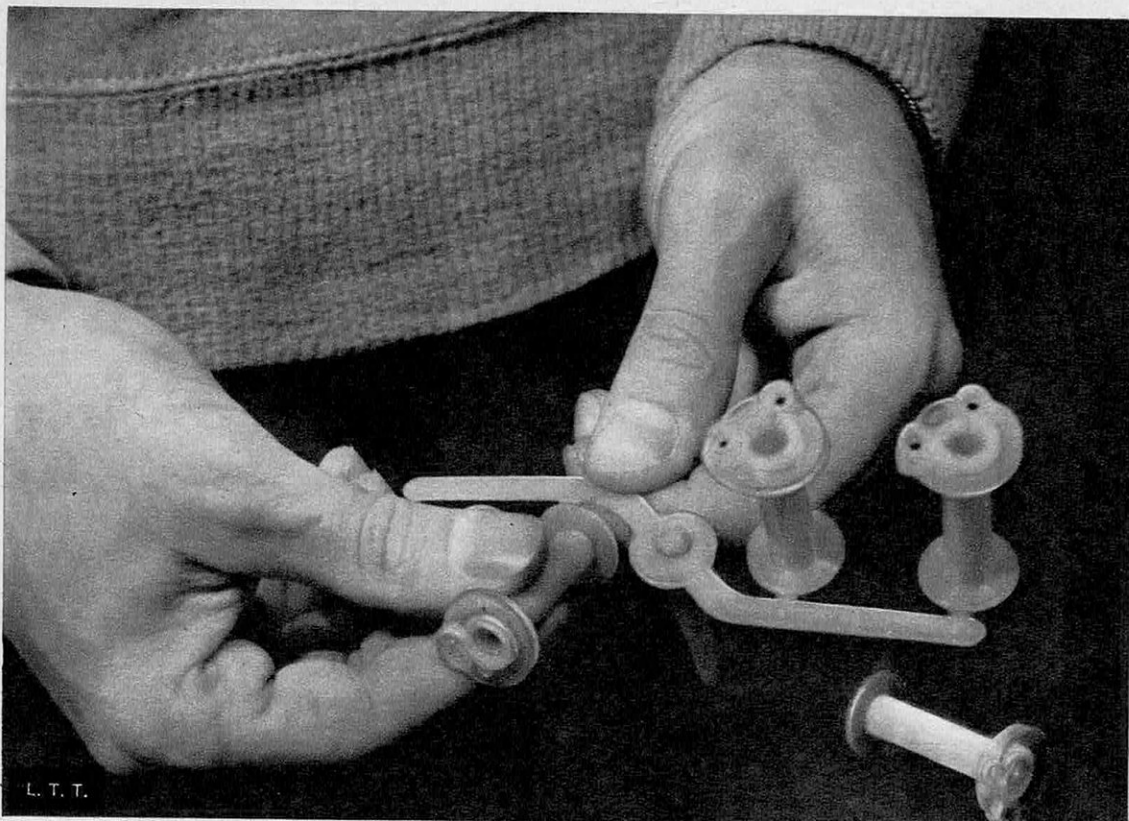
bâtons par enroulage sous tension des feuilles sur elles-mêmes ou des tubes par enroulage sur mandrin.

Dans certaines machines à enrouler, le mandrin est placé au centre de trois rouleaux ; deux sont chauffants et le troisième donne la pression nécessaire. Le durcissement de la résine agglomérante s'effectue ensuite à l'étuve à air chaud ou dans des moules.

Les plaques stratifiées sont obtenues dans les grosses installations modernes sur des presses chauffantes de 5 000 tonnes avec dispositifs de chargement, de déchargement et contrôle des cycles de moulage à partir d'un poste central.

Dans cette étude forcément rapide et incomplète, nous avons seulement passé en revue les principaux procédés actuellement mis en œuvre pour le travail des plastiques. Ce qu'il importe ici de souligner c'est que, au service d'une industrie jeune et en pleine expansion, ils sont appelés à évoluer et à se diversifier rapidement, soit qu'un champ nouveau d'application s'offre à une des matières déjà connues, soit qu'un matériau aux propriétés inédites sorte du laboratoire pour aborder la production industrielle.

M. Bioret.



● Ces carcasses de bobinage électrique en Nylon sont moulées par injection. Ci-dessus, une « grappe » de

bobines moulées simultanément et encore réunies par la matière solidifiée dans les canaux d'injection.



DU PONT DE NEMOURS

LE NÉOPRÈNE EST LIVRÉ A L'UTILISATEUR EN UNE "CORDE" COUPÉE EN TRONÇONS

LES NOUVEAUX CAOUTCHOUCS DE SYNTHÈSE

EN 1953, les États-Unis, le Canada et l'Allemagne ont produit, à eux seuls, 935 000 tonnes de caoutchouc synthétique, c'est-à-dire plus de la moitié de la production mondiale de caoutchouc naturel, qui s'est élevée à 1 725 000 tonnes.

On peut prédire qu'avant cinq ans les deux tiers du caoutchouc consommé dans le monde seront d'origine synthétique. Déjà, depuis 1952, en Amérique du Nord, les caoutchoucs synthé-

tiques représentent 65 % de la consommation totale.

A l'origine, ce prodigieux développement eut des motifs stratégiques. Aujourd'hui les caoutchoucs synthétiques ont définitivement conquis droit de cité, non seulement en raison de l'augmentation générale de la consommation à laquelle ne pourraient suffire les plantations d'hévéas, mais surtout à cause de leurs propriétés particulières, parfois plus

intéressantes que celles du produit naturel.

Déjà, dès le début de la première guerre mondiale, l'Allemagne, coupée de ses importations par le blocus allié, avait entrepris la fabrication industrielle du caoutchouc synthétique. Mais la qualité était médiocre et le prix de revient élevé. Après l'armistice, les usines furent arrêtées. Les chimistes allemands continuèrent néanmoins leurs recherches en laboratoire. Elles aboutirent peu de temps avant la seconde guerre mondiale.

Le 7 décembre 1941, le désastre de Pearl Harbor coupait à peu près complètement les Etats-Unis de leurs sources habituelles d'approvisionnement. Depuis une dizaine d'années, la firme Du Pont de Nemours avait mis sur le marché un synthétique, le Néoprène, dont le prix de revient était relativement élevé et la production limitée. Le problème ne se posait, en effet, pas du tout de la même façon qu'en Allemagne où, préparant la guerre, les chimistes cherchaient à mettre au point un synthétique qui pût remplacer le naturel et fût dérivé de matières premières nationales. En Amérique, l'effort avait porté sur la recherche d'un synthétique meilleur à certains égards que le caoutchouc naturel. A la fin de 1942, l'industrie privée, mise à part la Du Pont de Nemours et, dans une moindre mesure, quelques autres grandes compagnies telles que Goodrich et Goodyear, ne produisait que très peu de synthétique. Le gouvernement prit donc l'initiative de faire construire de vastes usines destinées, par ordre d'importance, à la fabrication du G. R. S. (Buna S), du G. R. I. (Butyl), du

G.R.M. (Néoprène) et des différents types de Buna N. Le résultat fut qu'en 1945, on put produire un total de 830 780 t de synthétique.

Les installations, gérées par la Reconstruction Finance Corporation et dont la valeur est estimée à 500 millions de dollars, furent maintenues en production après la guerre et doivent être cédées à l'industrie privée pour le 31 janvier 1955.

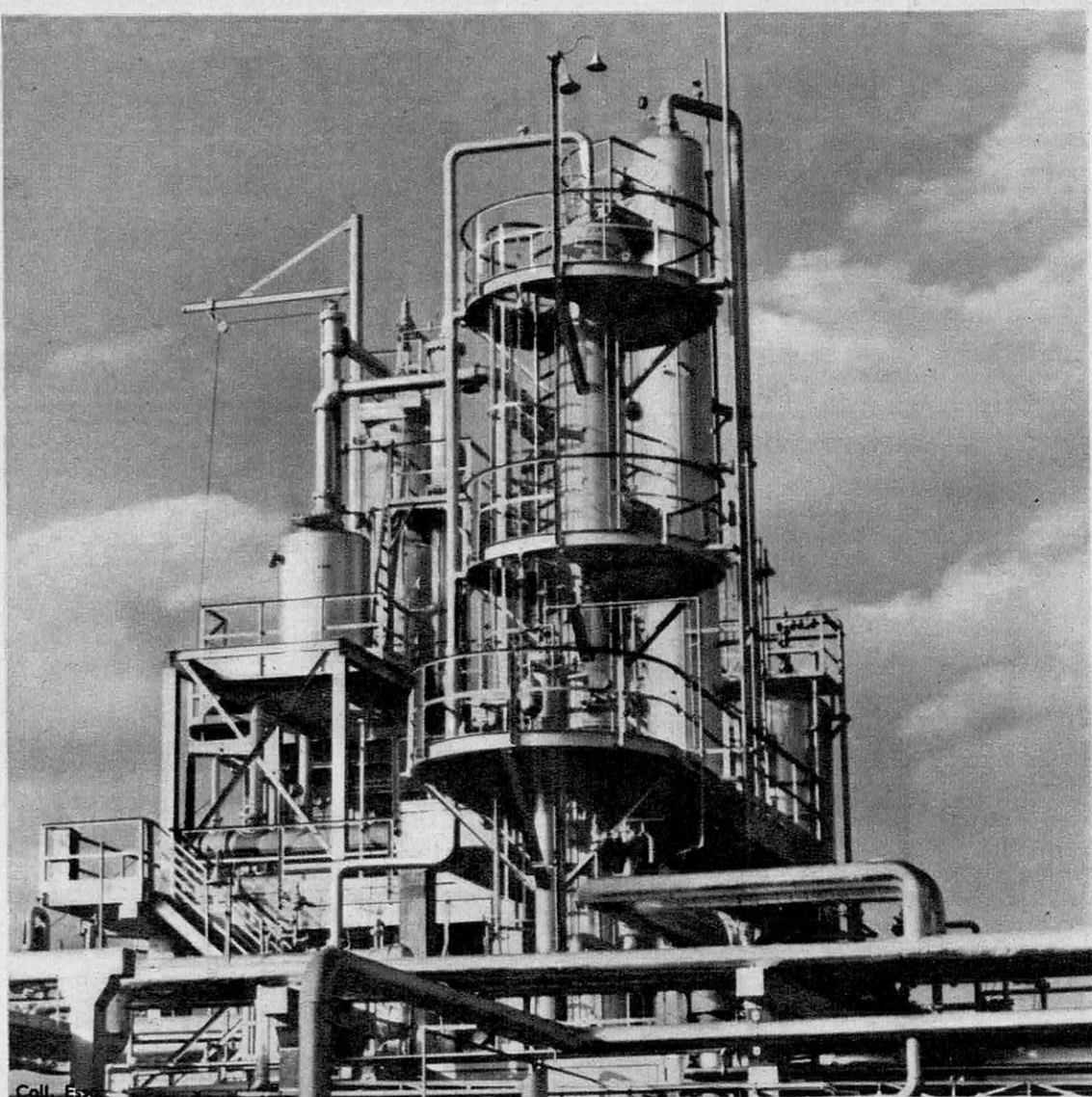
ON N'IMITE PLUS LE PRODUIT NATUREL

Les recherches en vue de la fabrication de caoutchouc synthétique furent d'abord orientées vers la production d'isoprène, monomère du latex dont notre compatriote Bouchardat avait réussi, dès 1879, à obtenir la polymérisation. C'était, on s'en rendit compte bientôt, faire fausse route. Dans cette « cuisine » simpliste il manquait toujours quelque chose pour que le produit obtenu valût le latex d'hévéa. Pendant la guerre de 1914, les recettes les plus extraordinaires furent expérimentées par les chimistes allemands. Comme l'on savait que le caoutchouc naturel renferme des protéines et des résines, on essaya d'en incorporer aux mélanges synthétiques en y ajoutant, pendant la réaction, du sang, du sérum, de l'amidon, de l'urée, de la glycérine, de l'albumine tirée des blancs d'œufs, de la gélatine, etc., sans obtenir, pour autant, de résultats satisfaisants.

Puis l'on se souvint que le butadiène, dont la



FEUILLES CRÉPÉES ET LATEX DE G R S, BLOC ET DISPERSION AQUEUSE DE BUTYL



A L'USINE DE BUTYL DE BAYTOWN (USA), UNITÉ D'EXTRACTION D'ISOBUTYLÈNE

polymérisation avait été accomplie par le Russe Léopold Lebedeff, était un homologue de l'isoprène où le groupe « méthyl » était remplacé par un atome d'hydrogène. Et l'on s'aperçut que la polymérisation du butadiène et le remplacement d'un de ses atomes d'hydrogène par un autre groupe ou par un atome de chlore étaient des opérations relativement plus simples que la polymérisation et « l'amélioration » du diméthylbutadiène, base des caoutchoucs synthétiques allemands de la première guerre mondiale, lequel semblait se rapprocher davantage de l'isoprène.

En fait, aujourd'hui, à part le Néoprène, produit à partir de l'acétylène (mais qui pourrait être produit à partir du butadiène) et les « nouveaux » synthétiques encore au stade expérimental, dont il sera question plus loin, le butadiène est la base principale de la plupart des caoutchoucs synthétiques.

Le butadiène peut être produit, soit à partir d'alcool, soit à partir du gaz naturel ou de certaines fractions de cracking du pétrole.

AVEC DU CHARBON, DE LA CHAUX ET DU SEL

Le Néoprène, fabriqué aux États-Unis, et le Sovprène, fabriqué en U.R.S.S., font appel à des matières premières encore plus communes : le charbon et la chaux qui fournissent le carbure de calcium, et par là, l'acétylène, le sel marin donnant le chlore qui se fixe sur le polymère.

Les premiers essais pour l'obtention du Néoprène, appelé Duprène lors de sa mise sur le marché par la Du Pont de Nemours, furent basés sur les travaux de J.A. Nieuwland concernant l'acétylène. Ce dernier est rapidement et fortement absorbé par une solution aqueuse de chlorure cuivreux et de chlorure

d'ammonium. On obtient par saturation un liquide huileux d'où l'acétylène a disparu et qui renferme trois polymères de ce gaz : le monovinylacétylène, le divinylacétylène et le trivinylacétylène. Le premier, formé par l'union de deux molécules d'acétylène, est le plus intéressant. La fixation, par réaction avec l'acide chlorhydrique, d'un atome de chlore donne le chloroprène. Ce dernier, émulsionné dans une solution aqueuse d'oléate de sodium ou d'agents similaires en présence d'ammoniaque pour empêcher la coagulation, donne le polychloroprène ou latex synthétique.

Diverses améliorations ont été récemment apportées, en particulier pour la vulcanisation du Néoprène, laquelle, en principe, n'est pas nécessaire pour les usages courants, mais améliore les qualités du produit pour ses usages industriels. C'est ainsi que cet élastomère garde maintenant ses propriétés entre -40°C et 150°C , présente une très grande résistance à l'ozone et ne s'altère pas en cours de stockage.

LE SYNTHÉTIQUE « TYPE » : LE G.R.S.

Bien que certains pensent que le Butyl se classera un jour au premier rang des élastomères, actuellement le G.R.S. est, de loin, le plus répandu. Il en existe d'ailleurs de nombreuses formules qui, toutes, se ramènent à une réaction de base destinée à produire un copolymère de butadiène et de styrène.

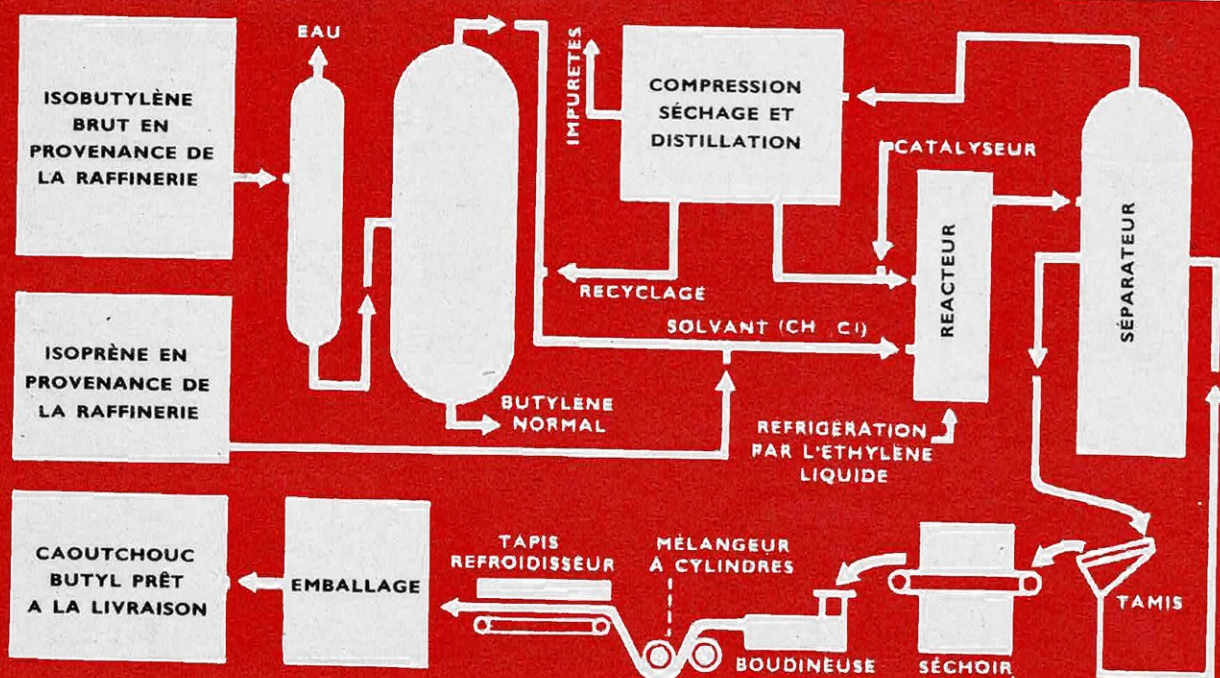
A l'origine, cette réaction était obtenue « à

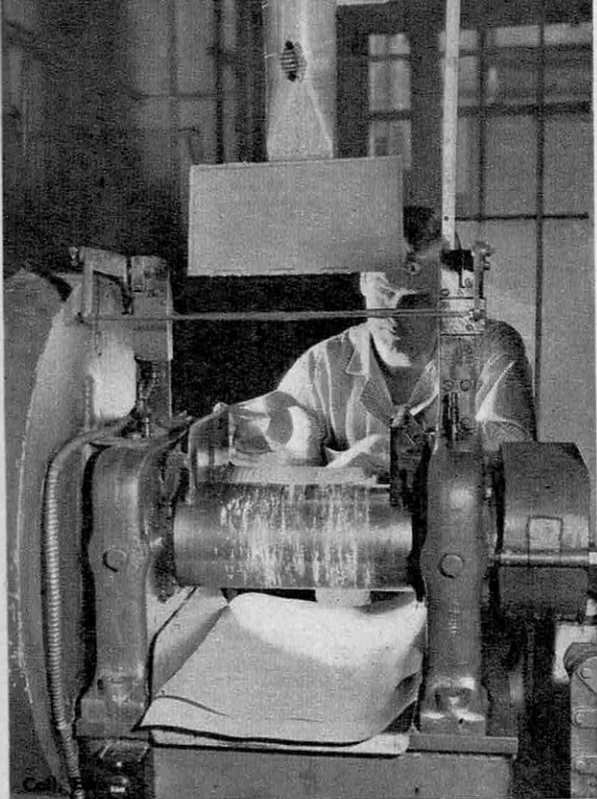
chaud », c'est-à-dire à une température de 50°C . Mais, de plus en plus, cette méthode est abandonnée au profit de la copolymérisation « à froid » où la température des cuves est maintenue à $+5^{\circ}\text{C}$ par circulation de saumure dans leur double enveloppe. Ce dernier procédé, plus économique, sert à préparer 60 % du G.R.S. La structure du polymère « à froid » est légèrement différente de celle du polymère « à chaud », lequel offre une meilleure résistance à l'abrasion. Des modifications de formule permettront sans doute au « cold G.R.S. » d'égaliser son aîné.

En attendant, la B.F. Goodrich vient de mettre au point un procédé de fabrication à froid du G.R.S. par circulation dans un tube d'acier du butadiène et du styrène en présence d'un catalyseur à action ultra-rapide. Dans ces conditions, pour un même tonnage, la réaction s'opère en continu en 15 à 20 minutes au lieu de nécessiter 10 à 12 heures en cuves.

Second avantage : la réduction du prix de revient. Déjà certaines qualités de G.R.S. produit à chaud sont « étendues » d'huile dans une proportion moyenne de 25 % mais qui peut atteindre 50 %. Le résultat est que ces sortes sont vendues entre 17 et 18 cts seulement la livre anglaise. Les élastomères « étendus » sont surtout employés dans la confection des carcasses de pneumatiques.

Enfin, un autre type de G.R.S. « hot » est produit avec du butadiène pour 70 %, du styrène pour 30 % et un catalyseur dénommé





● Dans ces lamineurs on essaie au laboratoire l'action des plastifiants, charges et pigments qui conféreront au caoutchouc brut les qualités définitives désirées.



● A l'usine Esso-Standard de Bâton Rouge (Louisiane), le Butyl brut sortant du séchoir est laminé en feuilles de crêpe qui sont vendues aux utilisateurs.

« Nitrazole ». L'élastomère obtenu a des propriétés comparables à celles du G.R.S. préparé à froid.

LES SYNTHÉTIQUES AU NITRILE

Ce sont les Buna-N ou Perbunan, copolymères de butadiène et de nitrile acrylique. Bien qu'ils soient d'une très grande élasticité, d'une haute résistance au vieillissement et aux solvants ordinaires, ce type d'élastomères n'est pas actuellement produit en quantités importantes. Cela tient sans doute à ce qu'ils exigent un laminage prolongé pour acquérir la plasticité et l'aptitude à la pénétration des

charges et des colorants. Toutefois on a constaté qu'en y incorporant de l'argile on peut les utiliser avec avantage dans la construction aéronautique car cette charge augmente leur résistance aux carburants à haut indice d'octane, améliore leurs propriétés électriques et leur tenue aux températures élevées. Inversement, la résistance du Buna-N aux solvants décroît proportionnellement à l'augmentation du pourcentage de nitrile acrylique.

Un dérivé du Buna-N, le *Tempron*, qui s'apparente à l'ébonite, est employé pour les équipements ou parties de machines exposés aux substances chimiques corrosives à haute température.

LE BUTYL

A l'inverse des autres élastomères précédents qui peuvent être mélangés entre eux ou avec du caoutchouc naturel, le Butyl ne s'accorde ni avec les uns ni avec les autres. Même dans la proportion de 1 % il constitue pour eux un véritable « poison », qui provoque des irrégularités lors des opérations de traitement, amène des boursofflures lors de la vulcanisation et diminue leurs qualités de résistance.

C'est cependant un excellent matériau dans la fabrication duquel il entre 1,5 % à 3 % de butadiène — ou d'isoprène — et 97 à 98,5 % d'isobutylène, d'où son nom (on le dénomme

← FABRICATION DU BUTYL

Le Butyl est obtenu par copolymérisation à -95°C d'isobutylène et d'isoprène. Le catalyseur est généralement du chlorure d'aluminium. La chaleur dégagée est considérable, et le réacteur est énergiquement refroidi par l'éthylène liquide qui bout à -103°C . Le caoutchouc précipite en fines particules et la réaction est stoppée par addition d'eau. Après évacuation de l'eau, la masse pâteuse de caoutchouc brut est homogénéisée par passage dans les boudineuses et les mélangeurs à cylindres.

également G.R.I. aux États-Unis). On ajoute, au cours de la copolymérisation qui s'opère à très basse température (-95°C), un anti-oxydant. Le Butyl est, en fait, un sous-produit de l'industrie de raffinage du pétrole puisque l'isobutylène provient du cracking catalytique et que le butadiène peut être remplacé par de l'isoprène en provenance des essences légères de cracking.

Il trouve son utilisation principale dans la fabrication des chambres à air, sa porosité dans ce domaine étant huit à dix fois inférieure à celle du caoutchouc naturel. L'industrie des pneumatiques l'emploie aussi pour cette raison pour les moules à air comprimé servant au formage des enveloppes. Vient en troisième position l'isolation des fils et câbles électriques, les adhésifs, les revêtements de cuves et de réservoirs, les joints, les tuyaux pour la vapeur, les courroies convoyeuses, les semelles et les articles pour chaussures, les jouets, les canots pneumatiques.

La résistance du Butyl à la déchirure surpasse celle des autres élastomères ; elle est due à un enchevêtrement particulier de ses « fibres », ce qui pose parfois un problème pour les traitements mécaniques précédant la fabrication des articles.

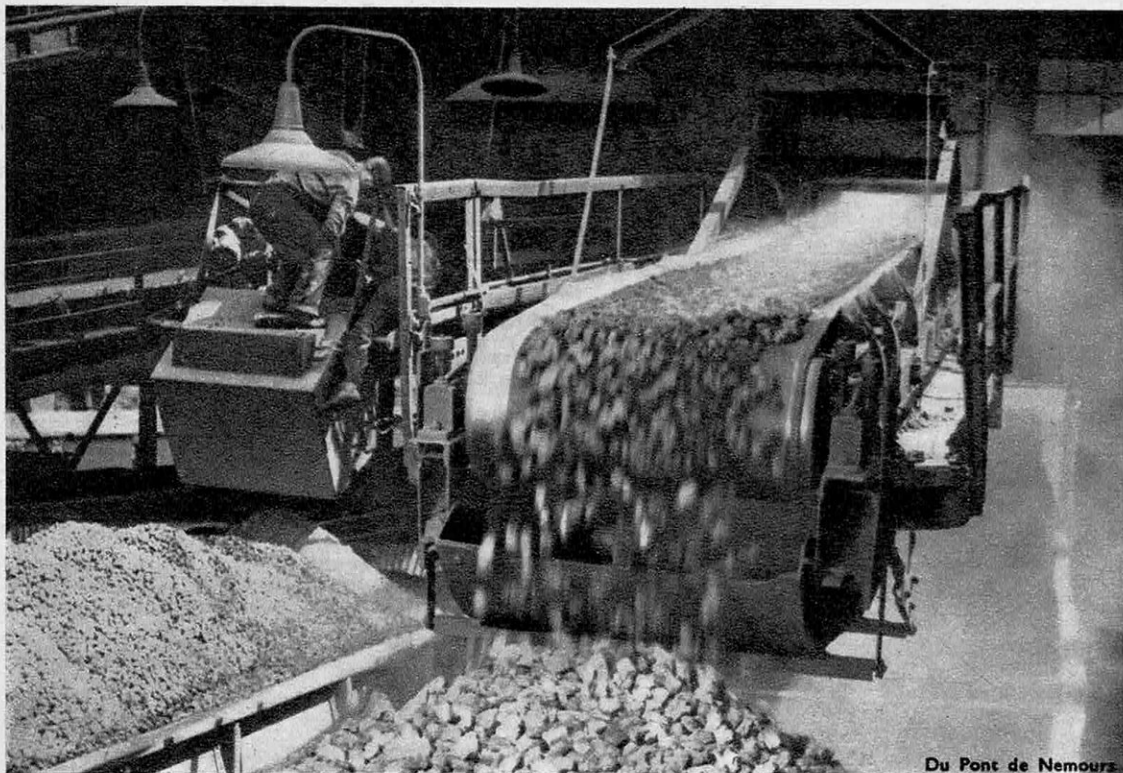
LA GAMME DES ÉLASTOMÈRES S'ÉTEND CHAQUE ANNÉE

En dehors des sortes précédentes qui constituent actuellement, et constitueront sans doute encore pendant quelques années, l'essentiel des élastomères produits dans le monde, on assiste, soit en laboratoire, soit en installations pilotes, à des essais de formules nouvelles. Certaines semblent particulièrement intéressantes et supplanteront peut-être les types actuels, d'autres donneront peut-être lieu à des productions réduites d'élastomères spéciaux destinés à répondre à des besoins bien déterminés.

Dans cette seconde catégorie rentrent les élastomères aux silicones qui, après quelques années de service, confirment les espoirs que leur présentation avait fait naître.

Le *Thiokol*, mis au point depuis une dizaine d'années, est un élastomère qui a la particularité de comprendre un atome de soufre dans sa molécule. Il est particulièrement employé dans la fabrication de revêtements protecteurs pour l'acier en contact avec l'eau de mer, l'eau distillée et différents solvants.

Une mention spéciale doit être réservée aux nouveaux élastomères allemands, dénommés *Vulcollans*. Ils résistent à l'ozone, aux huiles, à



Du Pont de Nemours

● Dans une grande cokerie américaine, cette courroie transporteuse charge sans arrêt du coke très chaud (80°C) et recouvert d'un film d'huile. Une courroie

ordinaire ne résisterait pas à des conditions de travail aussi dures. Grâce à son revêtement de Néoprène, elle fonctionne depuis 4 ans sans usure appréciable.

l'essence ; leur résistance à l'abrasion et à la déchirure, leur tenue aux basses températures sont excellentes. Ils en sont encore à la période des essais, mais déjà on a constaté qu'ils donnent, utilisés pour les talons de chaussures, un service dix fois plus long que le caoutchouc naturel. On a réalisé en Vulcollans des bandages pleins, des pneus de bicyclette et des produits cellulaires dénommés « Moltoprènes ». Leur prix de revient est actuellement assez élevé, mais leurs possibilités semblent très intéressantes.

Un polymère similaire au précédent mais qui se travaille plus facilement, est le *Chemigum S L*, produit aux États-Unis. Sa résistance à la traction, à l'abrasion et à la déchirure sont excellentes. Il paraît être aussi imperméable à l'air et aux gaz que le Butyl, résister aussi bien aux huiles que le Néoprène et s'oxyder moins que les meilleurs autres élastomères. Des bandes de roulement de pneus, réalisées en Chemigum ont tenu de deux à cinq fois plus longtemps que celles réalisées avec le meilleur G.R.S. produit à froid.

Une série de polymères thermoplastiques dérivés des élastomères, les *Hydropol*, ne deviennent pas cassants à la température de l'azote liquide ($-195,8^{\circ}\text{C.}$). Quelques-unes des plus importantes utilisations envisagées sont l'isolement des fils et câbles électriques, les feuilles minces, les tuyauteries et certains articles moulés.

Un polyéthylène chlorosulfoné, contenant 27,5 % de chlore et 1,5 % de soufre, dénommé *Hypalon*, présente une résistance exceptionnelle à l'action des produits chimiques et des solvants, à l'effet des agents d'oxydation, et, enfin, à l'absorption des liquides. Mélangé à raison de 25 % avec du G.R.S. il confère à ce dernier, dans son emploi comme bande de roulement des pneus, une plus grande résistance à l'abrasion, au vieillissement.

APPLICATIONS NOUVELLES

Il est impossible de dresser la liste complète des nouvelles applications des élastomères. Une des plus curieuses, qui s'inscrit en faux contre la conception généralement admise que le caoutchouc est un matériau isolant, concerne la production d'élastomères conducteurs d'électricité, dans une certaine mesure bien entendu. On y parvient en augmentant le pourcentage de noir de fumée, élément conducteur, et en diminuant la dimension de ses particules. Ainsi, au lieu de s'agréger en masses compactes isolées, il forme des chaînes de particules jointives et conductrices. L'inconvénient majeur est que cette adjonction massive de noir de fumée durcit l'élastomère et diminue sa résistance à la traction.

Ces caoutchoucs conducteurs sont utilisés

en aéronautique pour les dégivreurs de bord d'attaque des ailes, dans l'industrie pour les courroies de transmission et les courroies convoyeuses où l'accumulation d'électricité statique risquerait de provoquer des accidents lorsqu'il s'agit de fabrication ou de mise en œuvre de matières inflammables.

La « route en caoutchouc » par l'adjonction de latex aux liants des matériaux de revêtement, fait actuellement l'objet d'essais importants. Des pistes d'atterrissage d'avions à réaction ainsi revêtues résistent aux contraintes énormes provoquées par la vitesse et le poids des appareils.

La S.N.C.F. a fait installer pour le support des voies, sur certains parcours expérimentaux, des traverses en caoutchouc.

Les cuirs pour chaussures — y compris les semelles — et pour maroquinerie ou articles de voyage qu'on pouvait imprégner avec du latex naturel depuis 1949, le sont maintenant avec une dissolution de Butyl. Dans le cas des semelles, l'absorption d'eau est réduite de moitié tandis que la résistance à l'abrasion est doublée.

Enfin, on sait que l'industrie de la peinture est actuellement révolutionnée par les peintures « sans odeur » qui sont des dispersions de latex et de pigments dans de l'eau. En dehors de l'utilisation domestique ou industrielle, certaines de ces peintures servent à revêtir les surfaces des avions à réaction. Elles bouchent les pores microscopiques des feuilles métalliques formant les ailes ou la coque et permettent un meilleur écoulement des filets d'air.

LE CAOUTCHOUC SYNTHÉTIQUE EN FRANCE

Jusqu'à présent, aucun des projets de mise en fabrication de caoutchouc synthétique en France n'a été mis à exécution. Dans un avenir proche, cependant, la France va devenir productrice. En effet plusieurs firmes de l'industrie chimique et de l'industrie pétrolière, dont Esso-Standard qui possède la licence des brevets de fabrication, ont constitué, il y a deux ans, le Syndicat d'Etudes du Caoutchouc Butyl. Une usine doit être installée à Port-Jérôme, près de Rouen. L'isobutylène nécessaire proviendra des unités de cracking du pétrole, mais l'isoprène sera importé. Cent cinquante ouvriers suffiront à assurer le fonctionnement de l'usine que l'on espère mettre en marche en fin 1956 et dont la capacité de production sera de 20 000 tonnes par an. La capacité d'absorption du marché français étant évaluée à environ 120 000 tonnes, il restera un tonnage appréciable pour l'exportation.

Jacques Louvière

**Des propriétés étonnantes,
Des applications inattendues**

LES SILICONES, PRODUITS

LE terme « silicone » désigne tout un ensemble de produits entièrement synthétiques — ils n'existent pas dans la nature — dont les molécules sont constituées par un squelette d'atomes alternés de silicium et d'oxygène, auxquels sont fixés divers radicaux organiques. L'architecture de ces édifices n'est pas sans analogie avec celle des molécules géantes de la chimie organique. Cependant leur étude constitue une nouvelle branche de cette chimie qui touche en certains côtés à la chimie minérale. Pendant près d'un siècle, les silicones ne furent que des curiosités de laboratoire. Le chimiste anglais F.S. Kipping qui, avec un intérêt jamais lassé, les étudia pendant quarante-cinq années et leur consacra près de soixante

mémoires entre 1899 et 1944, ne croyait pas, jusqu'en 1937, qu'ils pussent faire l'objet d'une application industrielle quelconque.

Or, depuis fin 1942, lorsque la Dow Corning Corp. d'une part, la General Electric Co d'autre part, entreprirent la fabrication des silicones pour répondre aux nouveaux besoins de l'aviation militaire américaine, le champ de leurs applications n'a cessé de s'étendre. Après la cessation des hostilités, ces nouveaux produits purent être commercialisés et connurent rapidement une faveur extraordinaire. En neuf ans, l'industrie des silicones aux États-Unis a décuplé ses ventes et compte les tripler encore d'ici 1959. En Europe, en France particulièrement, l'industrie des silicones prend un essor



Dow Corning

ON VAPORISE DES SILICONES FLUIDES POUR FACILITER LE DÉMOULAGE DES PNEUS

D'AVENIR

Avec une émulsion à base de silicones, l'entretien des moules est plus aisé, les objets moulés ont une surface sans défaut.



Dow Corning

rapide. Déjà leurs premières applications à des articles de grande consommation en ont popularisé le nom.

MOITIÉ VERRE, MOITIÉ PLASTIQUE

Le silicium est le constituant essentiel du verre. Celui-ci, le plus ancien des matériaux thermo-plastiques synthétiques, dont plus de 12 milliards de kilogrammes sont fondus chaque année dans le monde, reste en dépit de certains traitements modernes un matériau fragile. Dans l'industrie, il est parfois difficile de l'utiliser. Il faut le travailler à haute température, et il n'est flexible que lorsqu'on en fait des rubans étroits ou des filaments de 2 à 3 microns d'épaisseur qu'on emploie surtout comme isolants thermiques et électriques.

Les plastiques transparents ou translucides qui le supplantent pour certaines de ses applications se rayent facilement, se ramollissent ou se déforment à des températures relativement basses.

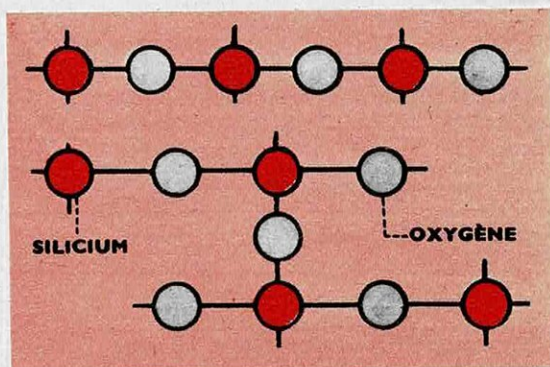
Entre les verres et les plastiques, le fossé est, en partie, comblé par les silicones.

A la silice, ils doivent leur inertie chimique, leur résistance à l'extrême froid et aux températures élevées. A leurs groupes organiques, ils doivent leur fluidité, leur malléabilité, leur élasticité.

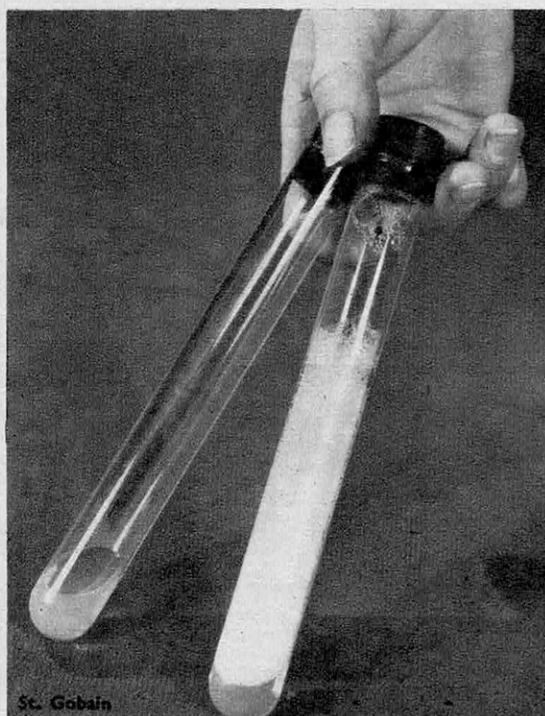
COMPOSITION DES POLYMÈRES SILICO-ORGANIQUES

Les molécules des silicones sont des enchaînements d'atomes de silicium et d'oxygène analogues aux molécules des polysilicates naturels, mais auxquels sont greffés, par liaison directe carbone-silicium, des radicaux carbonés variés qui confèrent à la chaîne ses propriétés spéciales.

La possibilité de ce « greffage » apparaît immédiatement si l'on se rappelle que l'atome de silicium (comme d'ailleurs l'atome de car-



● Les molécules de silicones sont des enchaînements d'atomes de silicium et d'oxygène ; aux valences libres peuvent être rattachés des radicaux carbonés. En haut, chaîne droite ; en bas, chaînes liées transversalement.



● Les deux tubes contiennent la même solution, mais à gauche on a ajouté une très petite quantité d'un silicone antimoussant qui a « cassé » la mousse.



● Cette graisse de silicone spéciale est utilisée pour sceller et lubrifier les joints de l'appareillage de laboratoire où l'on doit faire un vide très poussé.

bone) est tétravalent, c'est-à-dire possède quatre « bras » pour s'unir à d'autres atomes, et que celui d'oxygène est bivalent. Contrairement à ce qui se passe dans la chimie du carbone, le silicium ne s'unit à lui-même que par un pont d'oxygène. Ainsi, dans la partie centrale d'une chaîne, chaque atome d'oxygène sera soudé de part et d'autre à un atome de silicium et sera « saturé » ; chaque atome de silicium, par contre, conservera deux valences disponibles pour le « greffage » de radicaux carbonés.

On peut obtenir une structure plus complexe en réalisant des liaisons transversales entre deux chaînes par l'intermédiaire de ponts d'oxygène qui se logent entre des atomes de silicium, ou en branchant, toujours par l'intermédiaire d'atomes d'oxygène, des chaînes sur une autre.

Théoriquement, en rassemblant en nombre plus ou moins grand des unités structurales appropriées, on peut construire des polymères d'apparence variée, dont certains seront des liquides huileux, d'autres constitueront des élastomères, d'autres encore des résines.

PROPRIÉTÉS PARTICULIÈRES DES SILICONES

Toutes les variétés de silicones ont en commun certaines propriétés tout à fait remarquables : grande stabilité thermique, grande inertie chi-

mique, excellente tenue à l'eau et à de nombreux solvants, bonnes qualités diélectriques.

La stabilité physique et chimique des silicones s'étend dans un large intervalle de température, qui varie avec la nature du produit. Certains silicones fluides restent liquides à -100° , certains élastomères restent souples entre -85° et $+320^{\circ}$, certaines huiles sont stables à $+300^{\circ}$.

Les silicones résistent remarquablement à l'oxydation et leurs hauts polymères présentent une grande inertie chimique. Ils sont en majorité dépourvus de toxicité, ce qui autorise leur emploi en thérapeutique et dans les industries alimentaires. En règle générale, ils ne sont pas solubles dans l'eau, ni même mouillables, et cette hydrophobie est à la base de larges applications. L'incompatibilité des silicones avec de nombreuses matières, aussi bien à très basse qu'à très haute température, fait qu'ils constituent des anti-adhérents sans égaux et qu'on les utilise aussi bien, par exemple, contre le givre que comme agents de démoulage.

Enfin les silicones manifestent des propriétés de surface particulières, variables suivant la nature des radicaux organiques entrant dans leur composition et qui sont à la base de leurs applications comme produits « anti-mousse ».

LES SILICONES ANTI-ADHÉRENTS ET LE MOULAGE DES OBJETS

En France, les silicones sont couramment employés comme anti-adhérents. Dans l'industrie des matières plastiques, on en garnit les moules pour pièces injectées. Pour cela, on disperse de l'huile de silicone dans un solvant gazeux à la température ambiante (puisque les moules sont froids), et on pulvérise un aérosol qui laisse un film extrêmement mince à l'intérieur des matrices. Dans le moulage par compression, on utilise une pâte ou de l'huile si le moulage est fait à froid, des solutions huileuses pour un moule entre 60 et 100° C, des émulsions si la température doit être comprise entre 100 et 180° C.

L'industrie du papier a trouvé de nombreuses applications aux silicones. Leur propriété anti-adhérente les fait employer pour les papiers d'emballage de contact des denrées alimentaires, pour les papiers carbonés, les papiers adhésifs où leur enduction sur la surface non gommée empêche son collage sur la surface gommée lors de la mise en rouleau, pour les papiers de conditionnement à chaud par coulée directe de certains produits et, enfin, pour les papiers « séparateurs ». Ceux-ci remplacent les toiles spéciales, d'emploi onéreux, habituellement utilisées pour isoler les unes des autres les feuilles de caoutchouc après façonnage.

Dans l'industrie du caoutchouc, des pulvérisations d'émulsions de silicones facilitent le démoulage des pneus, qu'il s'agisse de mélanges usuels, de mélanges à base de régénérés ou même comportant des charges adhésives et des huiles. L'application des silicones doit être renouvelée toutes les huit ou dix opérations.

Avec les moules à pain ou à biscottes, on peut obtenir 1 000 à 2 000 démoulages aisés sans renouvellement du traitement en utilisant des résines pulvérisées qui doivent alors subir une cuisson à 300° C pendant une heure. Le siliconage donne des pièces de meilleur aspect et dispense du graissage préalable des moules qui apporte souvent des mauvaises odeurs ou des points noirs.

Un mélange de siliconate et de silicate de potasse améliore le durcissement des moules en plâtre. Des vernis spéciaux, contenant de la gomme laque, du copal ou de l'acéto-cellulose, permettent de vernir ces moules.

En fonderie, on traite couramment aux silicones en émulsions graphitées les moules en coquille pour alliages légers, et directement par des huiles silicones ou des émulsions les moules en carapace formés de sable aggloméré par des résines phénoliques.

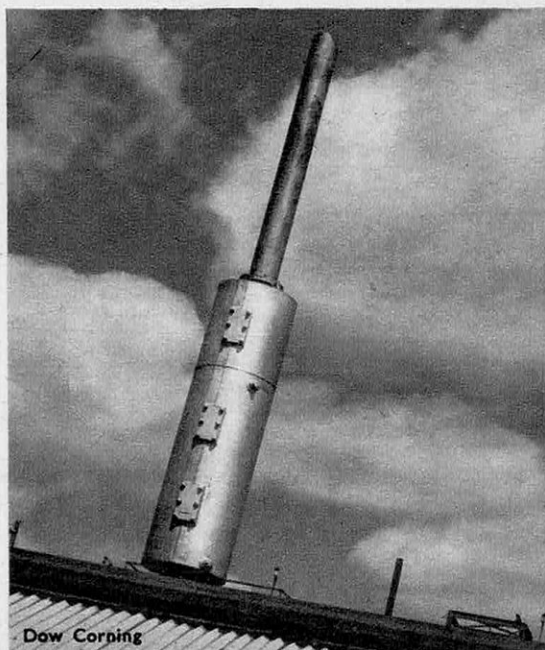
Les applications des propriétés d'anti-adhérence des silicones ne s'arrêtent pas là, et il faudrait encore citer l'enduction des courroies

transporteuses, par exemple en biscuiterie, celles des rubans adhésifs comme le sparadrap, etc...

L'HYDROFUGATION

Si elle vient en second lieu par ordre d'importance, l'utilisation des propriétés hydrofuges des silicones est, de loin, la plus spectaculaire. Elle évite, sous certaines conditions, la pénétration d'eau et la formation d'un film superficiel continu par mouillage ou par condensation. L'hydrofugation aux silicones diffère essentiellement de l'imperméabilisation courante qui supprime le passage des gaz. L'eau roule en gouttes sur la surface sans s'attacher et, si le matériau traité est poreux, la porosité est conservée pour l'air. Les textiles et la maçonnerie, par exemple, doivent demeurer perméables à l'air sans laisser passer l'eau, et c'est pourquoi il est préférable de les hydrofuger plutôt que de les imperméabiliser.

Pour les textiles, l'hydrofugation peut aujourd'hui être réalisée à la température ambiante. On peut donc traiter des vêtements confectionnés : pour une gabardine pesant, à sec, 2 kg, il suffit de 50 g de silicones. Une telle hydrofugation est intéressante même pour des tissus absorbant très peu d'eau comme le Nylon, car elle s'oppose, dans les conditions normales de pression, à la pénétration de la pluie entre les mailles du tissu. Comme il s'agit d'un traitement



● A titre expérimental, des cheminées devant supporter des températures de 265° C ont été revêtues de diverses peintures. Celle qui a été traitée par une résine silicone a bien résisté à la corrosion.

de surface, la protection finit par disparaître aux endroits subissant des frottements répétés ou un début d'abrasion. Par contre, ces traitements résistent, suivant le tissu auquel ils sont destinés, au dégraissage à sec ou au lavage alcalin.

Le traitement des papiers a d'abord été pratiqué aux États-Unis, pendant la guerre, pour les cartes nautiques et les cartes d'État-Major. Il s'est étendu aux papiers à cigarettes, aux papiers d'emballage, aux papiers peints, aux papiers isolants pour condensateurs et transformateurs et, de façon assez paradoxale, à certains papiers filtres.

L'hydrofugation des cuirs pour maroquinerie et chaussures viendra sans doute un jour. Techniquement rien ne s'y oppose, puisque les pores du cuir restent ouverts, le seul handicap actuel étant le prix du traitement qui exige des doses importantes de silicones.

Pour la maçonnerie, l'expérience a montré qu'une préparation standard ne peut hydrofuger tous les matériaux si l'on désire un traitement dont l'efficacité soit assurée pour cinq à dix ans. Il faut choisir avec soin la variété de silicones et le mode d'application suivant qu'il s'agit de matériaux dont la surface a une réaction alcaline, comme les bétons, les mortiers ou la brique, ou au contraire une réaction acide, comme le plâtre, ou enfin, de pierres siliceuses ou calcaires, de tuiles, d'agglomérés divers.

Sur les isolants électriques en verre ou en céramique, l'hydrofugation assure la dispersion

en gouttelettes de tout film de ruissellement ou de condensation et maintient ainsi leur résistance électrique superficielle.

Enfin, le siliconage des surfaces intérieures de la verrerie pour laboratoire ou pour transfusion sanguine ainsi que des flacons pharmaceutiques, utilise à la fois les propriétés anti-adhérentes et hydrofuges. L'écoulement des liquides, des émulsions, des suspensions et des poudres est grandement facilité sans qu'il en résulte aucune altération des produits au contact des parois.

REVÊTEMENTS PROTECTEURS

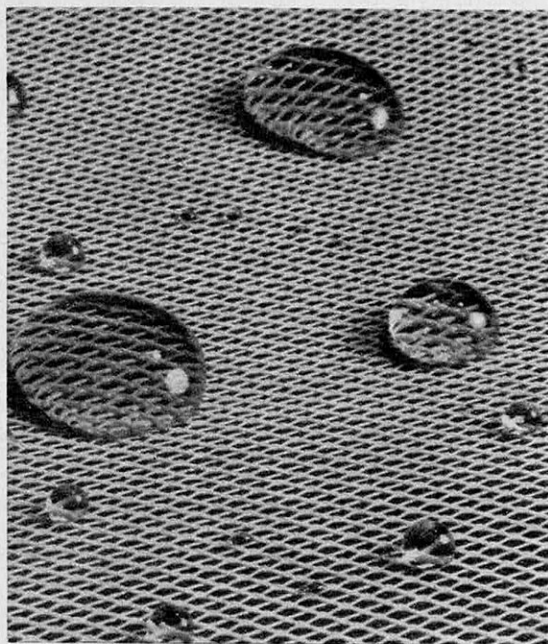
Les silicones sous forme d'émulsions sont utilisées pour revêtir des flaconnages pour produits alimentaires d'un film protecteur accroissant leur résistance aux chocs. On les applique par aérosol au moment de la recuisson du verre; il suffit d'un demi-gramme de silicone pour traiter une grosse (douze douzaines) de flacons de 150 g de capacité. Aux essais sur les chaînes de remplissage, le pourcentage de bris qui était en moyenne de 0,1 à 0,3 % s'est abaissé à 0,014 %. Un test plus convaincant encore a consisté à laisser tomber les flacons d'une hauteur de 30 cm : 7 % seulement des flacons traités furent brisés contre 51 % des flacons non traités.

L'industrie des produits d'entretien pour surfaces peintes ou vitrifiées (carrosseries d'automobiles, vitres, glaces et appareils sanitaires), pour les bois vernis ou cirés (encaustiques, cires liquides), pour les cuirs (crèmes pour chaussures, pâte et huile pour les brodequins de chasse et de sport) utilise les silicones en mélanges. Les résultats obtenus sont excellents. Ils tiennent à la fois au pouvoir hydrofuge des silicones et à l'augmentation des qualités de « couvrant » qu'elles confèrent aux cires.

Des huiles de silicones, pulvérisées par aérosol, protègent les sillons microscopiques des disques de phonographe en évitant que s'y déposent des poussières abrasives. Les grands éditeurs, qui ont pratiqué des essais rigoureux, ont constaté que les disques ainsi traités — ce qui est à la portée de tout amateur de musique enregistrée — donnent jusqu'à 500 auditions parfaites.

On sait aussi qu'on trouve maintenant des produits capillaires et des brillantines dans lesquelles certaines silicones fluides, dispersées de façon homogène et stable en émulsions aqueuses et solubilisées dans de nombreux solvants organiques, donnent au cheveu un très beau brillant qui résiste au mouillage à l'eau de pluie ou à l'eau salée.

On prépare des crèmes et pommades aux silicones empêchant la fixation dans les pores de la peau de salissures grasses, huiles et



● Une goutte d'eau glisse sur ce tissu traité par une silicone. Cependant l'air traverse aisément ses mailles.



Rhône-Poulenc

● Cette graisse siliconée forme un gant invisible pour la protection des mains contre l'eau et les lessives.



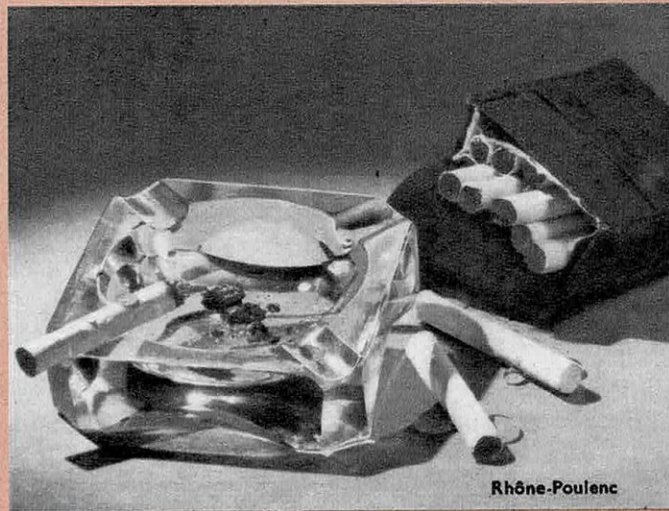
Rhône-Poulenc

● Son contact n'est pas gras. Elle est hydrofuge : l'eau se disperse en gouttelettes et ne mouille pas la peau.



Rhône-Poulenc

● La pulvérisation d'un aérosol d'une huile silicone sur les disques microsillons en réduit beaucoup l'usure.



Rhône-Poulenc

● Le papier de ces cigarettes est hydrofugé par un produit siliconé qui ne modifie pas l'arôme du tabac.

cambouis. Elles protégeraient contre les dermatites chroniques industrielles, l'eczéma des laveuses, etc... La pharmacopée américaine a prévu même des onguents siliconés pour le traitement de certaines dermatoses rebelles, pour l'isolement de brûlures et pour la protection de la peau autour des pansements humides. Leur efficacité est encore controversée, mais ceux qui doutent de leurs propriétés curatives s'accordent cependant pour reconnaître que leur usage est inoffensif et peut être utile à titre de protection.

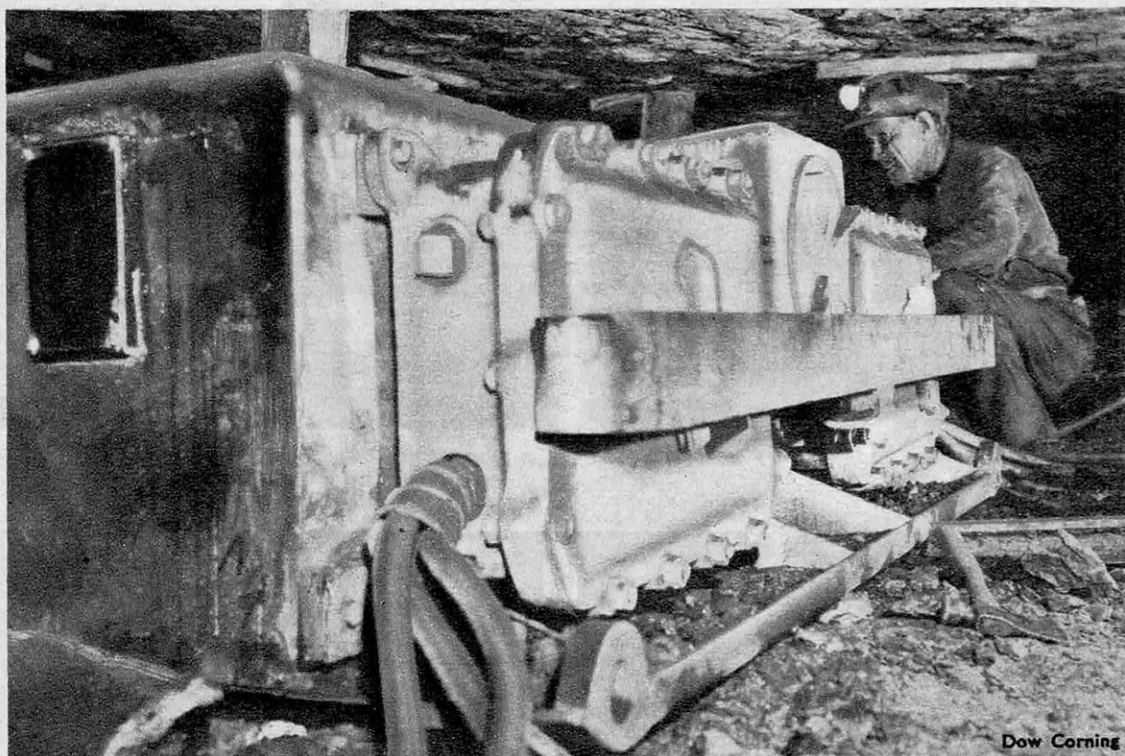
En France, l'usage de tubes transparents en caoutchouc de silicones anticoagulant pour les transfusions sanguines tend à devenir classique. Ils ont le grand avantage d'assurer un écoulement libre du sang grâce à leur non mouillabilité et de pouvoir être stérilisés sans dommage en étuve sèche à 180° C.

LES CAOUTCHOUCS DE SILICONE

Ils se caractérisent surtout par leur résistance aux températures extrêmes ce qui en fait des matériaux irremplaçables pour l'équipement des avions modernes. On les utilise par exemple pour les amortisseurs de vibrations sur lesquels sont montés les appareils délicats de mesure ou de radio. Ils constituent aussi des joints étanches de plaques d'ouvertures, qui doivent supporter sans faiblir des températures très basses à haute altitude.

Leur aptitude à résister aux températures élevées a tout naturellement conduit à utiliser des joints analogues pour des parties de turbo-réacteurs atteignant 250° C.

Les systèmes blindés d'allumage sont gainés en élastomères silicones qui résistent aussi bien à l'ozone qu'à la chaleur et mettent les circuits



● Cette haveuse d'une mine de charbon qui travaille dans des conditions très difficiles est lubrifiée aux silicones. Les huiles et graisses siliconées, dont la

viscosité est sensiblement constante à toutes les températures, assurent une marche régulière et diminuent très sensiblement la fréquence des réparations.

complètement à l'abri de l'eau et de l'humidité. Ces câblages de sécurité sont maintenant imposés non seulement en aviation militaire ou civile, mais pour les chars et voitures blindées ainsi que sur les navires de guerre. En cas d'incendie, les élastomères silicones, même détruits par le feu, laissent un gainage de silice isolante.

Toutes ces applications s'étendent maintenant à l'industrie où l'on apprécie l'inertie chimique des élastomères qui résistent à la plupart des agents non concentrés entre -30°C et $+100^{\circ}\text{C}$, restent inaltérés par les huiles et graisses tant animales que végétales et ne sont ni toxiques ni corrosifs. Des adhésifs spéciaux permettent de les faire adhérer par pression et cuisson à 120°C aux métaux, aux verres et produits céramiques. Certains, enfin, permettent de coller les uns aux autres ces derniers matériaux.

DES ÉMAUX CUITS A 200°C ET UNE PEINTURE QUI RÉSISTE A 800°C

Les résines silicones auxquelles on incorpore des pigments blancs ou de couleur prennent peu à peu la place des émaux vitrifiés pour la

fabrication des appareils ménagers. Elles s'étalent bien, ont une adhérence parfaite et ne jaunissent pas. Leur cuisson qui s'opère à 200°C , au lieu de 900°C pour les émaux céramiques, permet d'utiliser des tôles plus minces.

Il existe un type de résine à laquelle on incorpore un pigment constitué par de la poudre d'aluminium qui lui donne une très belle apparence et améliore encore sa résistance à la chaleur, laquelle atteint alors 800°C .

C'est également une résine spéciale qui est à la base d'un matériau multicellulaire nouveau destiné à l'isolation thermique et acoustique tout autant qu'à la protection contre l'incendie. On peut obtenir l'expansion de ce matériau à la place même où il doit être utilisé, ce qui rend son emploi très commode.

LES ISOLANTS ÉLECTRIQUES

Les silicones, employés exclusivement ou en association avec des matières présentant une résistance à la chaleur et une inertie chimique équivalentes à la leur, peuvent soutenir des températures de service de 200°C et résister à des pointes de 250°C ou 300°C .

L'isolation des bobinages de moteurs à l'aide de silicones permettrait donc de les « charger »

beaucoup plus. On pourrait ainsi tirer d'un moteur classique d'un quart de cheval une puissance quarante fois supérieure : 10 ch. Dans bien des cas on préfère s'en tenir aux cotes et à la température de fonctionnement normales, mais l'isolement aux silicones représente un tel accroissement de la marge de sécurité que cet emploi est justifié. La Marine américaine, en dix années, a mis en service à titre d'essai, sur des bâtiments de surface ou des sous-marins, des moteurs représentant plus de 45 000 ch, isolés par des matériaux résistant aux températures élevées. Elle admet ce type d'isolation dans les cahiers des charges et le recommande parfois.

Bien qu'en cette matière on préfère souvent s'en tenir aux solutions éprouvées, le câblage de toutes les installations des nouveaux bâtiments sera protégé par des gaines comportant, au contact de l'âme du câble, un mélange fibres de verre-résines silicones recouvert par une tresse d'élastomère silicone : le diamètre d'un câble destiné à une puissance donnée sera réduit de plus du tiers car, ainsi isolé, il est indifférent que le transport d'énergie provoque son échauffement. On y gagne à la fois sur le poids du câblage, facteur plus important encore que celui du prix pour les navires de guerre, et sur les facilités d'installation car les câbles à gros torons pour fortes intensités se



● Les isolants électriques de ce moteur hors-bord ont été hydrofugés par un vernis siliconé. Bien qu'on l'aspérge avec un seau d'eau, il ne tombe pas en panne.

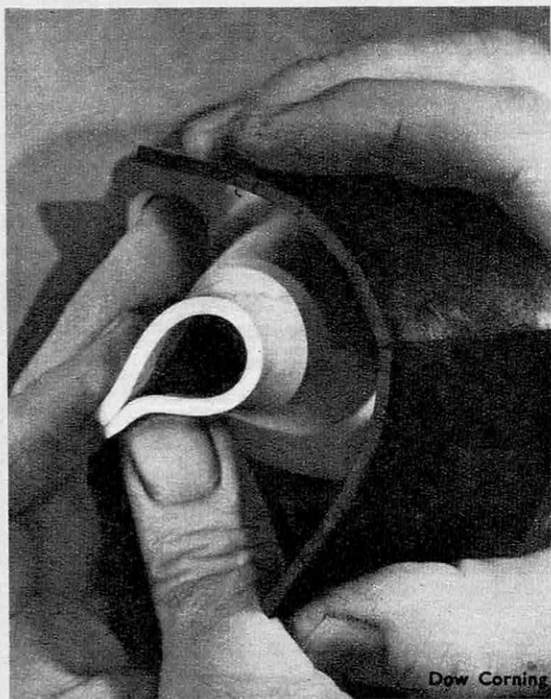
comportaient comme des barres pleines, difficiles à plier pour les adapter aux parcours sinueux.

Les problèmes d'étanchéité pour les sorties haute tension ou haute fréquence des boîtiers de condensateurs, transformateurs, etc., sont facilement résolus grâce aux résines et aux élastomères silicones.

LES ANTI-MOUSSE

Les propriétés anti-mousse des silicones sont particulièrement intéressantes étant donné leur absence complète de toxicité et, au surplus, de goût et d'odeur. L'inconvénient majeur est leur prix élevé qui a conduit à imaginer des modes opératoires permettant, non pas de les introduire dans le milieu à démousser, ce qui exigerait des quantités trop importantes, mais de les placer par quelque artifice au contact direct avec la mousse.

Le moyen élémentaire, dont l'idéale simplicité ne convient pas malheureusement dans tous les cas, consiste à pulvériser directement sur les zones de mousse, par pistolet ou aérosol, des solutions ou des dispersions d'anti-mousse à très faible concentration. Plus ingénieuse est l'installation d'un grillage fin, enduit d'anti-



● Le froid rend cassant le caoutchouc naturel (feuille noire) tandis que les élastomères de silicones (feuille blanche) demeurent souples après un séjour à -85°C .

mousse, légèrement au-dessus de la surface moussante. La mousse « casse » au contact de la grille, sans que l'anti-mousse diffuse dans le milieu où il perdrait rapidement son efficacité.

Il est possible également d'enduire la surface interne des récipients non pas dans leur totalité, mais à l'endroit où l'on veut supprimer les mousses.

En dehors des applications industrielles fort diverses, puisqu'elles vont du lavage des bouteilles à la fabrication des levures, la fermentation des moûts, la vinification, la fabrication de résines, de peintures et vernis, etc., on connaît des cas où l'art vétérinaire a fait appel aux silicones pour guérir les bovidés du météorisme ; cette affection, plus connue sous le nom de « gros ventre », est due à des dégagements de gaz, émulsionnant les liquides intestinaux au point que les fonctions vitales sont arrêtées.

LUBRIFICATION, AMORTISSEMENT

La littérature relative à l'emploi des silicones dans les huiles de graissage des moteurs à explosions est très sommaire, mais certaines informations permettent de penser que les huiles ainsi traitées, non seulement conservent une viscosité constante dans de larges limites de température, mais présentent une stabilité chimique qui permet d'espacer largement les renouvellements.

Les huiles de silicones donnent d'excellents résultats pour le graissage des engrenages en matière plastique ou la lubrification des frottements lents en présence d'eau ou de vapeur d'eau. C'est, par exemple, le cas des mâts télescopiques dont la manœuvre ne doit pas souffrir après séjour dans l'eau de mer, exposition à des températures très basses ou dans une atmosphère chargée d'humidité.

Pour les commandes souples où le portage s'établit entre un solide métallique en mouvement et un support fixe par l'intermédiaire d'une matière plastique, il arrive, indépendamment du vieillissement de cette dernière par échauffement ou autre facteur, que la souplesse diminue et que surviennent des coincements ou se développent des bruits stridents. La lubrification des surfaces de ces matières plastiques par des fluides silicones supprime tous ces incidents.

Quant aux graisses, graphitées ou non, elles s'emploient sur les portées des robinets à boisseau, dans les transmissions mécaniques de frigorifiques ou d'appareils chauffants, dans les roulements à billes des convoyeurs et chariots pour fours, etc.

L'amortissement des mouvements vibratoires ou non constitue la catégorie d'applications pour laquelle, sans doute, ont été sollicités le plus de brevets. On a envisagé l'emploi des silicones non seulement pour isoler les plate-

formes des machines-outils, mais dans les amortisseurs d'automobiles, les freins d'armes automatiques ou de canons à tir rapide, les disjoncteurs électriques ou thermiques et même pour l'amortissement des oscillations pendulaires des balances de précision, compas magnétiques, etc...

LA FABRICATION DES SILICONES

Remarquons tout d'abord qu'on fabrique une variété considérable de silicones et que les procédés utilisés varient sensiblement selon le produit que l'on veut obtenir.

Dans la majorité des cas, on commence par fabriquer les « chlorosilanes », produits non polymérisés, qui sont des combinaisons de silicium avec un radical hydrocarboné. Déjà, pour cette préparation il existe plusieurs procédés. Celui qui est maintenant à peu près partout utilisé pour les méthylchlorosilanes est le procédé de Rochow, breveté par la General Electric, et qui consiste à faire passer le chlorure de méthyle gazeux au travers d'un mélange de silicium en poudre et d'un catalyseur métallique, en maintenant le mélange à environ 300° C.

On obtient ainsi un mélange de plusieurs méthylchlorosilanes que l'on sépare pour les mélanger à nouveau, cette fois dans des proportions qui dépendent du produit final qu'il s'agit d'obtenir. Chaque mélange est « hydrolysé » pour l'introduction de l'oxygène dans la molécule.

Ayant ainsi constitué l'ensemble moléculaire élémentaire, il ne s'agit plus que d'obtenir des molécules de taille et de structure convenables par polymérisation.

Les silicones sont fabriquées industriellement aux États-Unis depuis 1943. Trois fabricants se partagent le marché, dont les deux plus importants sont la Dow Corning Corp. et la General Electric Co.

En France, où l'on s'est intéressé à ces nouveaux produits dès 1943, la fabrication n'a guère commencé qu'en 1946, dans une installation de l'usine de Saint-Fons de la Société Rhône-Poulenc.

Depuis lors, les applications se sont considérablement multipliées, en nombre et en importance, et la Société Rhône-Poulenc vient de construire, non loin de Saint-Fons, une grande usine entièrement consacrée aux silicones. D'autre part, la Compagnie de Saint-Gobain a constitué, avec la participation de la Dow Corning Corp., la Société industrielle des Silicones et Produits chimiques du Silicium, qui construit, dans l'usine de Saint-Fons de la Société mère, une installation dont la mise en route est prévue à la fin de 1954.

Jacques Louvière

SCIENCE ET VIE

mensuel
est devenu



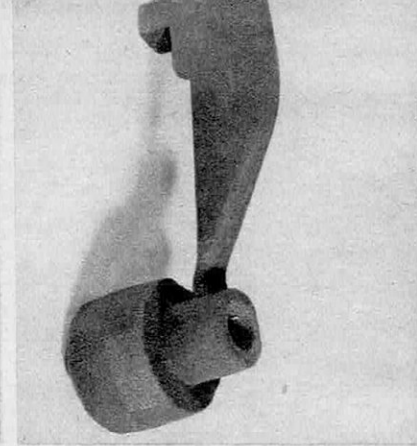
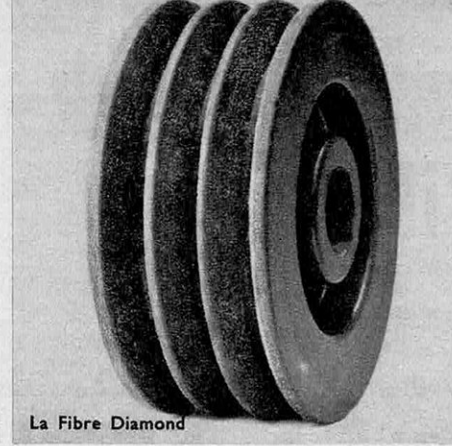
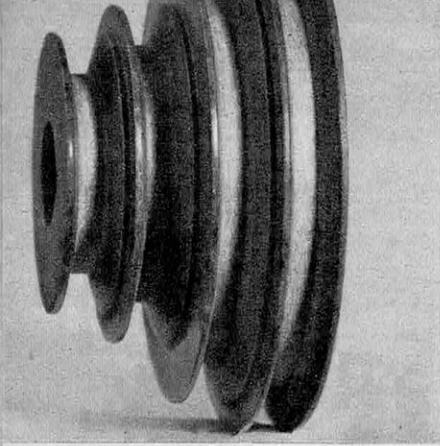
Lecteurs de  votre revue a
acquis une réputation internationale

●
Elle a des éditions en Belgique, en
Suisse, en Italie, en Amérique du Sud



●
paraît sur 148 pages avec
couleur

●
Il a fallu faire un tirage supplémentaire du
N° de Décembre pour satisfaire les demandes

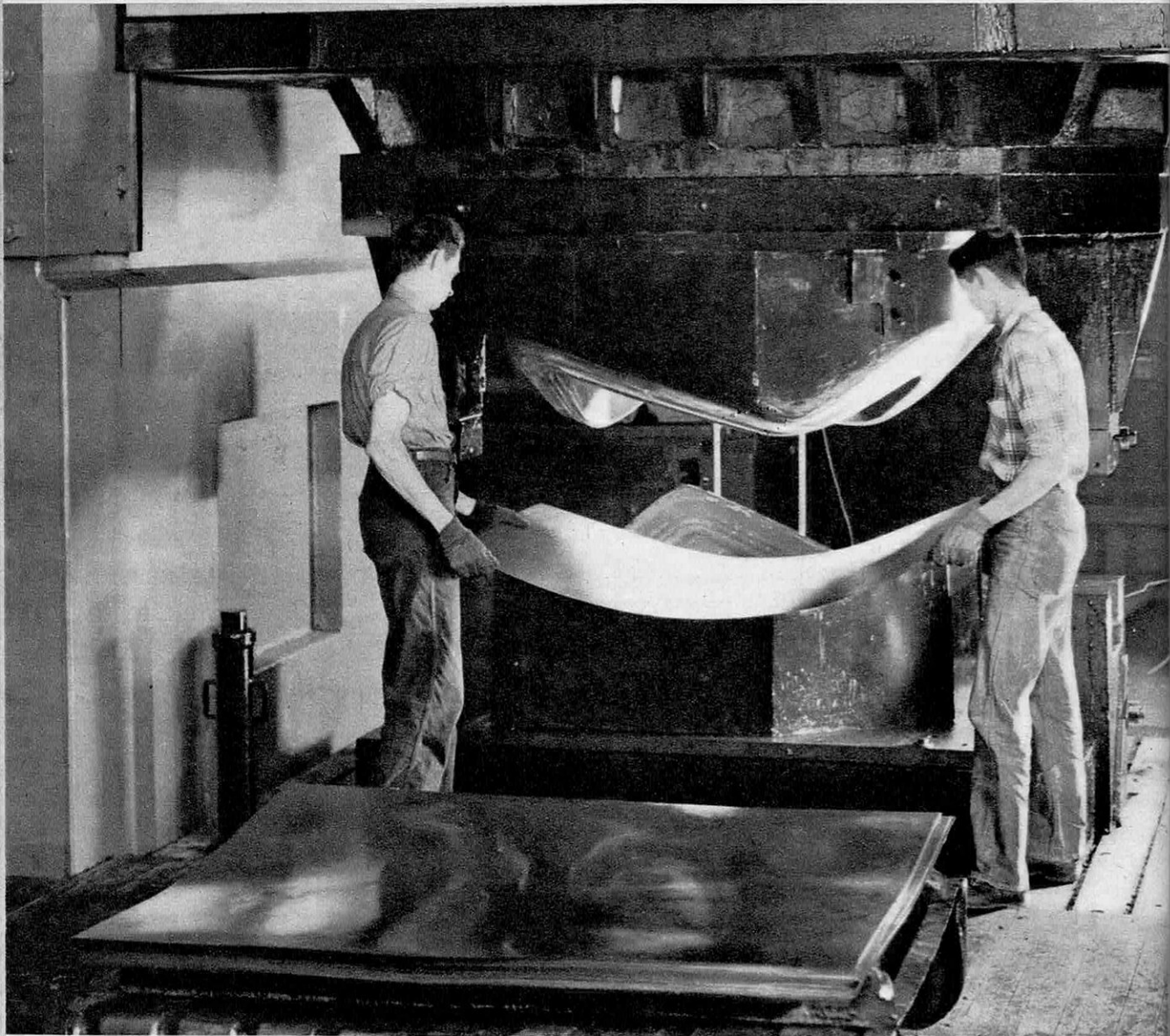


La Fibre Diamond

POULIES EN CELORON, STRATIFIÉ CRÉSOL-FORMOL.

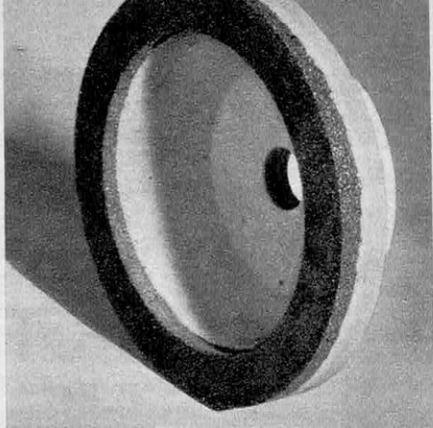
NOYAUX DE FONDERIE EN

DES OUTILS DE PRESSE EN PLASTIQUE POUR EMBOUTIR LA TOLE D'ACIER.





Ciba — St.-Gobain



— St.-Gobain

SABLE ET LIANT RESINEUX.

MEULES AGGLOMERÉES AVEC RESINE MELAMINE-FORMOL.

MÉCANIQUE ET TRANSPORTS

Conquêtes nouvelles des matières plastiques

PARMI les matériaux derniers venus, les matières plastiques restent encore victimes de préjugés. Certains les assimilent à des produits de remplacement, avec tout ce que ce terme contient de péjoratif ; d'autres, voyant surtout les mille petits objets de bazar fabriqués grâce à ces résines synthétiques, les considèrent comme des matériaux d'un emploi très limité ; certains enfin s'appuient sur une base plus solide : les propriétés physiques des matières plastiques, pour trouver toutes sortes de limitations à leur emploi.

Sur ce terrain, des distinctions s'imposent, car les résines de base ont permis de créer une quinzaine de grandes familles de matières plastiques, s'accroissant d'année en d'année, et les possibilités de la synthèse permettent d'ailleurs d'en faire varier progressivement les propriétés dans de larges limites.

Les principaux avantages retenus dans les plastiques sont :

- leur faible densité, d'où économie de poids ;
- leur propriétés techniques particulières, surtout dans les domaines électrique et chimique ;
- un entretien simplifié, lié à un aspect et à un toucher agréables ;

— un prix de revient faible dès qu'on a affaire à de grosses séries.

Mais on ne peut passer sous silence un handicap sérieux : leur comportement vis à vis de la température. La plupart des matériaux thermoplastiques commencent à perdre leurs propriétés vers 70-80° C ; la limite est plus élevée pour les matières thermodurcissables, vers 140° C. Cependant certains matériaux récents ont déplacé ces limites vers le haut ou vers le bas : les matières plastiques dérivées du fluor ou du silicium, par exemple, permettent de tenir des régimes continus à 250° C.

Le choix d'une matière plastique en vue d'une application déterminée exige donc une étude très serrée des conditions de service exigées du produit fini et des qualités des diverses matières plastiques qu'on peut envisager. Il s'agit donc bien d'un choix rationnel.

C'est en opérant de cette manière que les matières plastiques ont pu aborder un vaste domaine d'activité où a priori elles ne semblaient pas devoir pénétrer : les industries mécaniques et les transports. Bien souvent, en effet, on attache à ces matériaux l'idée d'une certaine fragilité ; on pense également aux dimensions limitées qu'imposent les techniques habituelles de moulage ; on craint l'effet de la température.

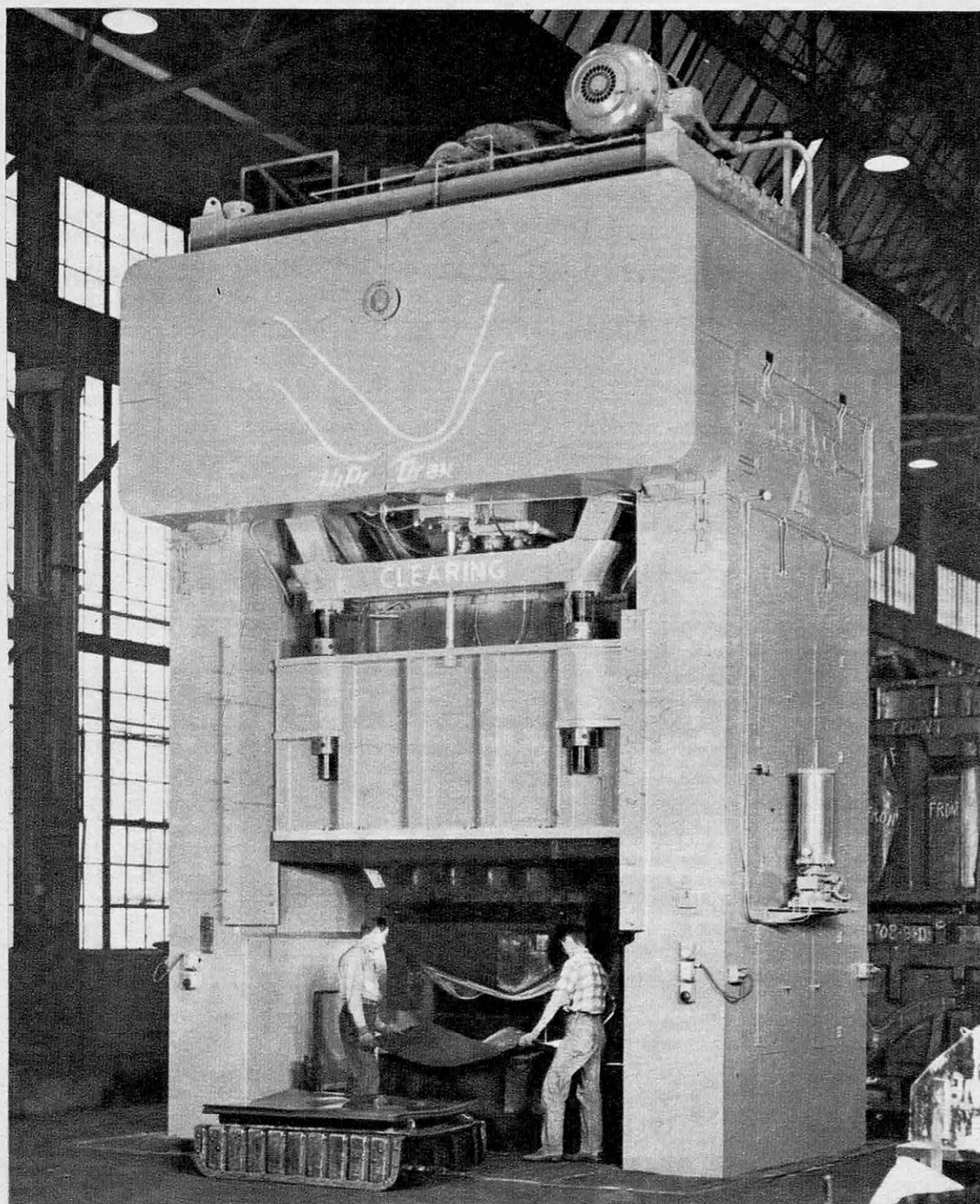
Des techniques nouvelles de mise en œuvre ont pu vaincre ces difficultés. Il est vrai que les matières plastiques permettent rarement à elles seules de réaliser une machine complexe, mais il en est ainsi de la plupart des matériaux.

LES COUSSINETS

Étudiés tout d'abord pour remplacer ceux de métal ou de gaïac, les coussinets en matière plastique ont trouvé un domaine d'utilisation

inattendu, celui où les conditions de travail sont les plus rigoureuses : paliers de laminoirs, de broyeurs, de wagonnets de mine, de rouleaux de bandes transporteuses.

Des essais comparatifs ont été faits sur des coussinets de laminoirs. Les coussinets en matière plastique permettent une durée de service plus longue que les paliers en métal ; leur usure étant plus lente, les tolérances des pièces laminées sont plus faciles à respecter. La consom-

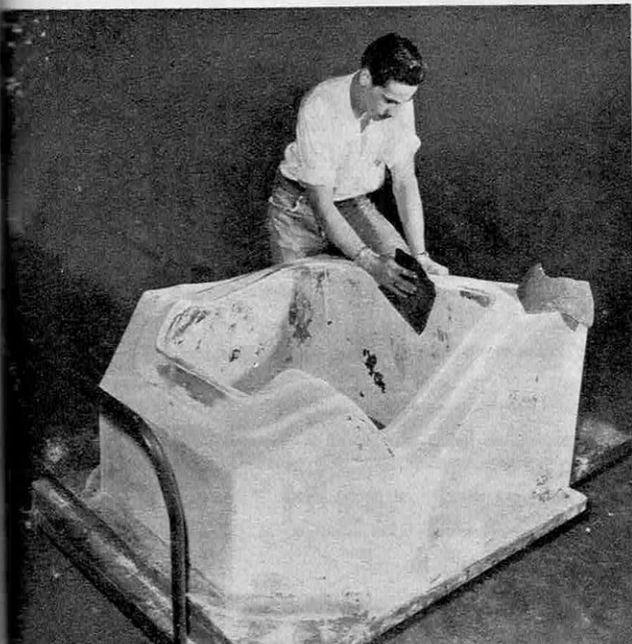


mation de courant par tonne de produit laminé est diminuée et la vitesse peut être augmentée de 10 % environ. De plus, ces paliers étant refroidis à l'eau, l'économie de produits de graissage n'est pas négligeable.

Il s'agit essentiellement de ce que nous appelons maintenant un « stratifié » : ensemble de couches parallèles de papiers, tissus, etc., imprégnés d'une résine convenable, la masse étant ensuite assemblée en un bloc unique par la chaleur et la pression.

Le procédé le plus simple consiste alors à usiner les pièces désirées dans des blocs ou des plaques : il faut toutefois veiller à tailler les couches de façon que les efforts en service ne provoquent pas de décollement des éléments. On peut aussi enrouler sur mandrin des tissus imprégnés de résine, puis les presser et les cuire ; on termine ensuite par un usinage de ces ébauches plus avancées que celles obtenues à partir d'une plaque. On peut enfin mouler directement dans un moule correspondant à la dimension définitive du coussinet à réaliser. Les formes et les dimensions des coussinets ont été adaptées aux qualités propres des stratifiés en matières plastiques. En particulier il a fallu prévoir un jeu plus grand entre la portée et le tourillon à cause de la mauvaise conductibilité ther-

● Certaines pièces des camions Dodge sont embouties sur cette presse de 600 tonnes avec des matrices en matière plastique préparées par coulage dans un moule en plâtre. La confection de ces matrices ne demande que 3 semaines au lieu de 3 à 8 mois pour l'acier.



Chrysler Corp.



Lockheed

● Pour certaines pièces des « Super-Constellation » on emploie des guides d'usinage en plastique, dont la confection exige moitié moins de temps qu'avec l'acier.

mique du matériau. Les coussinets à faible charge spécifique peuvent être lubrifiés à l'huile ou à la graisse ; les coussinets à forte charge sont lubrifiés avec des briquettes de graisse et abondamment refroidis à l'eau.

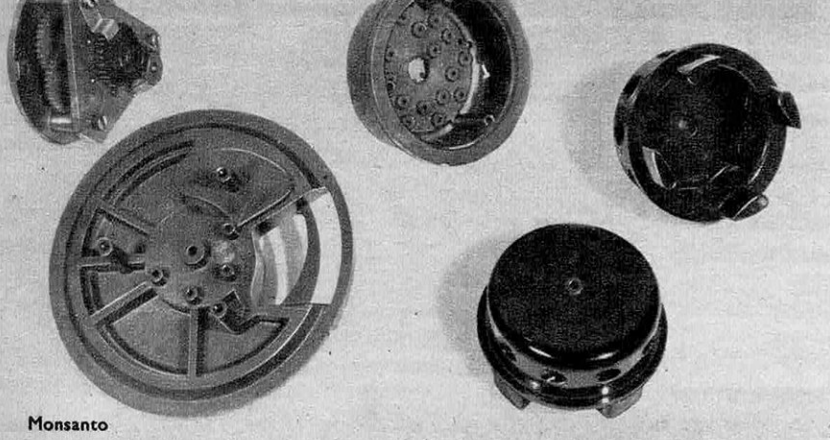
ENGRENAGES SILENCIEUX

Les engrenages silencieux sont bien connus par le développement qu'ils ont pris dans les moteurs d'automobiles pour la commande de la distribution. C'est encore des stratifiés textile-résine thermodurcissable qui en ont permis la réalisation. Comme pour les coussinets, on peut usiner l'engrenage dans une plaque convenable (en veillant au sens des couches par rapport au sens des efforts) ; on peut aussi utiliser directement un moule approprié dans lequel on empile les couches de tissu découpées aux dimensions sur gabarit.

De tels engrenages possèdent une excellente résistance, surtout à l'eau et à l'huile, ne nécessitent pas de plaques métalliques de soutien, sont légers et donnent en fonctionnement une fréquence de vibration pratiquement inaudible.

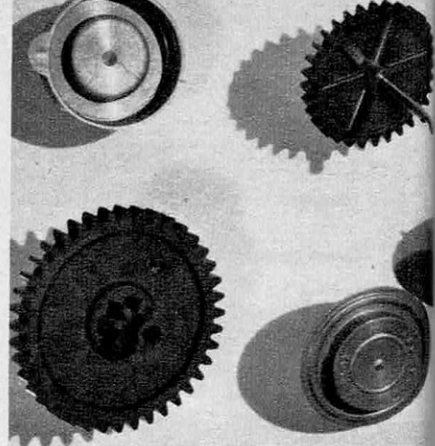
La fabrication de ces engrenages à partir de stratifiés nécessite toujours une taille. Il était tentant d'essayer d'obtenir directement par moulage sans usinage ultérieur un engrenage prêt à être monté. Le moulage par injection a permis cette fabrication tout en obtenant une cadence élevée, une très grande précision, une surface absolument polie, un faible prix de revient. De plus, l'axe peut être fixé au cours du moulage.

Les matières utilisées sont l'acétate de cellu-

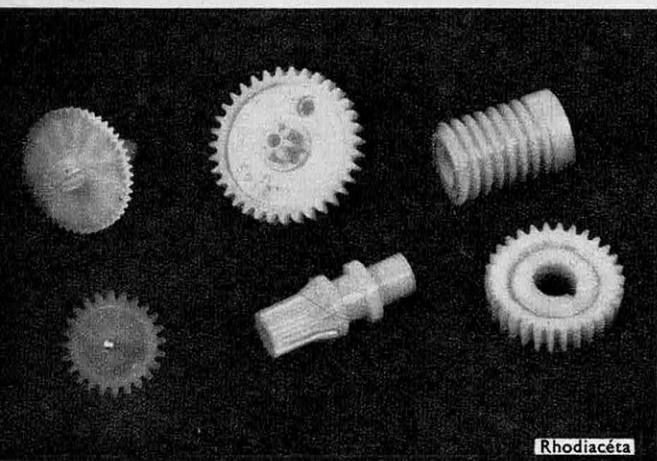


Monsanto

● Les engrenages de compteur d'eau (en bas et à gauche) sont en Nylon, les divers éléments de boîtiers sont en résine polystyrène Lustrex.



● Capsules et engrenages de Rilsan, bon isolant, possédant une exceptionnelle



Rhodiacéta

● La résistance du Nylon à l'usure par abrasion le désigne pour la réalisation de cames, d'engrenages, etc.



La Fibre Diamond

● Un coussinet de laminoir avec collerette séparée réalisé en stratifié tissu de coton et résine phénolique.

lose, le polystyrène. Un progrès a été réalisé par l'emploi des polyamides qui résistent à de plus hautes températures et ont une élasticité élevée, ce qui permet de répartir les efforts sur une plus grande surface. La résistance à l'abrasion et à l'usure est excellente : des pignons en Nylon engrenés sur des pignons en métal ont parfois entraîné l'usure de ces derniers. Enfin, le coefficient de frottement est excellent et permet dans certains cas de supprimer complètement la lubrification.

Les utilisations de ces petits engrenages sont très nombreuses : trains d'engrenages de compteurs d'eau ou de liquides divers (ces engrenages tournant parfois à très grande vitesse ne retiennent pas les dépôts calcaires), trains d'engrenages de relais électriques, de pendules électriques, roues à rochets, etc.

MEULES ABRASIVES

Le liant classique des grains d'abrasifs dans les meules est un liant céramique vitrifié. Il joue un rôle important dans la sécurité d'emploi

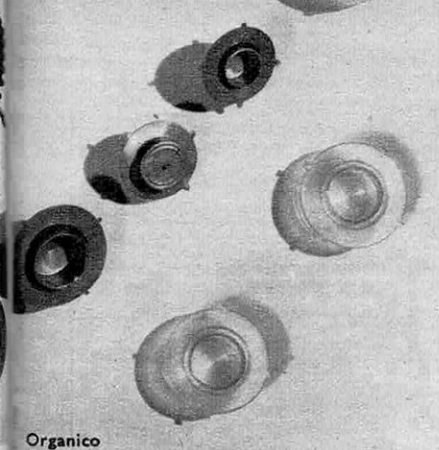
car c'est lui qui assure le support des grains et leur cohésion.

Très rapidement, les matières plastiques ont été utilisées comme liants. Les matières thermodurcissables (résines phénoliques) sont les plus employées. La technique de fabrication, simple dans son principe, consiste à imprégner les grains d'abrasifs de résine en solution, puis à réaliser un véritable moulage suivi de cuisson.

Ces meules donnent un état de surface supérieur grâce à l'élasticité des résines synthétiques, et elles autorisent une vitesse périphérique élevée (de l'ordre du double ou triple avec le même coefficient de sécurité), d'où un meilleur débit horaire.

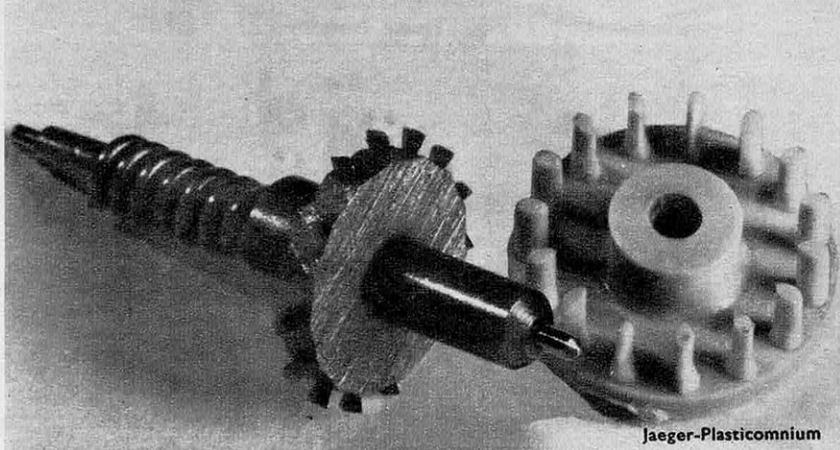
Ces meules, dites à grande vitesse, ont supplanté toutes les autres pour les travaux d'ébarbage et aussi de tronçonnage et de sciage de métaux, de produits céramiques, etc.

Des résines thermoplastiques ont été essayées comme agglomérant dans des cas spéciaux et surtout dans des meules à « superfini ».



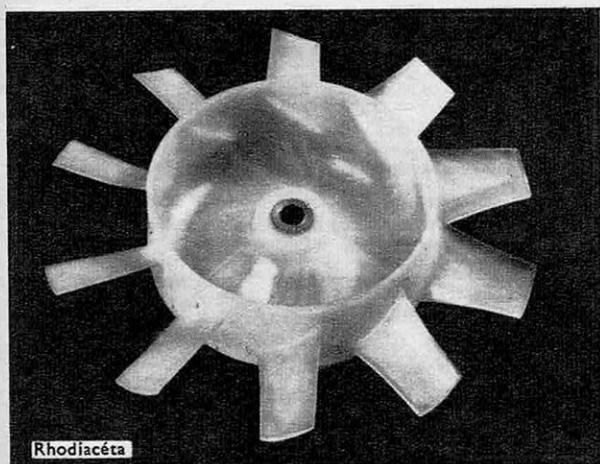
Organico

polyamide de fabrication française, léger, résistance aux chocs et aux agents chimiques.



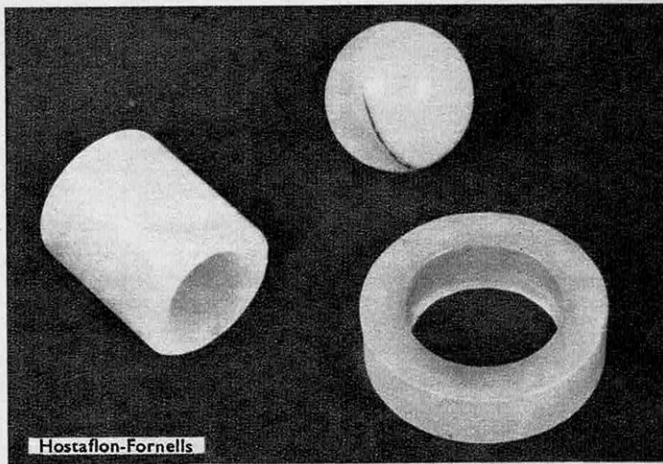
Jaeger-Plasticomnium

● Silencieuse et moulée d'une seule opération, une roue en plastique remplace les roues d'échappement en laiton fraisé des montres de bord d'auto.



Rhodiacéta

● Robuste et légère, cette petite turbine est en Nylon moulé. Elle est destinée à des aspirateurs électriques.



Hostaflon-Fornells

● Bille de clapet, bague de vanne, palier en résine fluorée, résistant aux agents chimiques et à la chaleur.

NOYAUX DE FONDERIE

De nombreux produits sont utilisés comme liants pour l'agglomération du sable dans la fabrication des noyaux de fonderie : huiles plus ou moins siccatives, farines, amidon, mélasse, dérivés de lignine, etc.

Pour les moulages de haute précision, on fait appel à certaines résines synthétiques. Un avantage supplémentaire réside dans la désagrégation du noyau au cours de la solidification du métal, ce qui est particulièrement apprécié dans le moulage d'objets creux. La stabilité dimensionnelle est excellente, et en jouant sur les proportions de liant, on peut adapter la dureté du noyau au travail.

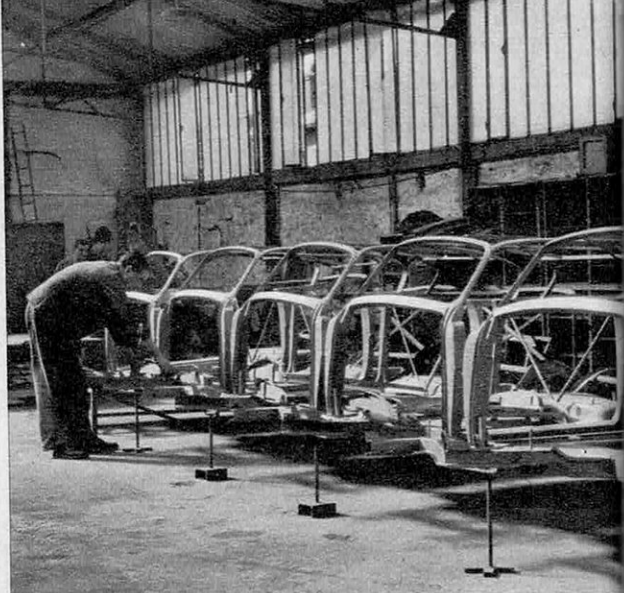
Les silicones se sont révélées comme étant, de loin, les plus efficaces parmi les produits utilisés jusqu'ici pour le démoulage, du fait de leur inertie chimique vis à vis des matériaux organiques et de leur stabilité à haute température ; elles ne se décomposent pas aux températures de moulage et sont d'une application facile et économique.

Les produits à base de silicones utilisés pour le démoulage se présentent sous deux formes : leur émulsion dans l'eau, appliquée au pistolet, permet de déposer à la surface de la plaque de moulage un film très mince de silicone ; le compound de silicone, qui a l'apparence d'une vaseline, dont la consistance ne varie pratiquement pas entre -40 et $+200^{\circ}\text{C}$, peut être appliqué soit au pistolet après dispersion dans un solvant, soit à la brosse.

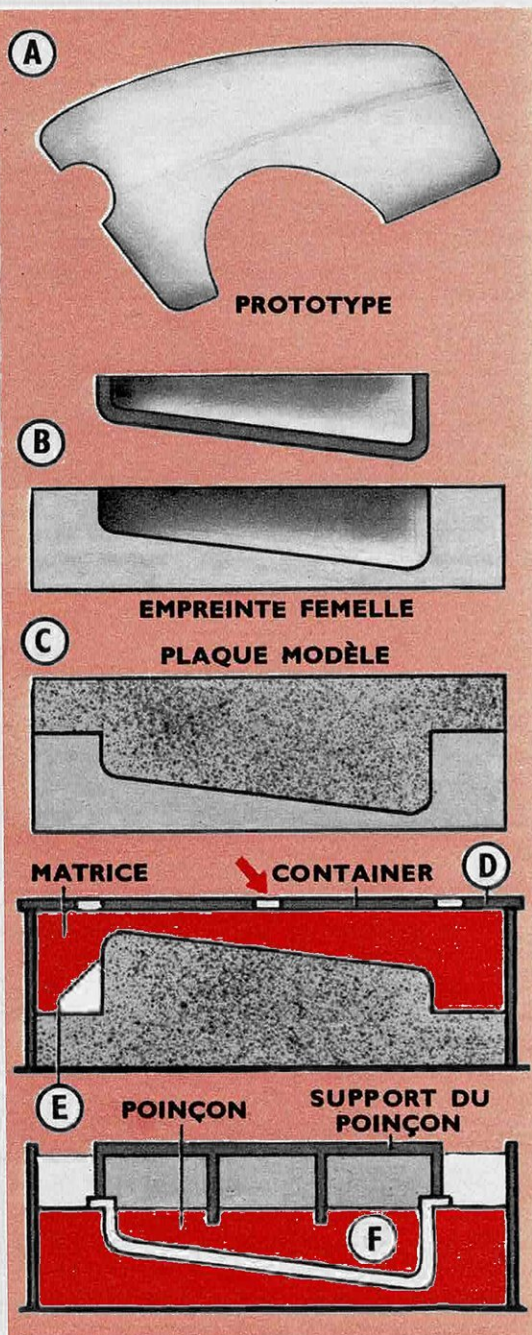
Il existe un procédé utilisant les matières plastiques pour le moulage des pièces de petites dimensions et de haute précision qui rappelle le procédé connu sous le nom de « coulée à cire perdue ». On part d'un modèle moulé par injection en polystyrène. On l'enduit d'une couche de sable fin et on le monte dans un cadre de moulage rempli de sable et de silicate d'éthyle. On place le tout au four : la chaleur fait fondre le polystyrène et il reste dans le sable l'empreinte exacte de la pièce à couler.

Ce procédé extrêmement précis convient pour des séries très importantes.

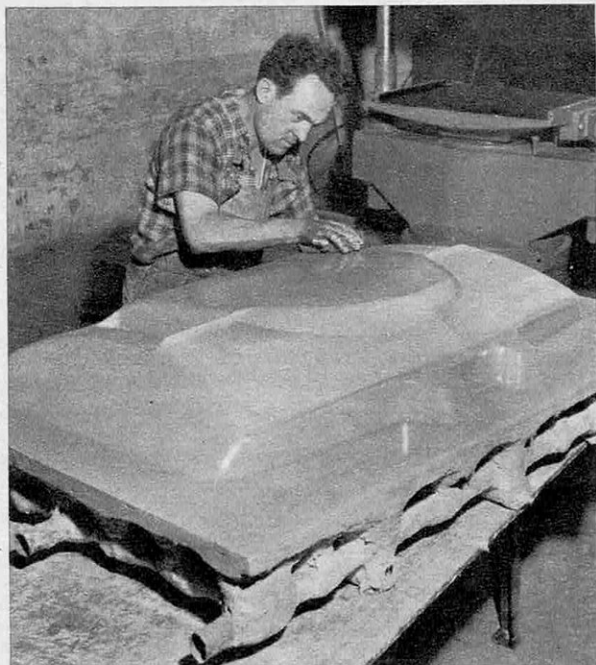
Quand les plastiques servent d'outils pour le travail des métaux



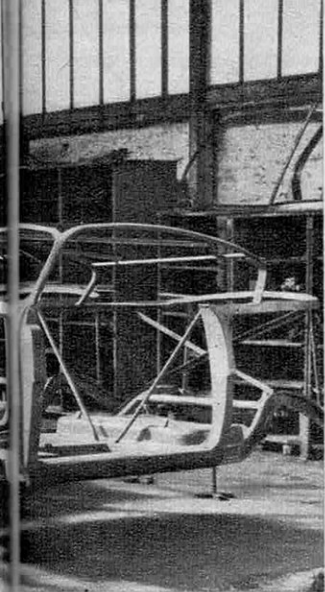
LES CARCASSES DU COUPÉ AUTOBLEU ATTEN



Pour emboutir les tôles de carrosserie de la voiture qu'elle construit sur la mécanique de la 4 CV Renault, la firme française Autobleu utilise pour la première fois en Europe des poinçons et des matrices en une résine éthoxyline extrêmement dure, appelée Rezolin. Moins durables que les poinçons et matrices en acier, ils permettent cependant des fabrications en moyenne série (de l'ordre de 5 000 à 10 000) et les pièces produites sont d'une grande perfection. Les schémas ci-contre représentent les phases successives de



1 Une « plaque modèle » préparée par moulage est poncée avant d'être coiffée par son container.



... DENT LEUR HABILLAGE.

LES TOLES DE LA CARROSSERIE SONT SOUDEES A LA CARCASSE.

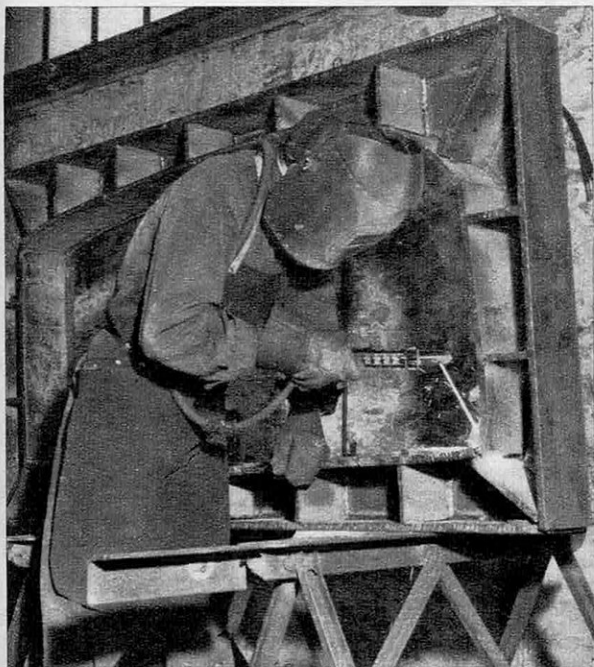
la préparation de ces outils d'emboutissage.

En A, à partir d'un prototype de la pièce à emboutir, on forme dans du plâtre une empreinte en creux (B), puis, à partir de cette empreinte et toujours en plâtre, un deuxième moulage appelé plaque modèle (C) qui est soigneusement poncé et émaillé.

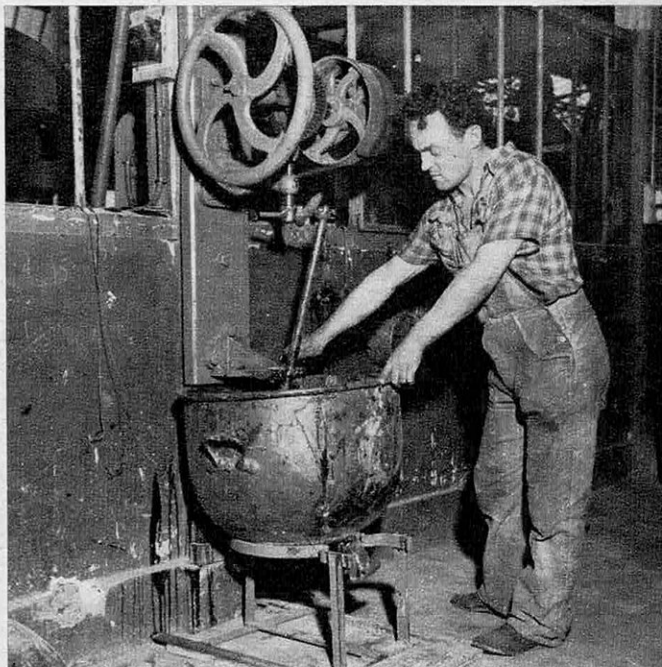
Puis on construit un container très robuste ressemblant à un châssis de fonderie et qui est en tôle épaisse découpée et soudée (D). Ce container vient coiffer la plaque modèle. On l'emplit alors avec de la résine qui, se

moulant sur la plaque modèle, constituera la matrice définitive (E). On démoule la plaque modèle et la matrice est étuvée pendant 40 h à 80° C pour achever le durcissement. Ce traitement n'entraîne aucune modification des dimensions de la résine.

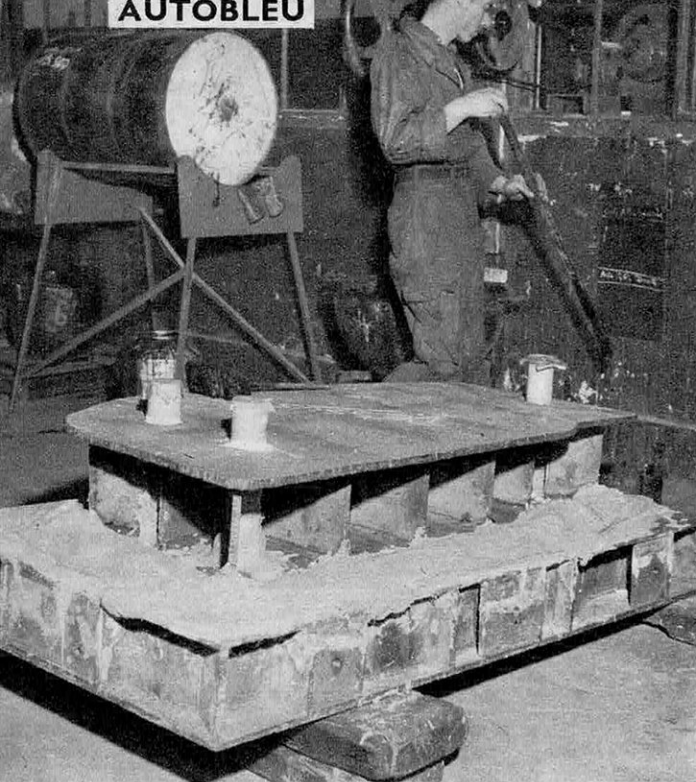
On pose dans la matrice une fausse pièce en plomb ayant exactement l'épaisseur de la tôle à emboutir et on coiffe l'ensemble par un nouveau container en tôle soudée. On coule la résine qui formera le poinçon (F) et on la durcit à l'étuve comme on a fait pour la matrice.



2 Les containers sont constitués par des éléments de tôle épaisse (15 mm) assemblés par soudure.



3 Additionnée d'un accélérateur de durcissement, la résine est brassée par un malaxeur mécanique. ➔



4 La résine va être coulée pour former le poinçon. Le support du poinçon est constitué de tôle fortement armée.



5 Une fausse pièce ayant l'épaisseur exacte des pièces qu'on devra emboutir est disposée dans la matrice.



6 L'étuve à 80° dans laquelle va s'achever la cuisson des poinçons moulés avec la résine therm durcissable.



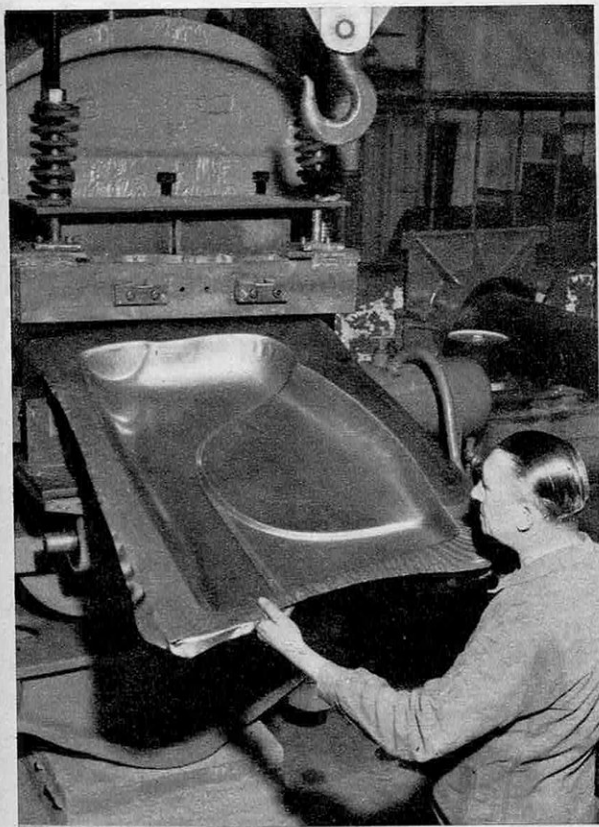
7 Le poinçon et la matrice sont placés sur une presse prête à emboutir un élément de la carrosserie.

LES ASSEMBLAGES

L'assemblage des matériaux par des procédés autres que la soudure, le brasage, le rivetage, etc., a fait l'objet de nombreux travaux depuis une trentaine d'années. D'un point de vue mécanique, il est souvent intéressant de répartir les efforts au lieu de les localiser ; certains matériaux nouveaux, comme les métaux légers, se prêtent mal aux solutions classiques ; dans le cas de l'aviation, les rivets nuisent aux propriétés aérodynamiques. Il peut être intéressant en outre de pouvoir assembler facilement des matériaux de natures très diverses.

Un grand nombre de produits utilisés dans les assemblages sont des dérivés du caoutchouc. Ils sont cependant sensibles aux huiles et aux essences, ce qui constitue un danger en automobile et en aviation.

Un autre produit qui a reçu un grand développement en Angleterre, le « Redux », est une composition mixte de résine thermodurcissable alliée à une résine vinylique thermoplastique. On dépose sur les parties à assembler la résine vinylique puis le liant thermodurcissable. Sous l'action de la chaleur et de la pression, les résines durcissent en assurant la liaison.



8 L'élément est vu à sa sortie de la presse à emboutir. On remarque la netteté parfaite des formes obtenues.

On peut assembler ainsi des matériaux identiques ou différents avec, dans les deux cas l'avantage d'éviter la corrosion électrolytique, le joint de Redux étant parfaitement isolant.

La résistance du joint aux intempéries, à l'eau, à la plupart des solvants est excellente. Les basses températures n'affectent pas sa tenue ; les températures élevées (à partir de 70° C) font lentement décroître cette propriété. Les qualités de cet adhésif l'ont fait utiliser par des constructeurs britanniques d'avions pour l'assemblage bois-métal et métal-métal. On l'emploie également pour le collage des garnitures de freins sur leur support.

Un progrès très important a été réalisé par la mise au point d'une nouvelle classe de résines synthétiques, les éthoxylines, qui permettent l'assemblage de matériaux très divers pratiquement sans pression et parfois même à la température ordinaire.

Les assemblages obtenus résistent aux basses températures (des essais continus ont été faits jusqu'à - 60° C) ; aux hautes températures, le joint garde toutes ses propriétés jusqu'au-dessus de 100° C. La résistance aux intempéries, à l'eau, au vieillissement, aux essences et solvants est excellente, les qualités d'isolement électriques sont remarquables.

On peut facilement imaginer toutes les possibilités de montage que permettent ces nouveaux produits. Des réalisations particulièrement audacieuses ont été faites par l'industrie aéronautique française, comme nous le verrons plus loin.

OUTILLAGE A BASE DE MATIÈRE PLASTIQUE

Nous ne citerons que pour mémoire l'emploi de résines pour boucher les porosités superficielles des modèles de base en bois, métal, plâtre, etc. ou pour la fabrication de gabarits d'usages divers armés de tissu de verre.

Plus originale est la technique qui fait appel aux matières plastiques pour la confection des poinçons d'emboutissage.

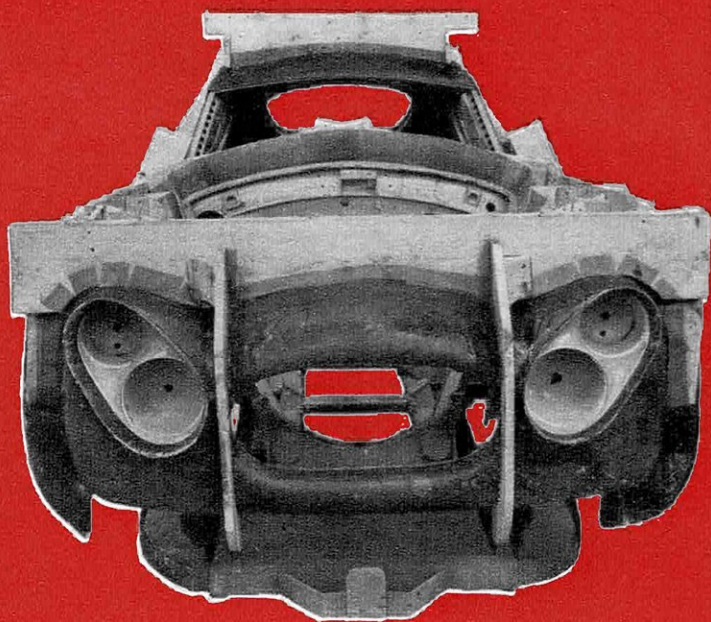
Les outils classiques pour emboutissage de feuilles de métal et surtout de métaux légers sont des poinçons en plomb. Pour les préparer, on établit un modèle de la pièce à emboutir et on fait une contrepartie en plâtre. Cela permet de réaliser un moule en sable dans lequel on coule le plomb. Ce poinçon doit ensuite être ajusté à la matrice par moulage, ce qui est fort long.

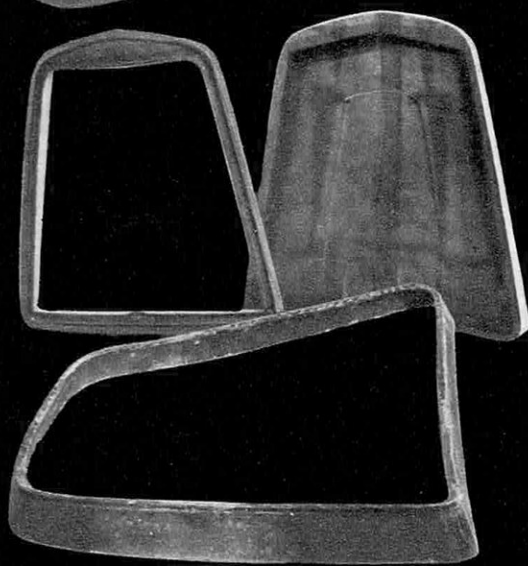
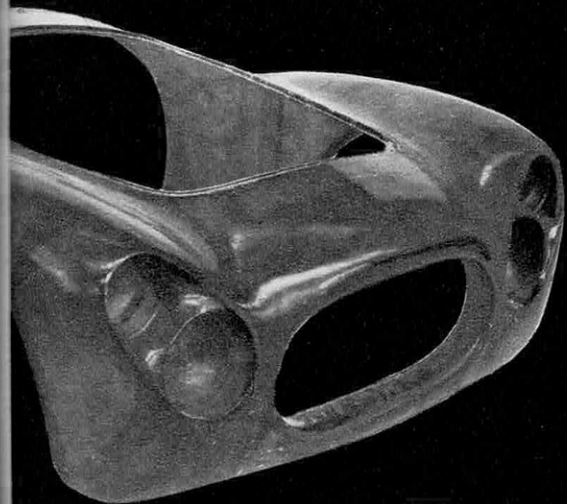
Pendant la guerre, des essais furent entrepris pour réaliser des poinçons en matière plastique par coulage d'une résine dans la matrice. On utilisait alors une résine phénol-acétone, on obtenait une cadence d'emboutissage nettement accélérée.



FIAT 8 - V EN PLASTIQUE

La firme italienne Fiat a présenté, au dernier Salon de Turin, une voiture 8-V qu'elle avait équipée à titre expérimental d'une carrosserie en tôle recouverte de plastique. Le revêtement en plastique ne constitue que l'enveloppe extérieure assurant l'isolation thermique et acoustique, et c'est une carcasse intérieure de tôle qui supporte les efforts du châssis. La coque de plastique, d'une épaisseur de 3 mm est constituée par une couche de fibre de verre placée entre deux nappes de tissu de verre, le tout étant imprégné d'une résine polyester.





Actuellement, on emploie des résines éthyloxy-
lines coulees, douées d'un faible retrait et d'une
grande dureté superficielle.

Des renseignements récents indiquent des
séries de 35 000 obtenues à partir de poinçons
en fibre de verre et résine polyester, selon la
technique classique des stratifiés.

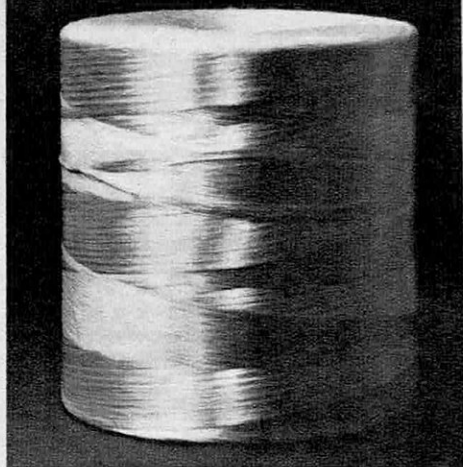
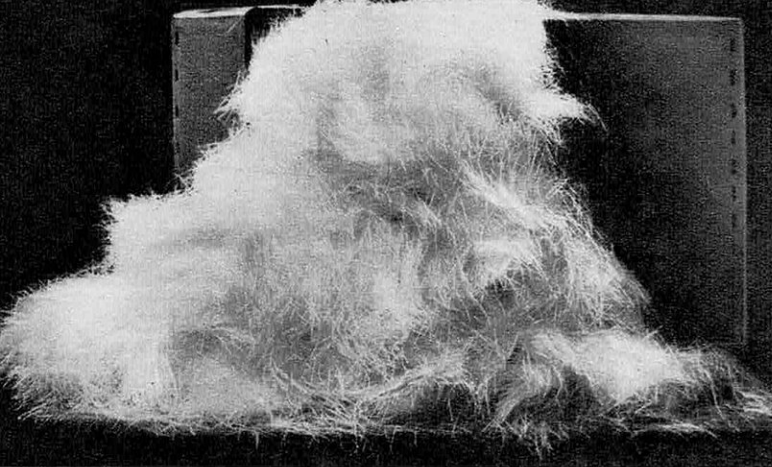
Pour les poinçons à emboutir l'aluminium,
dont la surface est lisse et se raye facilement,
on emploie de longues fibres de verre coupées.
Pour les poinçons à emboutir l'acier, on super-
pose des couches de tissu de verre et l'outil
est réalisé sous de plus fortes pressions.

Les industries de l'automobile et les cons-
tructions aéronautiques ont été les premières à
bénéficier de ces nouvelles techniques. Les
avantages sont une diminution très importante
du prix des poinçons, une grande rapidité
d'exécution des outils, même pour de grandes
dimensions, et une précision élevée dans les
cotes. On peut ainsi amortir ces outillages sur
des séries plus petites, donc changer plus
souvent les modèles.

PLAQUE COMPOSITE MÉTAL-PLASTIQUE

Un matériau nouveau alliant les propriétés du
métal et celles des matières plastiques a été
obtenu en collant entre elles des feuilles de
chlorure de polyvinyle ou de copolymères sur
des tôles d'acier ou d'aluminium. La tôle préala-
blement découpée est recouverte d'un adhésif
convenable puis portée à une température de
100° C. On fait passer ensemble entre des
rouleaux chauffés la feuille de métal et la feuille
vinylique. Le collage est terminé en passant en





continu dans un tunnel chauffé au moyen de lampes à rayons infrarouges. On réalise ainsi des ensembles qui possèdent les qualités mécaniques du métal et la résistance chimique du chlorure de polyvinyle alliée à son aspect décoratif et à son toucher agréable. L'adhérence entre les deux matériaux est telle que l'ensemble peut subir tous les traitements classiques de formage des métaux, y compris l'emboutissage profond. On utilise ces plaques pour la décoration intérieure, l'exécution de cuves ou de bacs à produits chimiques, pour le panneautage de véhicules automobiles, remorques, etc.

CHAUDRONNERIE EN MATIÈRES PLASTIQUES

Certaines matières plastiques, telles que le chlorure de polyvinyle, le polyméthacrylate de méthyle, peuvent être présentées sous forme de plaques et de tubes, qui peuvent être sciés, découpés, usinés avec le matériel habituel, moyennant quelques précautions très simples. En outre, ces matières se ramollissent à la chaleur et peuvent fondre localement. La première propriété permet de les galber, de les emboutir, de les plier ; la seconde propriété permet de réaliser une série de soudures autogènes avec baguette d'apport moyennant l'emploi d'un chalumeau spécial (à « dard » d'air chaud). Ces possibilités se rapprochent donc de celles des métaux et on peut parler d'une sorte de chaudronnerie en matière plastique. Le polyméthacrylate est apprécié à cause de sa transparence (habitacles d'avions, par exemple), le chlorure de polyvinyle à cause de ses qualités de résistance chimique, ce qui permet de le substituer à des métaux nobles dans tous les cas où la température intervient peu. On a réalisé ainsi toutes sortes de cuves, des ventilateurs et des gaines de ventilation pour buées et vapeurs corrosives. Dans des blocs, on taille des pompes à engrenages et des pompes centrifuges pour l'industrie chimique ainsi que de

la robinetterie. Des carters et des pièces de petites séries ont été réalisés pour toutes sortes d'appareillages.

GRAISSAGE

On étudie depuis fort longtemps l'incorporation d'adjuvants dans les huiles de graissage pour améliorer leur onctuosité, les stabiliser à la chaleur ou accroître leur fluidité à basse température. Ce sont les « dopes ». Tout naturellement, les hauts polymères, bases des matières plastiques, ont retenu l'attention des chercheurs, d'autant plus que leur inertie chimique leur confère une excellente stabilité à la chaleur et une grande résistance aux agents d'oxydation. L'emploi de matières plastiques comme dopes des huiles de graissage n'est donc limité techniquement que par la compatibilité réciproque de ces produits. Actuellement la technique semble s'orienter vers les esters acryliques et les alcools supérieurs.

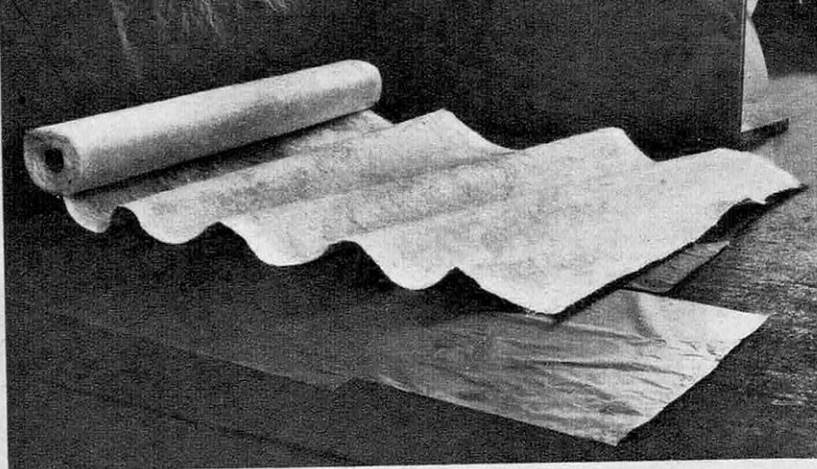
Toutefois, ce sont les nouvelles résines silicones qui, au cours des quinze dernières années, ont résolu le problème du graissage dans des domaines que les produits classiques atteignaient difficilement : les trop hautes ou trop basses températures.

Ces résines ayant une tension de vapeur particulièrement faible, il était intéressant d'obtenir des graisses lubrifiantes à partir de ces produits. On en trouve maintenant sur le marché.

L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

On a pu dire que l'industrie de l'automobile ne se serait pas développée sans le pneu en caoutchouc. Les matières plastiques ne peuvent

Les chlorures de polyvinyle ont une inertie chimique particulièrement grande et trouvent de larges emplois dans l'appareillage pour l'industrie chimique. Voici le toit d'une tour pour la fabrication de l'acide sulfurique. →



Le Verre Textile

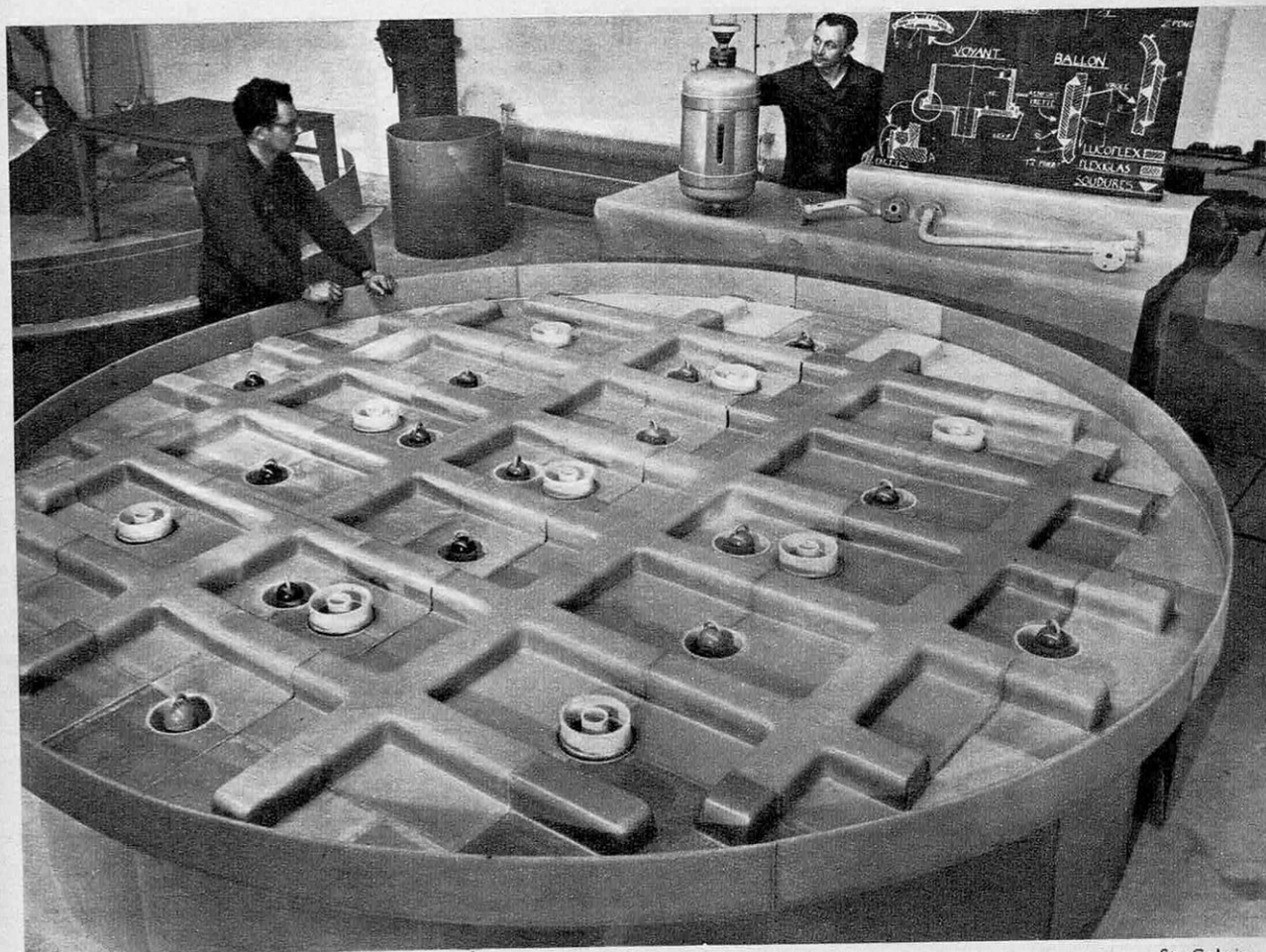
● Nombre de résines, pour certaines applications, se suffisent à elles-mêmes, mais il est souvent nécessaire de les renforcer. Sa grande résistance mécanique fait du verre textile un excellent produit de renforcement. On l'emploie sous forme de fils coupés « Silionne » (fabrication de pièces de préforme), de pelotes « rovings » pour l'alimentation en continu, de matelas de fibres agglomérées (appelés « mats »), ou encore de tissus de contexture diverse.

pas prétendre à un rôle semblable, mais l'étude des statistiques américaines sur le poids des matières plastiques incorporées dans l'automobile moderne montre que ces quantités vont régulièrement en croissant depuis ces dernières années.

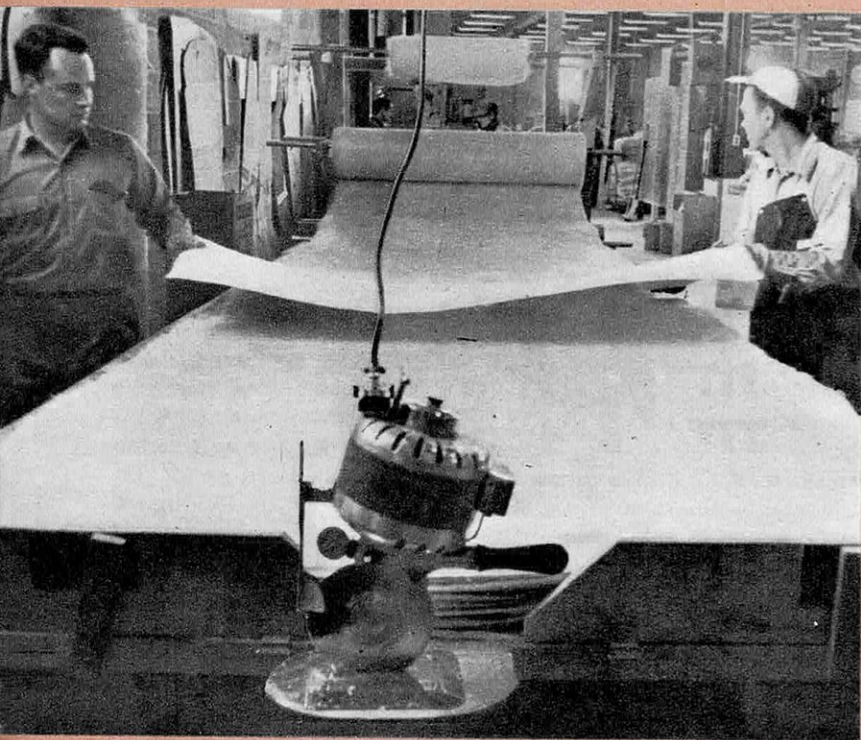
Si on considère en outre, comme beaucoup de constructeurs français l'ont fait, qu'il fallait chercher à alléger les véhicules, une des qualités fondamentales des matières plastiques, leur

faible densité, intervient au premier chef. En outre, les constructions automobiles étant de grandes séries, les procédés de moulage par compression ou par injection des matières plastiques conviennent admirablement. On a pu obtenir par moulage des pièces de très grandes dimensions, tel un tableau de bord entier. En outre, les techniques nouvelles de fabrication de pièces stratifiées ont permis de réaliser des éléments de carrosseries ou même des

(Suite page 78)



Comment on fabrique les carrosseries en plastique armé de



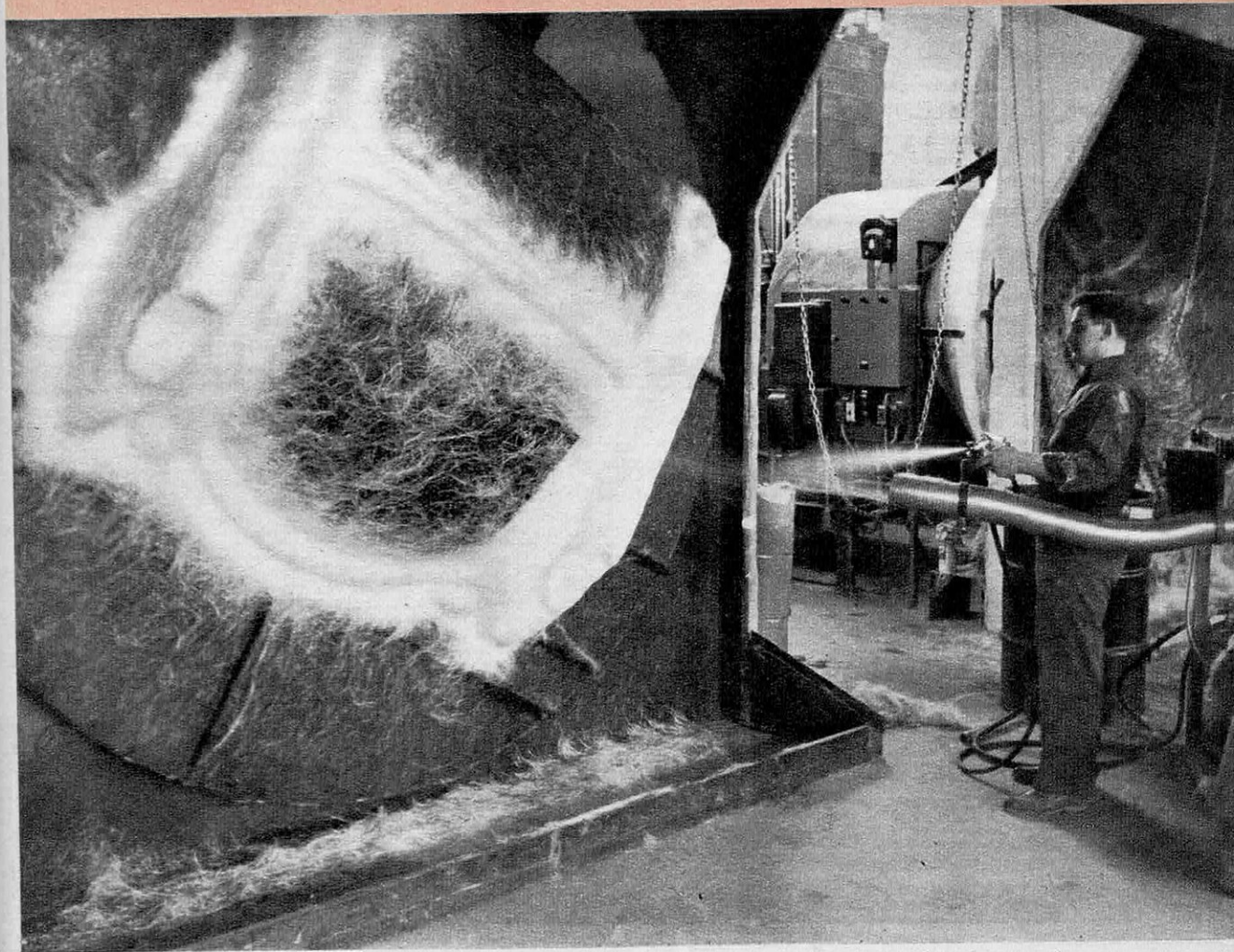
← La fabrication des diverses pièces de la carrosserie de la « Corvette », modèle sport de Chevrolet, s'effectue maintenant en série à l'aide d'un outillage spécialisé. On voit ici une des premières opérations : l'étalement des « mats », matelas de fibres de verre agglomérées, avant découpage.



← Le dessin des pièces de la carrosserie est reporté sur les matelas superposés de fibre de verre à l'aide de gabarits. Puis on découpe au couteau, d'un seul coup, toutes les épaisseurs des matelas. Cette technique s'apparente étroitement à celle mise en œuvre dans l'industrie de la confection

→ Pour les pièces de forme compliquée, comme pour le panneau avant, on utilise la méthode de la préforme. De la fibre de verre coupée est projetée sur un moule par une soufflerie en même temps qu'une résine formant liant qui la maintient en place. Cette préforme passera dans une étuve.

la Chevrolet "Corvette"



CORVETTE



● Pour la confection du capot, l'opératrice dispose les couches successives de matelas de fibre de verre sur un moule mâle, et y répartit la résine.



● La polymérisation de la résine s'opère aucun autre usinage ni polissage, mis à



● La cuisson de la préforme peut s'effectuer aux infra-rouges : ici ce sera la dérive portant le feu arrière.



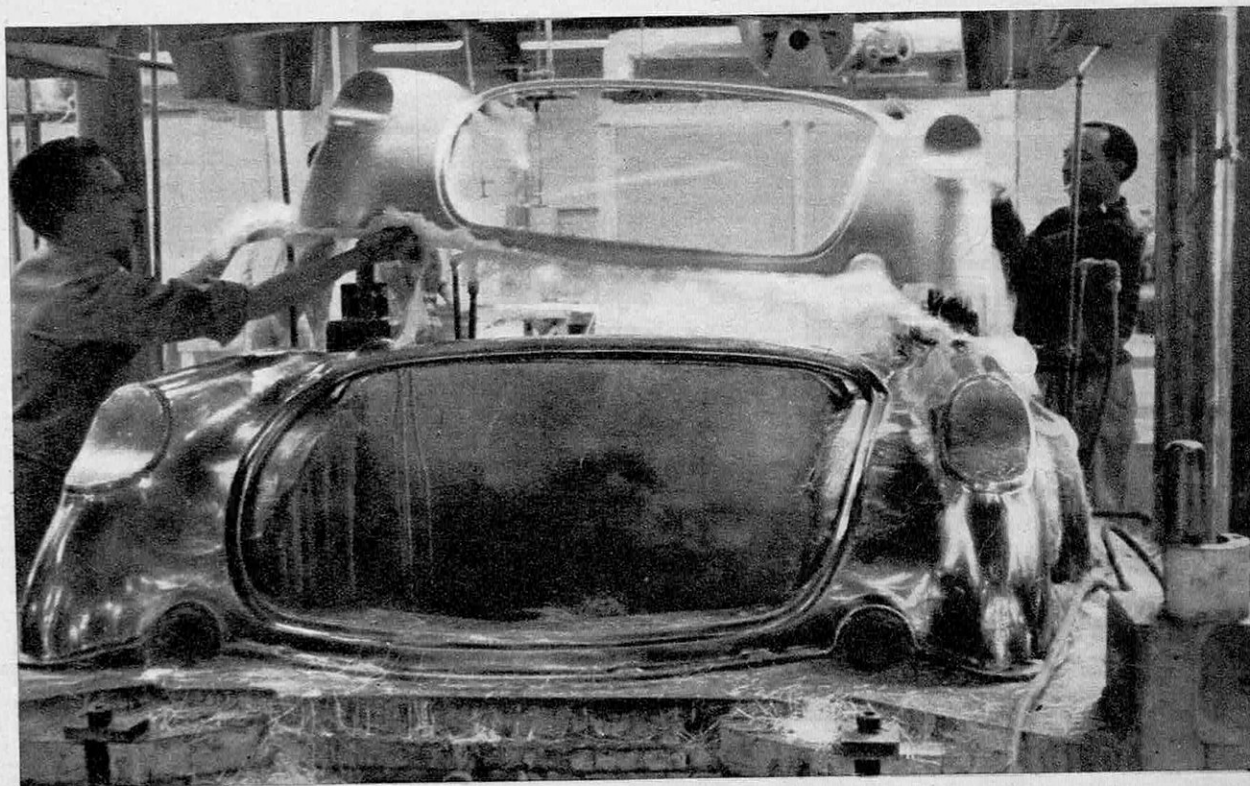
● Les opérations de finissage sont très réduites : ébarbage de la fibre, passage des bords aigus au jet de sable.



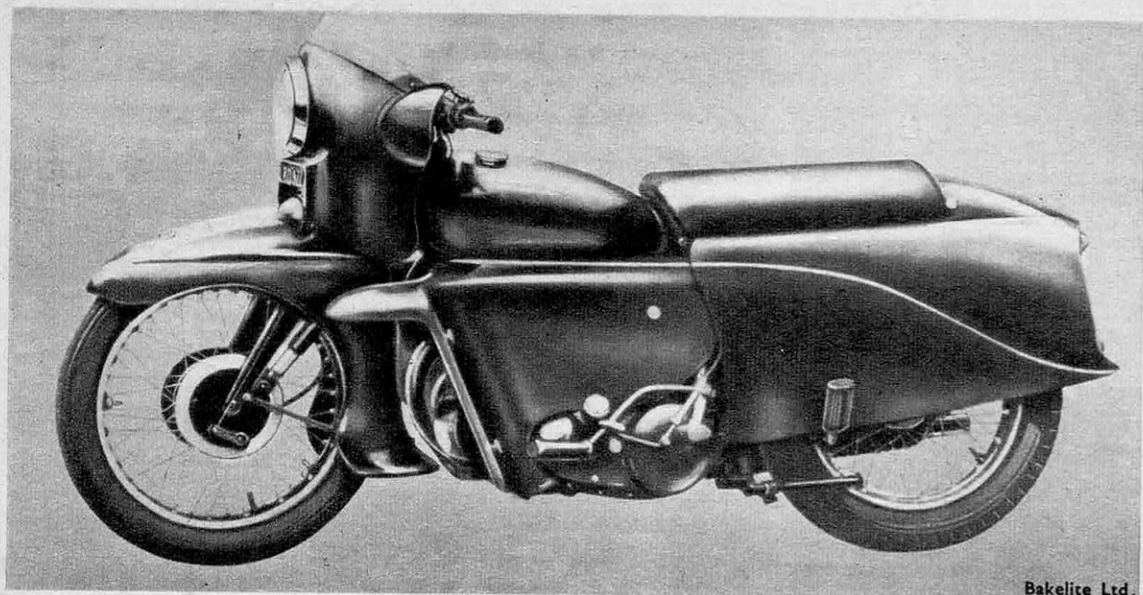
sous pression modérée. La pièce n'exige part l'ébarbage de la fibre en excès.



● Ici les préformes des pièces de petite dimension passent dans une étuve au gaz, prenant la consistance voulue avant d'aller sous les presses.



● Le panneau avant qui sort ici de presse est, par ordre de grandeur, la deuxième pièce de la voiture ; le soubassement de coque, avec 3 m sur 1,55 m, est la pièce la plus grande qui ait jamais été moulée par compression.



Bakelite Ltd.

● Au récent Salon de la Motocyclette d'Earl's Court, à Londres, les trois modèles Vincent grand sport, Victor, Black Knight et Black Prince (998 cm³, ci-

dessus) ont été présentés avec un carénage en résine polyester et fibre de verre à la fois très léger, résistant aux chocs et insonore. Le pare-brise est en « Perspex ».

(Suite de la page 73)

carrosseries entières à base de matières plastiques.

Les conditions de fonctionnement d'un moteur à explosions éliminent d'emblée les matières plastiques pour toutes les pièces travaillant à très hautes températures ou subissant des efforts mécaniques importants. Toutefois, beaucoup d'autres pièces réalisées en matériaux traditionnels pourraient certainement être transposées en plastiques. Une étude soignée de chaque cas particulier est évidemment nécessaire.

LES PLASTIQUES DANS LES VOITURES

Nous avons déjà signalé les engrenages silencieux en tissus imprégnés. Des coussinets sont également fabriqués en matières plastiques; on peut améliorer encore leur coefficient de frottement en les chargeant de produit autolubrifiants tels que le graphite.

On peut envisager de mouler en résine thermodurcissable des corps de pompes ou de carburateurs. L'inertie chimique de ces matériaux est d'un intérêt supplémentaire. On peut également réaliser certaines parties en matières transparentes. Rappelons que les membranes des pompes à essence sont en alcool polyvinyle à très haute résistance mécanique et insensible aux hydrocarbures. Les filtres de pompes à essence peuvent être réalisés avec avantage en fil de chlorure de polyvinyle.

Le montage des moteurs nécessite un grand nombre de joints qui doivent résister parfaitement à l'essence et aux huiles. Le chlorure

de polyvinyle plastifié convenablement résout ce problème. Lorsque les joints doivent résister à de très hautes températures, le caoutchouc de silicone plus ou moins armé de tissu de verre ou d'amiante ou de fils d'acier, intervient efficacement.

Les garnitures de freins et les disques d'embrayages sont en agglomérés divers, parfois armés de différents tissus, amiante, tissu de verre, métal, etc. On emploie le plus souvent des résines du type thermodurcissable, résine phénolique ou mélamine. Le coefficient de frottement de cette dernière ne diminue pas avec l'élévation de température que provoque un freinage prolongé. Des techniques récentes permettent, pour le montage des garnitures sur leur support, de remplacer des rivets par le collage, avec des résines du type Redux. Les résines éthoxyliques pourraient également donner des résultats intéressants.

La plupart des matières plastiques ayant d'excellentes propriétés électriques, leur usage s'est généralisé dans l'équipement électrique de la voiture : bacs d'accumulateurs, séparateurs en chlorure de polyvinyle perforé et gaufré, séparateurs micro-poreux en mousse de polystyrène ou de chlorure de polyvinyle, pièces annexes telles que bouchons, couvre-bornes,

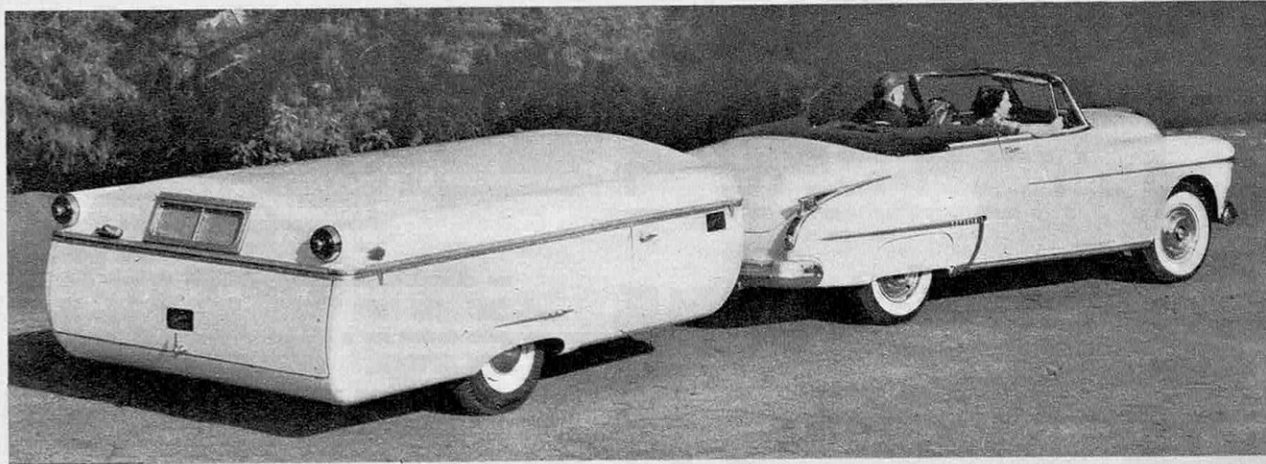
Encore une application des stratifiés résine polyester et fibre de verre : une remorque profilée à carrosserie plastique inaltérable et résistant aux chocs. Au campement, le toit se lève et trois personnes y couchent à l'aise (dont une dans le coffre arrière qui se tire). La cuisine a été aménagée tout à l'avant de la remorque. →

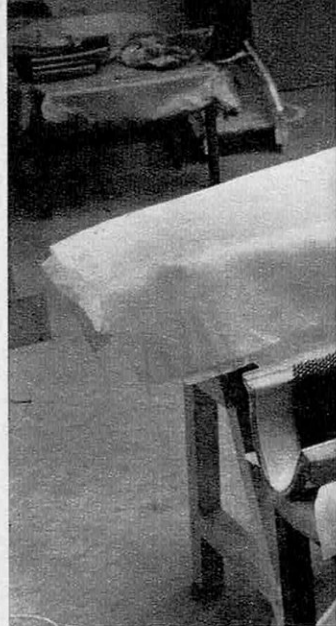
etc. Magnétos, distributeurs d'allumage, bobines, disjoncteurs sont déjà réalisés en partie en matières plastiques phénoliques ou mélamine. Les bobinages sont isolés à base de résines phénoliques, d'acétals polyvinyliques. Les fils peuvent être recouverts de chlorure de polyvinyle dont l'isolement électrique est excellent, la résistance à l'huile et aux graisses remarquable ; la grande variété des couleurs permet le repérage facile des circuits en cours de montage. Les qualités des silicones du point de vue isolation électrique et hydrofugation permettent d'éviter de nombreuses pannes et des risques de grillage ; des capots de bougies moulés en caoutchouc de silicone assurent une protection efficace ; on peut également utiliser

un compound épais de silicones pour rendre étanche l'ajustage des bougies sur le carter.

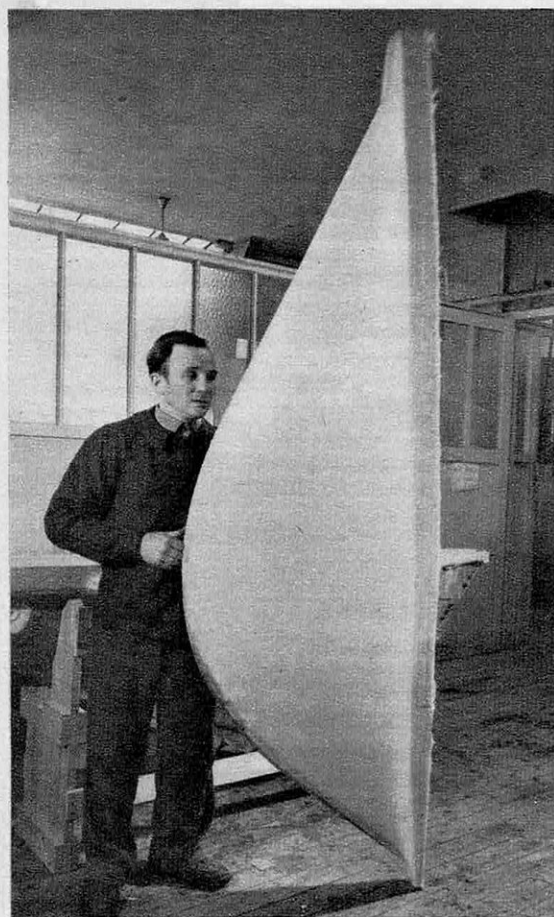
Les pare-chocs chromés accusent la moindre éraflure ou le moindre choc. On a pensé les enduire de chlorure de polyvinyle et certains ont même envisagé une construction semi-pneumatique capable d'absorber une partie de l'énergie des chocs ou un remplissage avec des matières plastiques mousses.

Les tableaux de bord utilisent largement les matières plastiques. Une firme française réalise par moulage d'une seule pièce un tableau de bord en résine phénolique. Les sociétés américaines utilisent des plaques de résine polycrylique transparentes ; en dosant l'opacité des vernis opaques au dos de la pièce, on peut





● Pour le SO-4050 « Vautour » on a réalisé de nombreux éléments en polyester armé de verre. Ci-dessus, pose du nid d'abeille stratifié dans la forme de moulage de la contre-dérive (ci-dessous). A droite, fabrication de capot de protection des antennes dorsales : le nid d'abeille sera pris entre deux feuilles de verre-résine.



monter les instruments de mesure et les lampes témoins derrière le tableau de bord pour faire apparaître les inscriptions. Le tableau de bord de la Nash, en polyacrylique transparent, de 75 cm de long et pesant 270 grammes, porte des inscriptions moulées sur la face postérieure et remplies de vernis doré ; un éclairage par la tranche permet au conducteur de lire la nuit, sans éblouissement, les graduations de ses instruments de mesure.

CARROSSERIES EN PLASTIQUES

Les carrosseries en matière plastique, qui paraissent un peu chimériques il y a quelques années, sont entrées dans le domaine des réalisations, tout au moins pour des petites séries. Les études ont été activement poursuivies car les constructeurs pouvaient espérer un gain de poids important et une meilleure insonorisation. Seule l'utilisation des résines stratifiées à base de fibres de verre a permis jusqu'ici de faire avancer le problème. Un grand nombre de points restent encore à améliorer, en particulier la liaison tôle-stratifié (dans le cas encore fréquent des carrosseries mixtes). En outre, les fabricants s'attachent particulièrement au problème de l'incombustibilité des stratifiés.

Nous ne rappellerons que le principe des méthodes de moulage.

Le verre textile, qui est pratiquement le seul utilisé pour la réalisation de ces stratifiés, se présente sous les formes suivantes :

— « roving », pelote de 60 brins de fils continus assemblés en parallèle sans torsion et se dévidant par l'intérieur ; elle sert surtout à alimenter les machines de coupe ;



grande précision ; il en existe une grande variété.

Les résines polyesters employées ont été baptisées « résines basse pression », d'où on en a conclu parfois un peu hâtivement qu'il n'était pas nécessaire de mettre en œuvre un outillage important et des moules en acier. L'expérience a montré que si des prototypes peuvent être réalisés facilement et à peu de frais en bois ou en plâtre, il était nécessaire de posséder un outillage précis, en acier de préférence, dès qu'il s'agissait de fabrication.

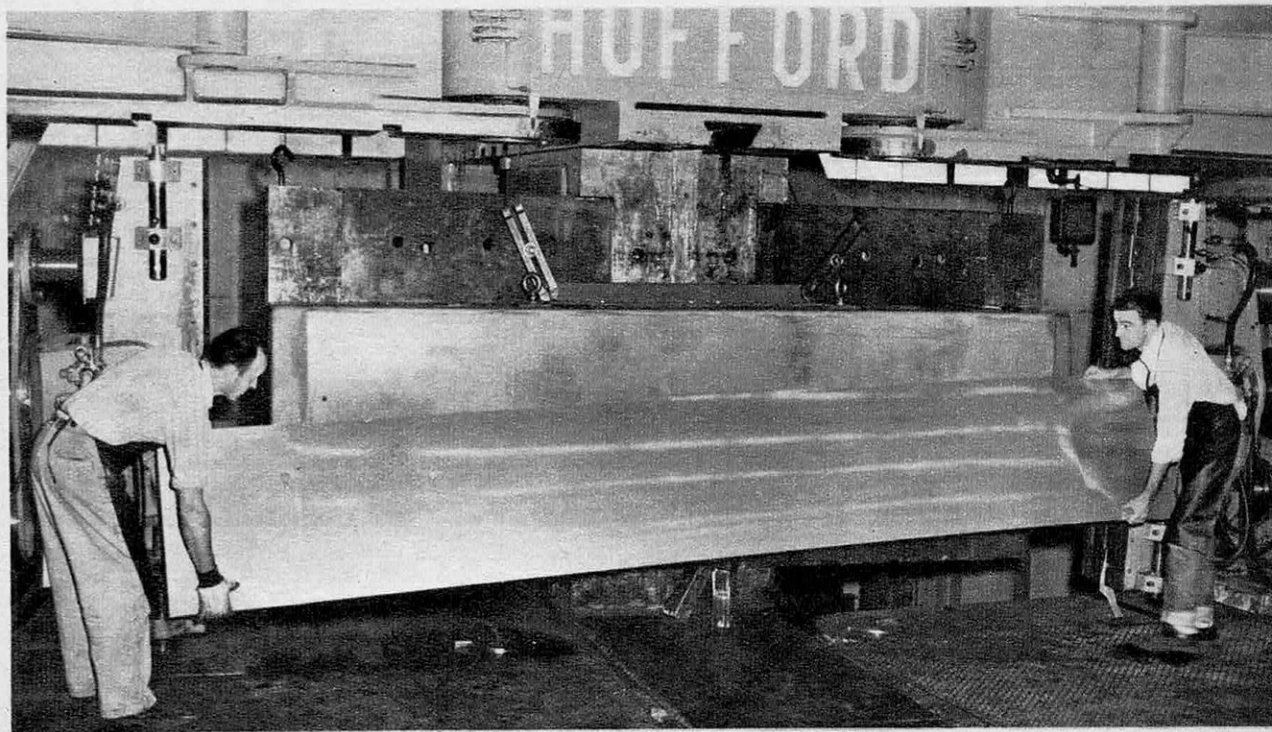
Lorsqu'on opère sans presses, on réalise d'abord un moule femelle, en plâtre, en bois ou même en stratifié, dont on enduit la surface d'un agent de démoulage (cire, silicone, alcool polyvinylique, etc). En vue d'obtenir un beau fini de la surface, on dépose une première couche de résine sur laquelle on superpose un tissu de texture assez serrée. On poursuit en alternant une couche de résine et une couche de tissu de verre en faisant bien pénétrer la résine à travers les mailles du tissu au moyen d'une spatule de caoutchouc. On peut renforcer certaines parties de la pièce en multipliant localement le nombre de couches. On laisse sécher à l'air ou on accélère la solidification par chauff-

— « fils coupés », soit en 50 mm pour la fabrication des « mats » ou des pièces de préforme, soit en 25 ou 12 mm pour servir de charge de renforcement de la résine ;

— « mats », matelas de fils coupés agglomérés par un liant. Ils servent au moulage des pièces pour lesquelles une résistance mécanique élevée n'est pas nécessaire ;

— tissus, indispensables pour des pièces exigeant une forte résistance mécanique et une

● *Un élément de fuselage de Constellation long de plus de 4,5 m, formé à la presse avec une matrice d'emboutissage en plastique. Cette matrice pèse 1 600 kg; faite en acier, elle pèserait 17 tonnes.*



face sous une batterie de lampes infrarouges ou par passage à l'étuve. On peut utiliser aussi les diverses méthodes d'application de faible pression, telles que la méthode du sac de caoutchouc, celle de la contrepartie mâle ou femelle, etc.

Un autre procédé appelé « préforme » s'inspire de la fabrication des chapeaux de feutre. Des fils de verre tombent sur un moule métallique perforé sur lequel ils sont plaqués par aspiration. Pendant leur descente, un pistolet les imprègne de résine. On porte la préforme revêtue de son matelas de fibres pendant quelques minutes dans une étuve. La résine lie les fibres et donne un minimum de cohésion pour séparer ce matelas du moule perforé. On porte le tout sur le moule définitif, on verse la quantité de résine préalablement pesée ; l'ensemble pressé est chauffé pendant quelques minutes et donne l'objet fini.

PEINTURE, RÉPARATION

On a donné parfois comme argument supplémentaire en faveur des stratifiés l'absence d'entretien et la possibilité d'obtenir directement la teinte désirée. Dans ce domaine, les mises au point ne sont pas absolument terminées et les voitures en plastique armé sont revêtues en général de laques cellulosiques. Une autre raison, d'ailleurs, est que les carrosseries réalisées entièrement en polyester sont rares et que certains fabricants ont actuellement des carrosseries mixtes dans lesquelles certaines parties seulement (portes, pavillons, malles, dessus de capots, ailes) sont en stratifiés ; il faut donc revêtir entièrement la carrosserie.

La réparation des carrosseries en polyester accidentées est extrêmement rapide si on dispose de parties de carrosseries pouvant s'adap-

ter à la place des parties détériorées. Il suffit de mettre en place du tissu de verre enduit de résine pour faire des réparations absolument invisibles.

AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS

Les aménagements intérieurs d'une voiture ; coussins, habillage, etc. peuvent être améliorés par l'emploi de tissus enduits de matières plastiques. On retrouve les qualités générales du chlorure de polyvinyle : résistance à l'usure, coloris adaptés à la teinte des carrosseries, entretien extrêmement facilité. Certaines matières plastiques filables ont donné des housses considérées comme inusables. Les sièges peuvent être également rembourrés avec des mousses de matières plastiques (mousse de chlorure de polyvinyle).

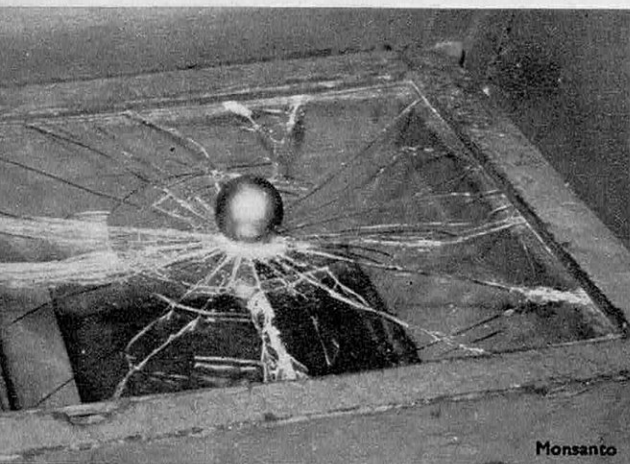
Enfin, les matières plastiques ont permis la réalisation de pare-brise de sécurité obtenus en liant ensemble deux glaces au moyen d'un film continu transparent. En cas de rupture, les morceaux restent attachés au film et risquent moins de blesser les occupants du véhicule. Certaines matières plastiques transparentes dans toute leur masse, telles que le polyméthacrylate de méthyle peuvent acquérir des formes qu'on peut difficilement donner au verre, mais la résistance à la rayure devra être améliorée.

Une application intéressante des plastiques renforcés dans les gros transports est celle des citernes. Le gain de poids est au moins de 30 %, ce qui permet d'accroître le volume transporté tout en respectant le tonnage maximum réglementaire. A condition de choisir les produits transportés, l'absence de corrosion évite les revêtements spéciaux.

CYCLE ET MOTO

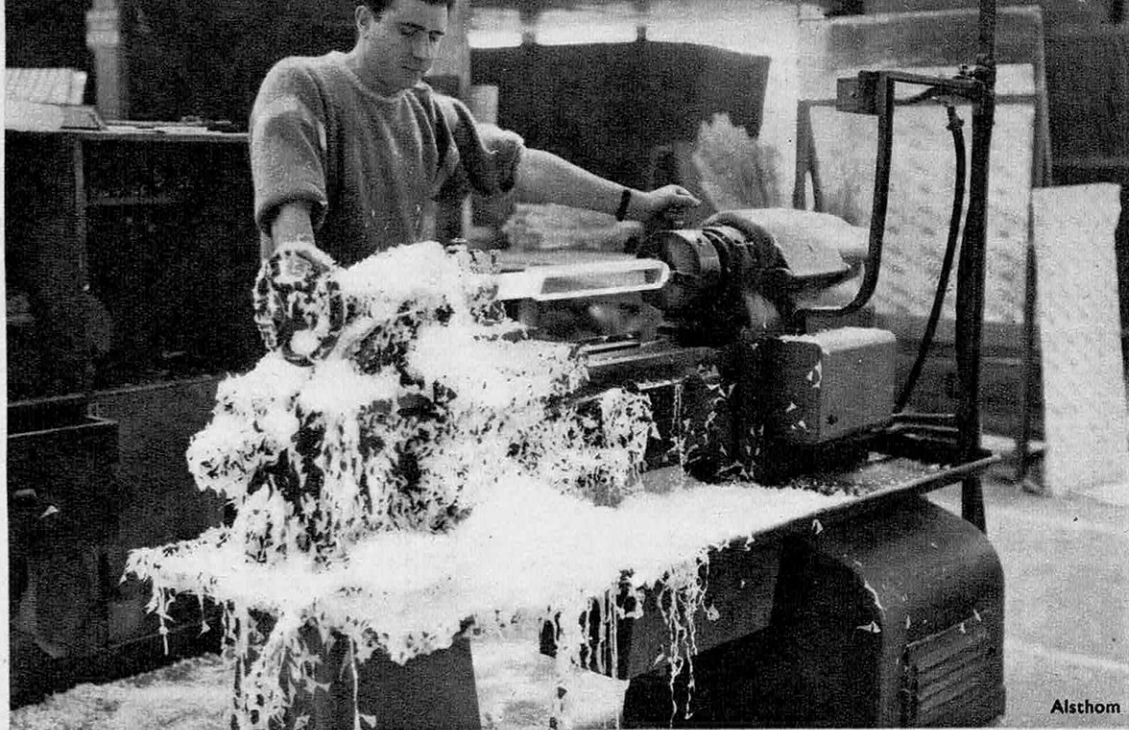
Jusqu'ici les matières plastiques n'ont pas révolutionné les techniques de fabrication des cycles ou de la moto. Il est difficile de concevoir les pièces de fatigue de ces engins réalisées en matières plastiques, bien que, pour des emplois particuliers, des réalisations aient déjà été effectuées : nous pensons aux bicyclettes pour troupes aéroportées parachutées dont le cadre était découpé dans des plaques stratifiées. Toutefois, il nous faut signaler une réalisation française particulièrement intéressante : des jantes moulées d'une seule pièce en phénoplastes de choc, dans lesquelles les trous pour la fixation des rayons sont venus directement de moulage. Ces jantes sont extrêmement légères et parfaitement centrées.

Comme elles sont en outre partiellement hydrofuges, la qualité du freinage n'est pas modifiée en temps de pluie.



Monsanto

● Un verre de sécurité à couche intermédiaire de butyral polyvinyle frappé par une bille d'acier.



LE PLEXIGLAS SE TRAVAILLE AU TOUR DE LA MÊME FACON QUE LES METAUX LÉGERS.

Par contre, un grand nombre d'accessoires sont réalisables en matières plastiques : garde-boue ou carters, pompes avec leurs raccords, poignées de guidons, système d'éclairage, gainage des câbles de freins, selles, sacoches, poches à outils, etc.

AÉRONAUTIQUE

Il est inutile d'insister sur le fait qu'en aviation le moindre allègement constitue un grand progrès. Après le bois et les métaux légers, les matières plastiques devaient prendre leur place dans cette industrie. Les conditions de résistance mécanique sont évidemment au premier plan des préoccupations des fabricants qui ont cependant mis en avant une notion nouvelle, celle de la « cote de résistance », qui est le quotient de la résistance mécanique par la densité du matériau. Vues sous cet angle, les matières plastiques prennent une place très honorable, surtout les stratifiés. On apprécie encore leurs autres qualités : facilité de mise en œuvre, possibilité de réalisation de prototypes ou de petites séries sans matériel coûteux, amortissement des vibrations, résistance aux intempéries, etc.

Rappelons que dans la construction d'avions en bois, des contre-plaqués améliorés ont été utilisés il n'y a pas encore tellement longtemps pour faire des cellules et que la fabrication de planeurs peut encore être très avantageusement réalisée par ces produits. Ce sont les résines urée-formol, mélamine-formol ou résorcine-

formol qui permettent les meilleurs collages. En outre, dès la dernière guerre, les stratifiés ont été utilisés à grande échelle pour réaliser des éléments de structure (dans les hélicoptères en particulier) ou pour réaliser des éléments de grandes dimensions tels que cônes de queue, bouts d'ailes, parties d'ailerons, portes d'évacuation, etc.

Une application récente et parmi les plus spectaculaires est l'utilisation des techniques d'assemblage des métaux au moyen de matières plastiques et en particulier des résines éthoxyliniques pour réaliser des éléments importants de structures d'avions. En France, la Société Nationale de Constructions Aéronautiques du Sud-Ouest a poussé très loin les réalisations dans ce domaine. Il en résulte à la fois un gain de poids, de temps, une simplification de l'outillage et une amélioration des états de surface.

Les utilisations des matières plastiques dans les organes de propulsion, en particulier les moteurs, sont du même ordre que celles signalées dans les moteurs d'automobiles.

Rappelons que les hélices ont donné lieu à des mises au point extrêmement intéressantes sous forme de bois stratifiés ou densifiés : des feuilles de bois enduites de résine synthétique sont empilées dans des moules et pressées à la forme voulue, la densité croissant selon une loi étudiée à l'avance de la pointe au pied de la pale. Le problème des vitrages d'avions est également extrêmement important, tant

pour la cabine de pilotage que pour les cabines de visée du navigateur ou autres vitrages répartis sur le fuselage. On utilise là encore les verres de sécurité ou les matières plastiques transparentes, et en particulier le polyméthacrylate de méthyle. Son galbage et sa mise en forme sont parfaitement au point, mais là encore la résistance à la rayure exige des perfectionnements que les fabricants ne manqueront pas de réaliser.

CONSTRUCTIONS NAVALES

Les constructions navales ont également bénéficié des possibilités des matières plastiques. Dans la construction de grosses unités, il ne s'agit évidemment que des aménagements intérieurs : cloisonnement des cabines ou mobilier en stratifiés, tapis en chlorure de polyvinyle, rideaux, etc.

Des caisses à eau, des canalisations, des gaines de ventilation ont été réalisées en matières plastiques. De même, des plaques en chlorure de polyvinyle sont utilisées comme couches superficielles incombustibles et imputrescibles pour des revêtements calorifuges.

La construction de canots de plusieurs mètres de long a bénéficié des techniques de réalisation en stratifié telles qu'elles ont été décrites plus haut. A titre d'exemple : un dinghy de 3,61 m de long sur 1,58 de largeur et 0,57 m de creux au milieu a une coque ne pesant que 35 kg et, après équipement complet, ne pèse que 85 kg. Il peut transporter 4 ou 5 personnes. Tous les avantages des stratifiés se trouvent ici encore : insensibilité à la corrosion, au vieillissement, étanchéité absolue, insensibilité chimique, résistance aux tarets, etc.

Aptes à circuler en eau peu profonde, sur les étangs par exemple, les canots à fond plat en résines polyester armées de fibre de verre sont extrêmement légers, très résistants aux chocs, faciles à réparer. →

CHEMINS DE FER

Les utilisations des matières plastiques dans les chemins de fer concernent surtout les aménagements intérieurs.

Les panneaux en stratifiés aminoplastes, sur les voitures à voyageurs ou les autorails, sont légers, d'un prix de revient acceptable et possèdent une résistance aux chocs et à la rayure tout à fait remarquable.

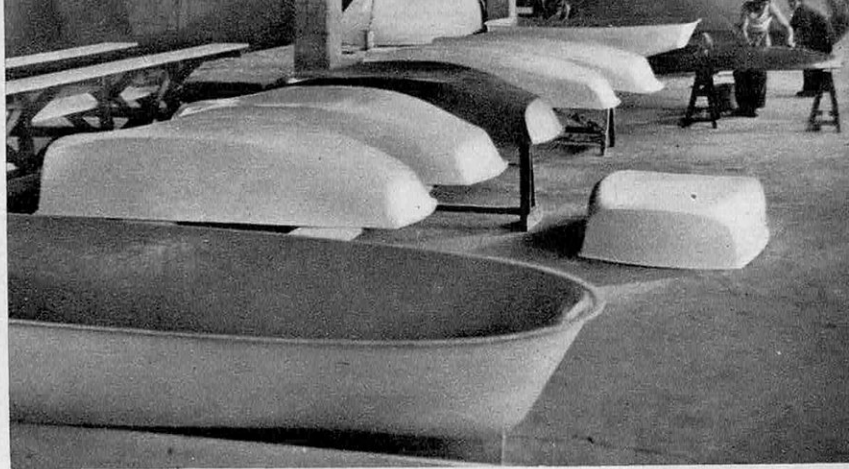
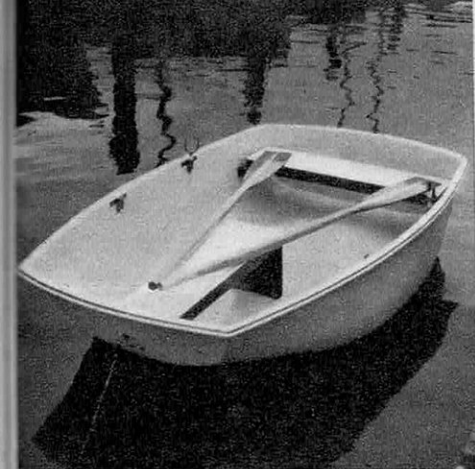
Les résines vinyliques ont été utilisées sous forme d'enduits, soit pour la réalisation des sièges, soit même, dans certaines rames récentes, pour les revêtements des parois qui prennent ainsi un habillage rappelant le cuir. L'intérêt de ces produits est la résistance à l'usure et au frottement, la facilité d'entretien par simple lavage et leur faible combustibilité. On a utilisé le chlorure de polyvinyle en feuilles épaisses comme revêtement de planchers de voitures en remplacement du linoléum. On a songé également à utiliser cette matière pour réaliser les soufflets d'intercirculation entre les voitures. Une difficulté encore incomplètement résolue est la tenue aux grands froids. Pour les applications électriques, les silicones sont certainement appelées à un grand avenir.

PIPE-LINES

Le transport de liquides ou de gaz à plus ou moins grandes distances se fait maintenant dans des pipe-lines. Dans de nombreux cas les



LA COQUE DU YACHT « PERPETUA », MOULÉE D'UNE SEULE PIÈCE, A 13,5 M DE LONG.



Staempfli-Pleyel

matières plastiques peuvent être utilisées à cause de leur grande inertie chimique. De plus, ces matières étant très lisses, les pertes de charge sont faibles.

L'industrie chimique emploie dans ses usines des canalisations de grande longueur et parfois de gros diamètre pour transporter des gaz parfois très agressifs, comme le chlore.

Les nouveaux stratifiés verre textile-polyester peuvent être montés sous forme de tubes. Ils résistent à l'essence et des pipe-lines d'essais ont été montés.

Signalons enfin une application très curieuse des tubes de chlorure de polyvinyle rigide pour le transport pneumatique du courrier.

REVÊTEMENTS DANS L'INDUSTRIE MÉCANIQUE

La protection par peinture de bâtiments métalliques ou de machines est souvent considérée comme un problème simple, mais les mécomptes sont fréquents avec les procédés classiques.

De plus en plus, la peinture de bâtiments métalliques et de machines industrielles fait appel aux matières synthétiques à grande résistance douées en même temps d'une excellente adhérence et d'une imperméabilité totale. Des peintures à base de caoutchouc chloré, de résines vinyliques sont fréquemment utilisées. Des formules spéciales à base de Néoprène se vulcanisant à l'air commencent à se développer.

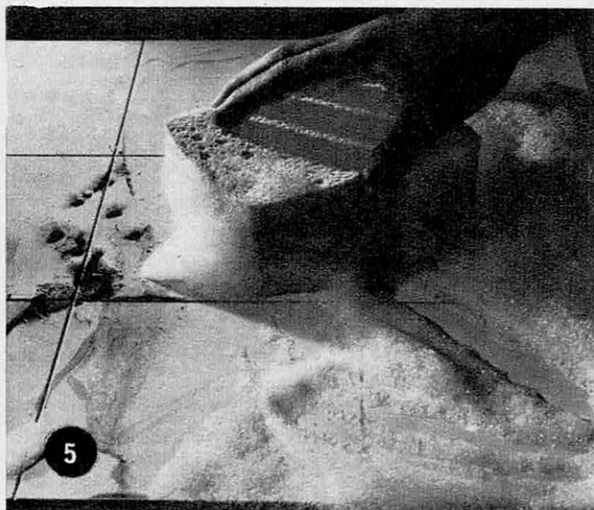
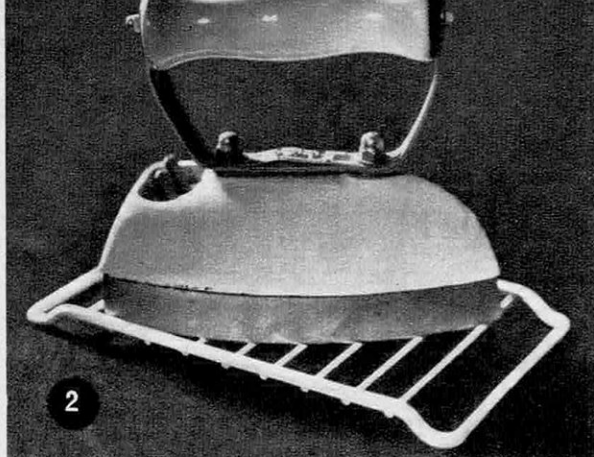
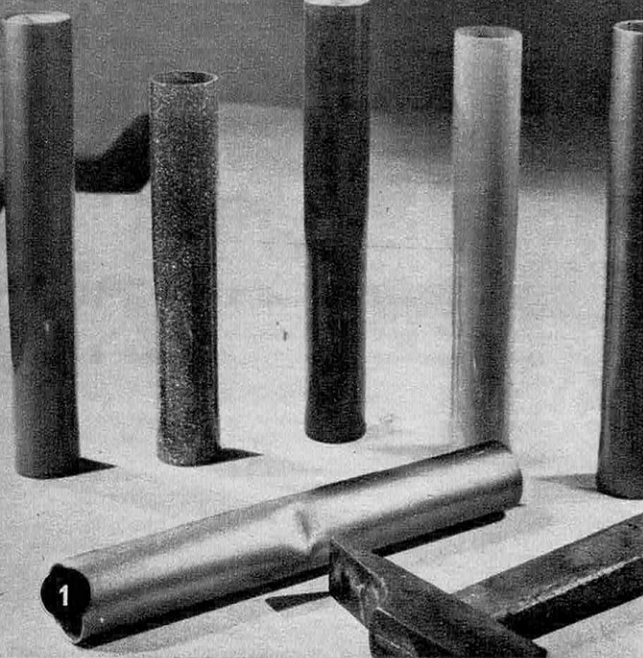
Pour la protection des machines exposées d'une façon permanente à l'action de produits chimiques agressifs, on fait appel à des revêtements de résines spéciales vinyliques ou Néoprène, soit sous forme de peintures soit en feuilles collées, et on commence à voir se développer les nouvelles techniques de revêtements épais en résines vinyliques dispersées, baptisées « Plastisol » par les Américains.

Pour la construction automobile, c'est après la première guerre mondiale qu'apparurent les peintures nitrocellulosiques, puis, plus tard



Halmatic Ltd.

● Un « Flying-15 » monotype de compétition dont la coque en « Deborine », résine polyester armée de fibre de verre, n'exige ni peinture ni entretien et peut être fabriquée très économiquement en grande série.



LES NOUVELLES RÉSINES « EPIKOTE »

Les résines Epikote récemment mises sur le marché s'apparentent au groupe des résines éthoxylinées. Ces produits entièrement synthétiques, fabriqués à partir de dérivés du pétrole, sont intéressants pour l'industrie des peintures et vernis par leurs qualités d'adhérence, de souplesse, de résistance aux agents chimiques. Les photographies ci-contre illustrent quelques-unes de leurs propriétés. Des tubes d'acier (1) revêtus d'émaux Epikote sont protégés contre la corrosion et ne s'écaillent pas au choc. L'émail du support de fer électrique (2) résiste à la chaleur, celui du cadre de bicyclette aux chocs et aux intempéries (3). Le vernis de la table (4) ne craint ni tache d'alcool, ni brûlures. L'émail blanc imitant la céramique (5) supporte les lessives concentrées. Après pliage ou emboutissage profond (6) la protection n'est pas diminuée. Incorporée au chlorure de polyvinyle (7) la résine lui donne la transparence du cristal.

les peintures glycérophtaliques. Plastifiants, résines naturelles, résines synthétiques sont utilisés pour améliorer leurs qualités propres.

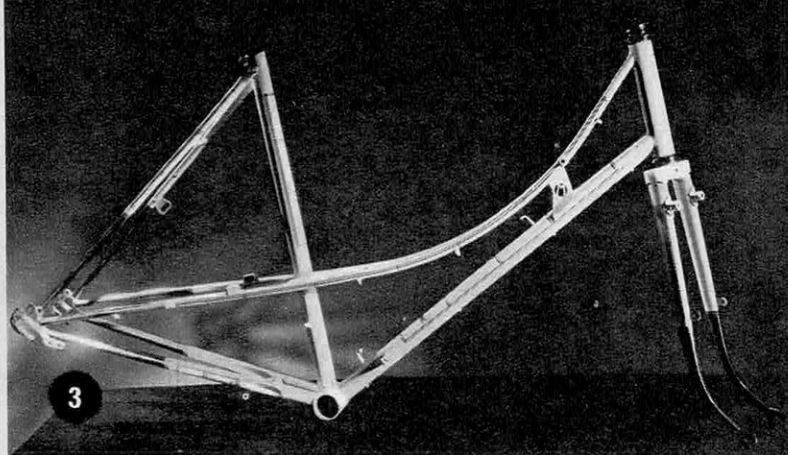
Il n'est pas possible de citer toutes les résines imaginées dans ce but. L'une des familles les plus remarquables est celle des résines de mélamine en combinaison avec le formol.

Elles ont pour premières qualités d'être très dures, stables, insolubles dans l'eau et insensibles aux rayons solaires. C'est pourquoi une peinture mélamine résiste aux intempéries et conserve sa couleur et son brillant.

De plus, ces résines se sont révélées des

accélérateurs de cuisson remarquables pour les résines glycérophtaliques durcissant en étuve, et grâce à elles les chaînes modernes d'automobiles et de cycles sont devenues très rapides. Là où une peinture glycérophtalique exigeait 8 à 10 heures, il suffit maintenant de moins d'une heure; quand les objets sont de petites dimensions, quelques minutes suffisent parfois avec des installations de chauffage très spéciales. Aussi peut-on affirmer que toutes les peintures de carrosserie de belle qualité séchées en chaîne à l'étuve sont des peintures glycérophtaliques mélaminées. Les peintures nitrocellulosiques améliorées restent les peintures de choix pour les carrosseries de luxe et de petite série.

Si la partie visible des véhicules doit plaire et rester belle, d'autres organes cachés doivent aussi recevoir une protection pour assurer la conservation des métaux et éviter leur détérioration sous les actions les plus diverses. Bien que peu visibles ou cachés, les carters, les réservoirs subissent l'action des huiles, des carburants, des graisses, de l'eau et des chocs



Shell-Chimie

par les pierres ou les graviers. De nouvelles résines du type éthoxylinés, permettent de faire des peintures à l'épreuve des chocs et résistant à toutes les actions chimiques.

Dans les moteurs, des pipes et des tuyaux d'échappement sont soumis en plus à la chaleur des gaz de combustion. On peut les protéger avec des peintures de silicones.

Un autre type de peinture est particulièrement intéressant pour les véhicules servant au transport de voyageurs. Il s'agit de peintures ne transmettant pas le feu. Les plus simples, mais dont l'emploi n'est pas encore très répandu, sont du type vinylique et ne s'enflamment pas sous l'influence d'une élévation de température ; il n'est naturellement pas possible de les empêcher de brûler au contact direct de la flamme puisque ce sont des matières organiques, mais elles ne transmettent pas de flamme.

CONCLUSION

Au cours de ce rapide exposé, il n'a pas été matériellement possible de traiter, voire même seulement de citer tous les cas, extrêmement

nombreux, où les matières plastiques ont apporté un progrès sur les fabrications classiques.

Certains de nos exemples ont cependant montré que, bien qu'il ne soit pas possible de réaliser des ensembles de grandes dimensions tout en plastique (sauf peut-être le cas des bateaux ou des voiliers), les matières plastiques interviennent maintenant comme éléments de base dans la construction de pièces industrielles de grandes dimensions soumises à des régimes très rigoureux, comme dans les appareillages mécaniques ou les moyens de transport. Mais il ne faut pas perdre de vue que chaque réalisation doit s'accompagner d'une étude approfondie des conditions d'emploi, compte tenu des propriétés particulières des matières plastiques ; une transposition pure et simple du métal au plastique ne pouvant conduire qu'à un échec. Il faut « penser plastiques » pour réaliser à coup sûr une amélioration des techniques classiques.

M. Fournier.



Vitrex

● Avec les résines polyesters armées de fibres de verre, on forme des tôles ondulées d'une résistance élevée à la flexion, inaltérables au froid, à la chaleur, à l'humidité, à tous les agents atmosphériques.

PLASTIQUES ET BATIMENT

Vers la maison tout entière en plastique

IL y a quelques années seulement, parler de l'emploi intensif des matières plastiques dans la construction de maisons eût passé pour une gageure.

Pourtant, dans de nombreux secteurs du bâtiment, les résines synthétiques et autres produits artificiels ont apporté la solution à des problèmes jusqu'ici non résolus ou imparfaitement résolus.

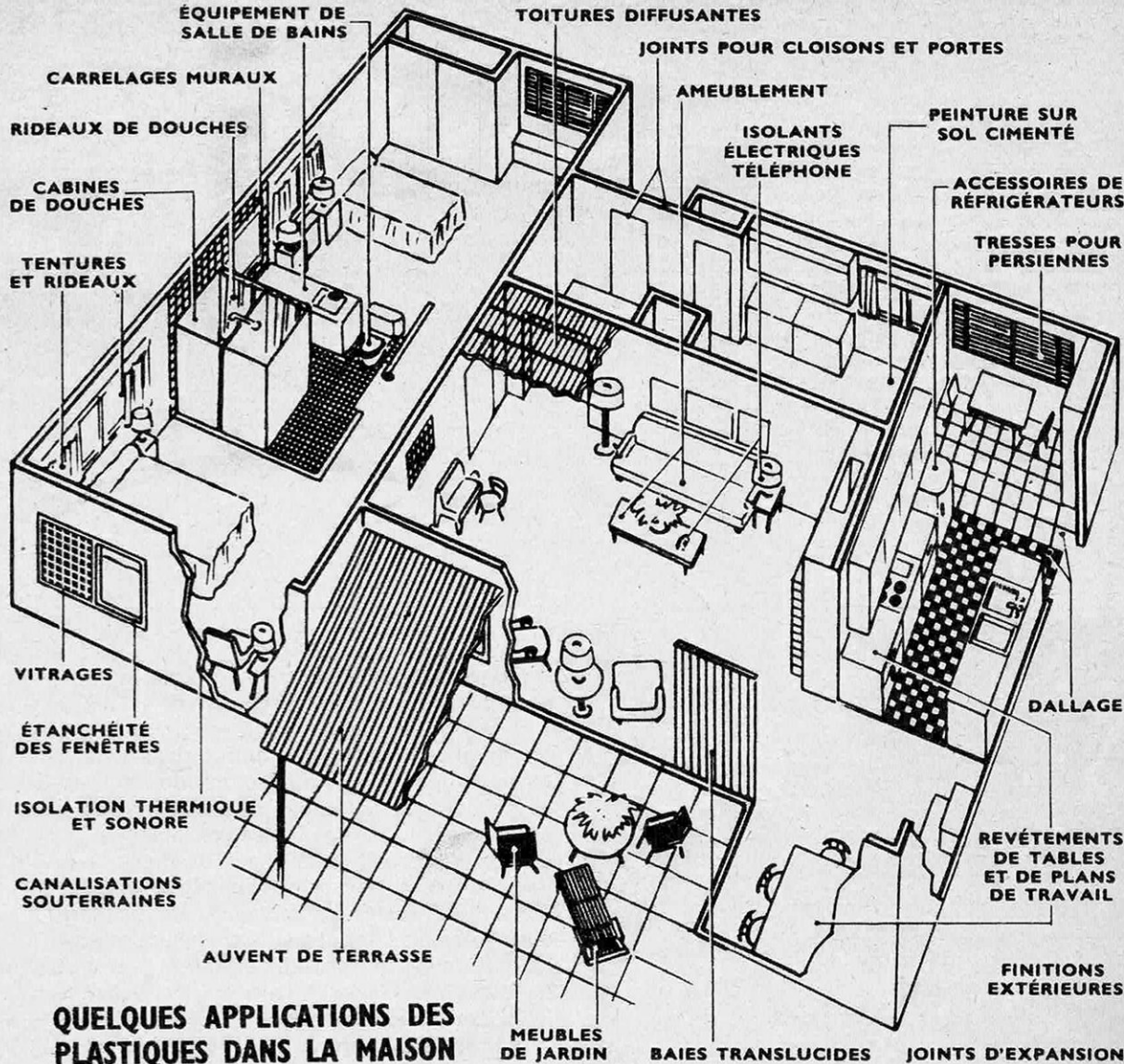
Leur utilisation comme matériaux de construction proprement dits n'est pas toujours visible et cette discrétion est, selon nous, la meilleure preuve qu'ils sont employés judicieusement.

Il en va tout autrement dans le domaine artistique où l'on peut chercher, au contraire, à mettre en valeur les propriétés de transparence, de coloration et de brillant d'un matériau. Dans les deux cas, art et technique, plaisir des yeux et utilité, les matières plastiques apportent une contribution chaque jour plus étendue.

LES PLASTIQUES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Dans la gamme presque infinie des plastiques, les architectes ont eu l'idée d'utiliser un certain nombre de produits qui, en raison de leurs propriétés particulières : élasticité, imperméabilité, résistance aux agents atmosphériques, transparence, peuvent soit seuls, soit incorporés aux matériaux ordinaires, résoudre également des problèmes délicats tels que les problèmes d'étanchéité, ou fournir des matériaux de structure supérieurs aux matériaux classiques, des revêtements muraux faciles à poser et à entretenir, etc.

Nous décrirons quelques-unes de ces applications nouvelles des plastiques. La liste est loin d'en être close et il ne fait pas de doute qu'elle ne soit appelée à s'étendre rapidement. Plusieurs des procédés que nous décrirons ont



QUELQUES APPLICATIONS DES PLASTIQUES DANS LA MAISON

été mis en pratique au Maroc, pays neuf permettant d'expérimenter plus facilement des solutions neuves qui, le succès aidant, commencent à se répandre en France.

PROBLÈMES D'ÉTANCHÉITÉ

L'étanchéité des sols en ciment ou des terrasses peut être améliorée par incorporation au ciment de latex de caoutchouc ou d'une résine artificielle dérivée de la colophane. Plus récemment, des expériences concluantes ont été faites avec une émulsion d'acétate de polyvinyle. Cette addition de résine synthétique rend le ciment plus élastique et supprime les risques de fendillement.

Une autre méthode destinée à réduire ces risques consiste à cloisonner les sols de ciment ou les revêtements de granite pour diminuer les surfaces unitaires. Jusqu'ici le cloisonnement

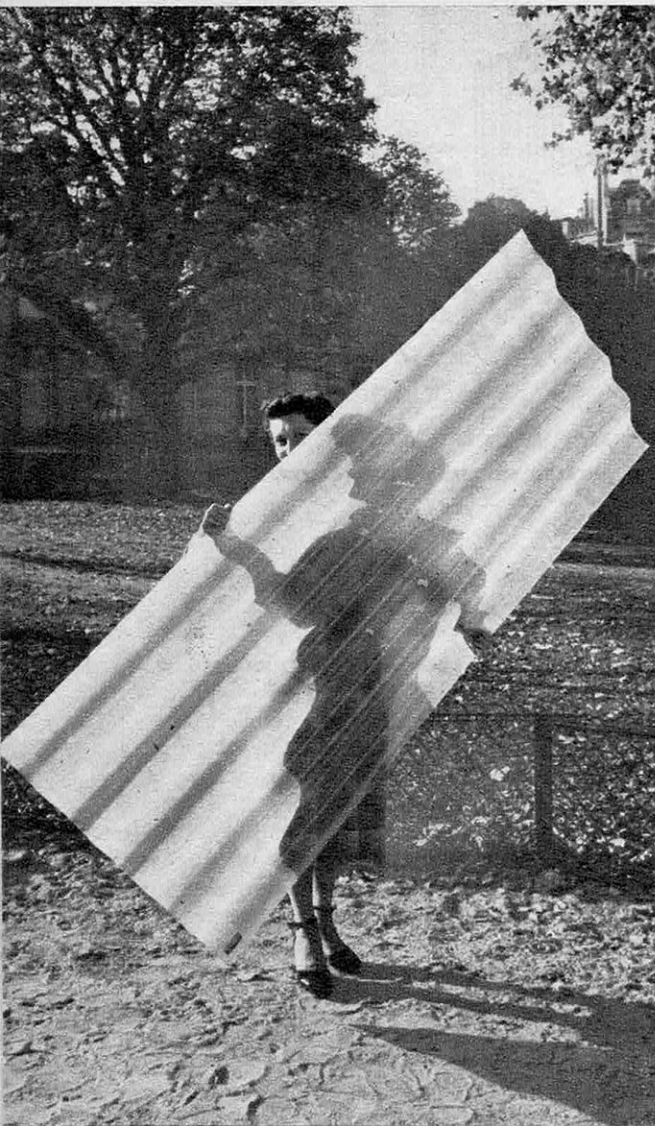
était effectué à l'aide de petits dés en grès, de lames de cuivre ou de laiton. Actuellement, l'emploi des joints en chlorure de polyvinyle se généralise à cause de la grande stabilité de ce matériau et de la possibilité de le fabriquer dans tous les coloris désirés.

Les constructions en pierre sont parfois perméables à l'eau par suite de la porosité de la pierre. L'humidité pénètre alors à l'intérieur des habitations, provoquant de larges taches et parfois, dans les pays chauds, des moisissures. Il est maintenant possible de remédier à cette porosité en appliquant un enduit hydrofuge à base de silicone. Tout en assurant l'étanchéité, cet enduit n'empêche pas la « respiration » des matériaux, c'est-à-dire que l'air peut diffuser. Ces revêtements n'arrêtent cependant pas l'humidité qui vient des fondations par capillarité. Leur durée d'efficacité est de 5 ans environ dans des conditions normales. Il existe

Les résines méthacryliques du type Plexiglas permettent de réaliser des plaques de grande surface ayant la limpidité du cristal sans en avoir la fragilité et possédant une grande résistance au vieillissement et aux intempéries. On peut les galber après chauffage pour leur donner des formes cylindriques ou sphériques comme celle des coupoles de l'hôpital de Saint-Lô ci-contre. A droite, la terrasse du café « Le Français », aux Champs-Élysées, est recouverte de Plexiglas ondulé.



Alsthom



Manuver

d'autres résines pour les constructions en bois ou pour les parquets.

Les grands immeubles en béton s'étendent souvent sur de grandes longueurs, ce qui nécessite des fentes de dilatation, en principe tous les vingt mètres. Ces coupures dans toute la hauteur des immeubles créent des sections indépendantes dont la dilatation peut s'opérer sans danger. Mais ces fentes constituent autant de solutions de continuité par lesquelles peuvent pénétrer la pluie et l'humidité, les poussières, les insectes, les rongeurs, etc. En outre, elles brisent l'harmonie architecturale aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. Il faut donc les calfeutrer sans pour cela les empêcher de jouer leur rôle.

Une firme marocaine a utilisé des joints en chlorure de polyvinyle extrudé dont l'élasticité assure l'étanchéité permanente sans que le joint souffre des efforts de dilatation ou de contraction du béton. Ces joints ont été posés depuis plusieurs années sur les bâtiments du nouvel hôpital musulman de Casablanca ainsi que sur d'autres immeubles du Maroc, d'Algérie et de France. Ils n'ont subi aucune altération. Ils sont blancs ou crème, mais peuvent éventuellement être produits en toutes teintes pour les applications intérieures.

Quant aux toitures en terrasses, on a plus récemment proposé l'application de plastigels vinyliques pouvant être étendus à froid à la truelle. Cette réalisation est en cours de développement.

← Les plaques de polyester armées de fibre de verre, translucides, sont extrêmement légères. On peut sans difficulté les couper aux dimensions voulues avec une scie à main, les fixer par des clous ou des vis.



LES MATÉRIAUX DE STRUCTURE

Dans les applications précédentes, les matières plastiques viennent en somme au secours des matériaux de construction classiques. Mais elles peuvent aussi constituer des matériaux de base. Ainsi, déjà en 1939, aux Etats-Unis, on avait construit des maisons préfabriquées avec des panneaux imprégnés de résine phénolique, en double paroi, avec intercouche de feutre. Un soubassement en béton de 10 cm d'épaisseur servait de base.

En Suisse, des halls ont été construits en bois stratifiés, imprégnés de résine de mélamine, avec des charpentes d'une portée de 45 mètres constituées par superposition de 22 couches de 25 mm d'épaisseur chacune. Un pont démontable a été construit en 1942 sur la route Brienzler-Rothorn, avec trois portées de 15,50 m chacune. On pourrait en citer bien d'autres.

Actuellement, on étudie activement l'emploi des stratifiés verre textile-polyester, mais le prix de revient est encore un obstacle à un développement intensif comme matériau de structure à l'extérieur. En panneaux intérieurs, leur utilisation permettrait des réalisations originales.

Des cloisons intérieures peuvent être constituées par de matières plastiques comme le produit « Holoplast » obtenu à partir de tubes fabriqués par enroulement en spirale de papier imprégné à une température juste suffisante pour rendre la résine collante. Ces tubes sont

comprimés et amenés à une section carrée. Ils sont ensuite assemblés en panneaux, des feuilles de surface étant appliquées de part et d'autre et des blocs de bois imprégnés étant insérés aux extrémités pour renforcement. L'isolement acoustique est excellent.

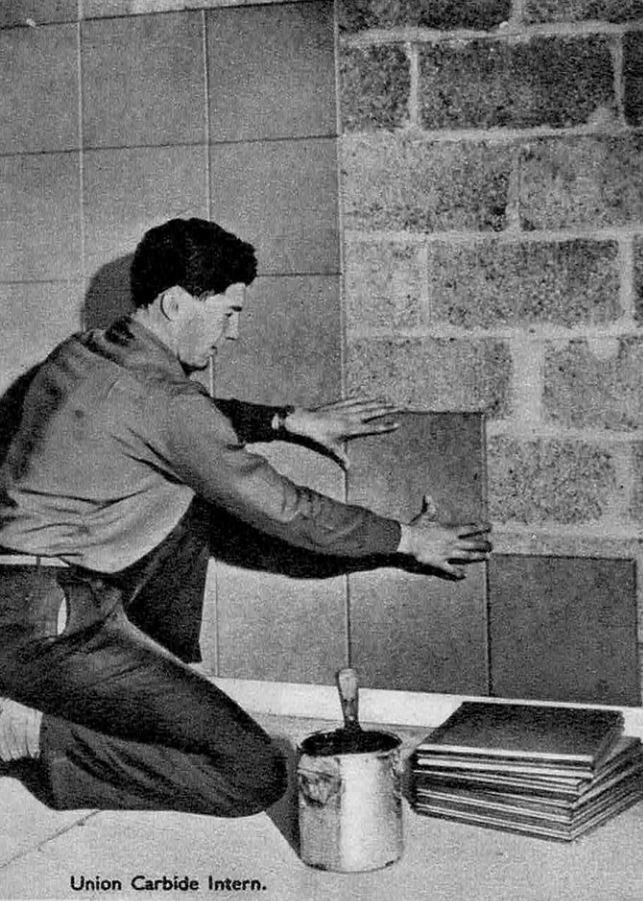
Le revêtement des toitures d'ateliers peut être effectué à l'aide de tôles ondulées en Plexiglas transparent ou en stratifiés verre textile-polyester. Leur résistance aux chocs est excellente et leur emploi se développe de plus en plus.

LES REVÊTEMENTS MURAUX

Il ne s'agit plus de matériaux supportant des charges, mais de matériaux de garnissage ou de protection. Certains ont en même temps un rôle décoratif, mais c'est le point de vue technique qui domine : résistance à l'humidité, aux salissures, inflammabilité, etc.

Ces panneaux muraux sont généralement du type « stratifié » avec base de papier ou de tissu et liant de résine phénolique ou de mélamine. Les panneaux peuvent être fixés sur armatures par collage, par clouage ou par un système d'accrochage. On propose maintenant des stratifiés verre textile-polyester ou des panneaux en chlorure de polyvinyle rigide pour ces applications.

Pour l'insonorisation, on utilise des matériaux cellulaires, rigides ou souples, à base de chlorure de polyvinyle. Les revêtements souples



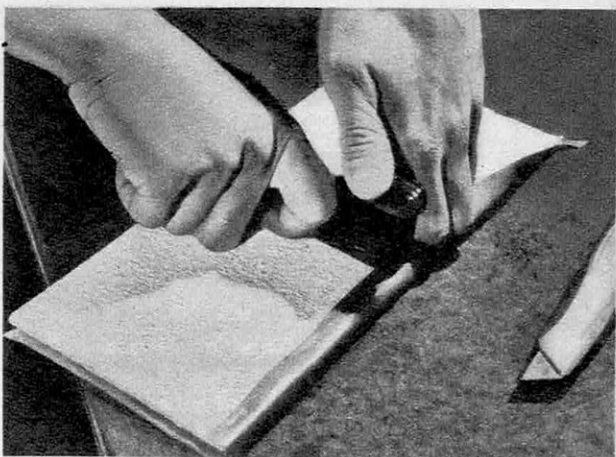
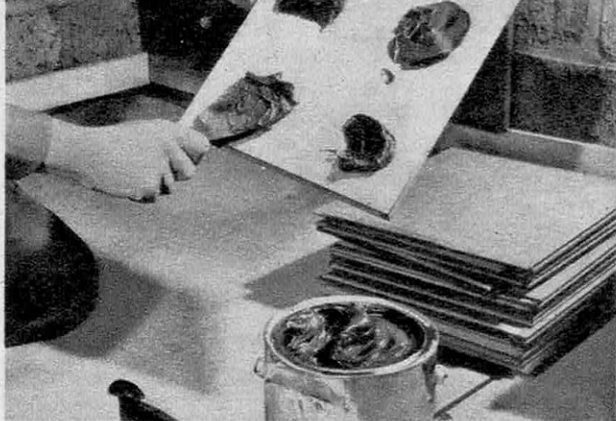
Union Carbide Intern.

● Ce carrelage mural est constitué en panneaux carrés fibreux recouverts d'un plastique vinylique transparent, coloré sur sa face interne. Il résiste au frottement et

sont plus particulièrement appliqués sur les cloisons verticales ou sous planchers, tandis que les revêtements rigides sont destinés surtout aux plafonds. Ces panneaux poreux sont en même temps des isolants thermiques.

Un autre type de revêtement mural est constitué par des carrelages moulés en polystyrène très répandus aux Etats-Unis, moins en France probablement parce qu'un adhésif spécial est nécessaire pour la pose.

Des carreaux de revêtement mural qu'on peut poser de la même façon que les carreaux céramiques, c'est-à-dire avec emploi de mortier, ont cependant été mis au point au Maroc. Ils mesurent 15 x 15 cm et ont une épaisseur de 3 mm environ. Ils pèsent 44 g, ce qui est un gros avantage pour les expéditions, sans compter que leur résistance aux chocs est bien supérieure à celle des carreaux classiques. Ils résistent à l'eau de Javel, aux acides, aux huiles et graisses, mais ne doivent jamais être nettoyés avec de l'essence ni avec des produits abrasifs. L'eau savonneuse suffit. Leur faible poids permet de les utiliser dans des constructions légères, en bois, par exemple : chalets



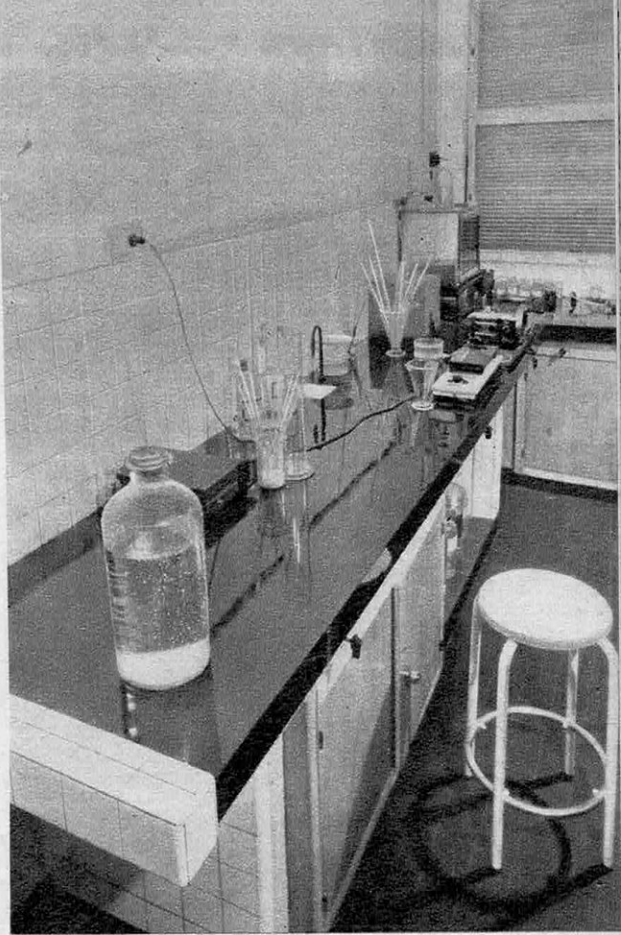
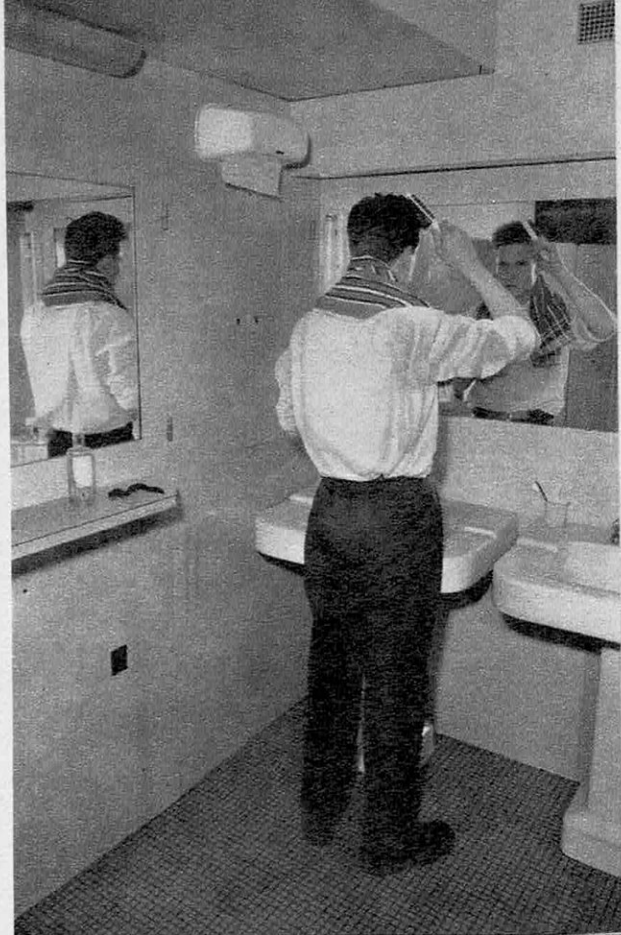
aux éraflures et ne demande aucun entretien. Quatre touches de ciment fixent chaque panneau, aisément découppable, sur le plâtre, le béton, le bois ou la brique.

de plage ou de montagne, chalets coloniaux, etc. Grâce à leur mauvaise conductibilité thermique, leur toucher n'est pas « froid ».

PLOMBERIE ET ÉQUIPEMENT SANITAIRE

Les canalisations d'eau sont, jusqu'ici, en plomb, en cuivre ou en fer. Il y aurait beaucoup à dire sur la contamination des eaux par ces métaux. Le fer rouille et peut teinter les eaux, surtout lorsqu'il y a fréquemment des coupures dans l'alimentation, occasionnant des rentrées d'air dans les tuyauteries. Les conduites de plomb n'ont pas cet inconvénient et

A la salle de bains, pour toutes les surfaces qui ne doivent pas craindre l'eau ni la vapeur, y compris les murs, au laboratoire d'analyses comme à la cuisine pour tous les plans de travail, on utilise avantageusement des panneaux de revêtement en plastique stratifié. Ils sont constitués par superposition de feuilles de papier imprégnées de résine synthétique therm durcissable qui, par traitement à température et pression élevées, donnent un produit homogène et compact. ➔





Ph. Chevojon. Doc. Gerflex



Ce revêtement à base de chlorure de polyvinyle offre une remarquable résistance à l'abrasion et aux agents chimiques. Il assure l'étanchéité du sol et des murs.



← Le dessus de cette table intachable et inaltérable est en résine polyester et fibre de verre. L'effet décoratif est dû à des brins de paille pris dans la masse.

conviennent bien à condition que les eaux renferment plus de 3 mg de calcaire par litre, ce calcaire formant un enduit protecteur. Les eaux qui ne contiennent pas de calcaire ou trop peu, et renferment par contre des chlorures, attaquent le plomb et des accidents de saturnisme peuvent se produire. On a constaté de telles intoxications à Vitré en France, à Sheffield en Angleterre, à Dessau en Allemagne. Le cuivre peut communiquer aux eaux un goût métallique dû à des parcelles de sous-carbonate ou de sous-chlorure de cuivre en suspension.

C'est pourquoi on voit s'étendre l'utilisation des tuyauteries plastiques, notamment celles en chlorure de polyvinyle rigide et celles en polyéthylène. De telles installations sont légères, la pose ne présente pas de difficulté. Les tuyaux peuvent être courbés à chaud, se souder

Lorsque la lumière traverse ce →
châssis de fenêtre, les différents pan-
neaux la transmettent en proportion
décroissante de bas en haut, de 60 %
environ pour le panneau inférieur à
10 % pour le panneau supérieur. Ce
dispositif est destiné à tamiser la
lumière dans les pays tropicaux et
utilise des vitrages constitués par des
résines polyester armées de fibres
de verre en mélange avec des charges
absorbantes en proportion convenable.

par soudure autogène avec
bague d'apport en même
matière, à l'aide du chalumeau
à air chaud.

Des siphons d'éviers et de
lavabos sont fabriqués en chlo-
rure de polyvinyle. Des chasses
d'eau sont moulées en polys-
tyrène.

La robinetterie a également
tenté d'utiliser les matières plas-
tiques, mais il semble que cette
application se soit développée
moins rapidement dans le bâti-
ment que dans l'industrie. Les
robinets peuvent être moulés en
résines phénoliques, en polys-
tyrène, en chlorure de poly-
vinyle, en Nylon.

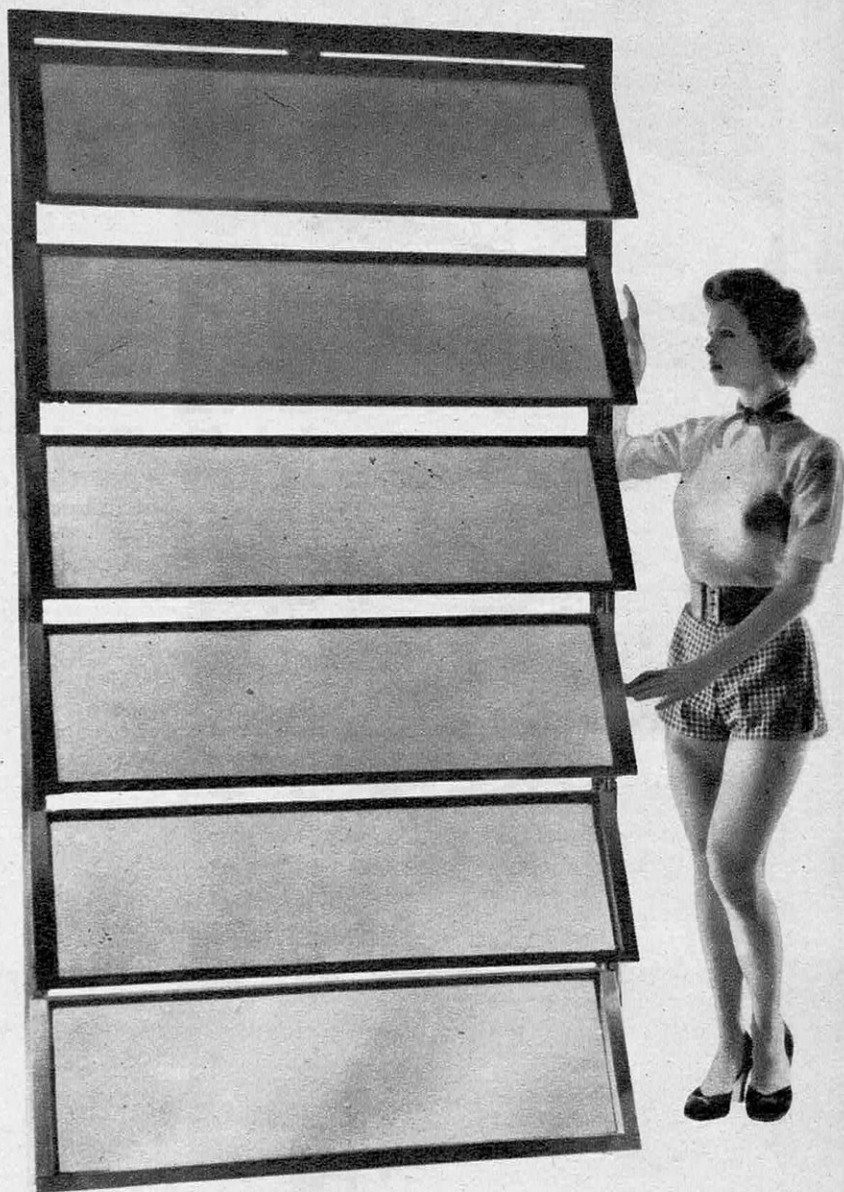
Les sièges de toilette en
matière plastique sont devenus
maintenant d'usage courant. Ils
sont moulés en phénoplastes,
aminoplastes (mélamine), éthyl-
cellulose, polystyrène.

Des éviers de cuisine, des lavi-
bos sont moulés par emboutissage
ou soufflage de feuilles de Plexi-
glas. Il est alors très facile de
réaliser ces articles en nuances très diverses.

On propose maintenant les stratifiés verre
textile-polyester pour ces applications. Elles
permettent de fabriquer plus facilement des
pièces de grandes dimensions comme les bai-
gnoires. Dans ce domaine, nous ne sommes
encore qu'au début des applications des
matières plastiques.

LA DÉCORATION

Le très bel aspect de certaines matières plas-
tiques, la possibilité de les polir, de les colorer
en leur incorporant des pigments, de réaliser
des produits d'entretien facile pouvant dans
certains cas remplacer le cuir, les tissus, la
découverte de substances transparentes ou
translucides ont multiplié les applications déco-
ratives de ces produits nouveaux.

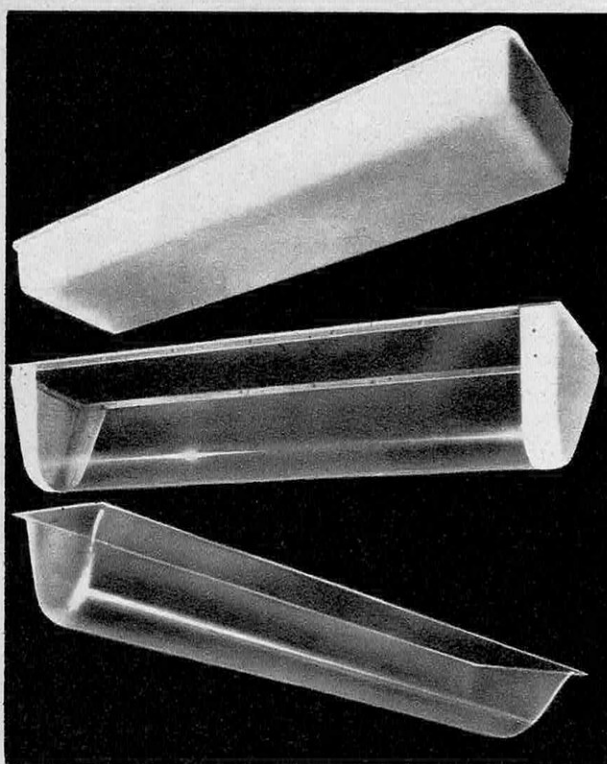


U. S. Rubber Co.

L'emploi de la porcelaine dans le moulage
des pièces isolantes pour l'électricité se res-
treint de plus en plus aux appareils devant
présenter une grande résistance aux tempéra-
tures élevées.

Les culots de lampes, douilles, boutons, inter-
rupteurs, rosaces, prises de courant, etc., sont
à peu près universellement réalisés en résines
synthétiques. Aux phénoplastes bruns ou noirs
le plus souvent, on tend à préférer les amino-
plastes (résines de mélamine) qui peuvent être
fournis dans des teintes plus agréables : blanc
ivoire, ou éventuellement des tons s'harmoni-
sant avec le décor d'un appartement.

En éclairage proprement dit, la confection
des lampes de chevet a été l'une des premières
utilisations des plastiques. Ce n'est qu'une
question de goût et d'ingéniosité pour mettre



Lisoplex

← Pour l'éclairage public par tube fluorescent, trois vasques en Plexiglas transparent ou diffusant. En bas, motifs décoratifs lumineux avec diffuseurs en Rhodoïd.

en œuvre, à l'échelle artisanale, des matériaux comme le Plexiglas en plaques, en joncs ou en tubes.

Des abat-jour sont réalisés avec des feuilles d'acétate de cellulose décorées, imprimées, grainées, fluorescentes, nacrées, translucides, opalines, etc. Des effets très variés peuvent être obtenus.

L'apparition de l'éclairage par tubes lumineux a beaucoup développé l'emploi des matières plastiques pour la confection de diffuseurs destinés à masquer la trop vive clarté des tubes eux-mêmes, mais sans absorber plus de 10 % de la lumière émise.

Ils ont d'abord été faits en Plexiglas découpé ou galbé, parfois sablé sur une face pour accroître l'effet de diffusion. On en fait actuellement en polystyrène transparent, moulé en grande série et permettant d'effectuer des montages en « nid d'abeilles » de toute surface désirée à partir d'éléments de petites dimensions.

Mais, pour des effets d'éclairage purement décoratifs, le Plexiglas conserve tout son inté-



Rhone-Poulenc

MURS ET CLOISONS EN MATIÈRE PLASTIQUE

Le matériau de base proposé pour constituer les murs de la maison est ici le polystyrène « expansé », auquel sa structure cellulaire confère une densité étonnamment faible. La légèreté des éléments de structure normalisés en « Alporite » (à droite) permet un transport facile avec le minimum de risque de détérioration. Le montage d'un pavillon de 45 m² (sur fondation en béton avec charpente en acier et bois) ne prendrait que 4 h à une équipe de 6 hommes. Le matériau est imputrescible, insensible aux agents atmosphériques et présente d'exceptionnelles qualités à la fois pour l'isolement thermique et acoustique.



rêt. La possibilité de le galber à volonté, plus aisément que le verre, permet de l'employer, par exemple, pour diffuser la lumière émanant de lampes encastrées sous des voûtes. Les lampes sont protégées et aucun appareil ne fait saillie sur la maçonnerie. Les composites verre textile-polyester pourraient également être mis en œuvre pour des applications de ce genre. Leur résistance aux intempéries peut être encore plus élevée, mais la transmission de la lumière sera sans doute moins bonne.

TAPIS, RIDEAUX ET TENTURES

La décoration des sols par des tapis plastiques s'étend de plus en plus. Le chlorure de polyvinyle a trouvé un bon débouché dans cette application.

Les tapis vinyliques peuvent être fabriqués selon plusieurs procédés :

— par enduction d'une pâte vinylique sur un support de jute suivie d'une gélatinisation par chauffage ;

— par calandrage sans support ;

— par doublage d'une feuille calandree sur un support de caoutchouc, plein ou poreux, de feutre, ou de résine vinylique contenant une forte proportion de charges bon marché ;

— par tranchage d'un bloc selon la technique employée pour la fabrication du celluloid.

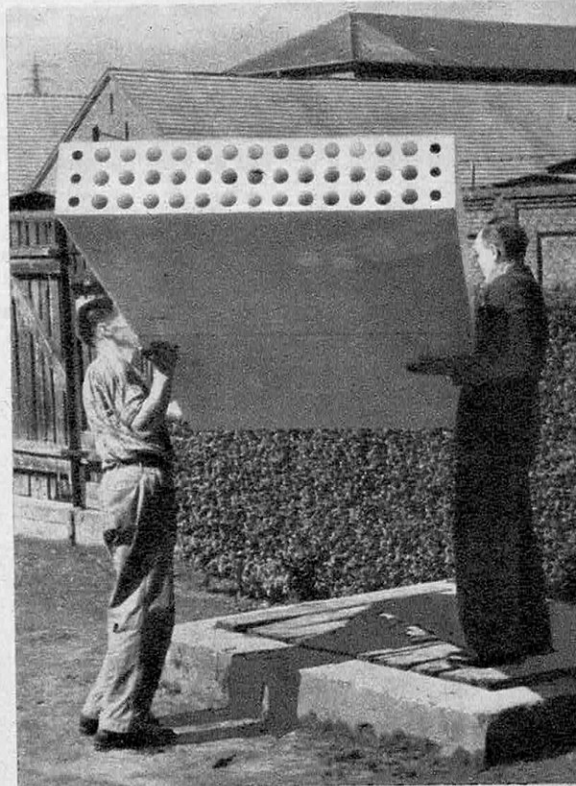
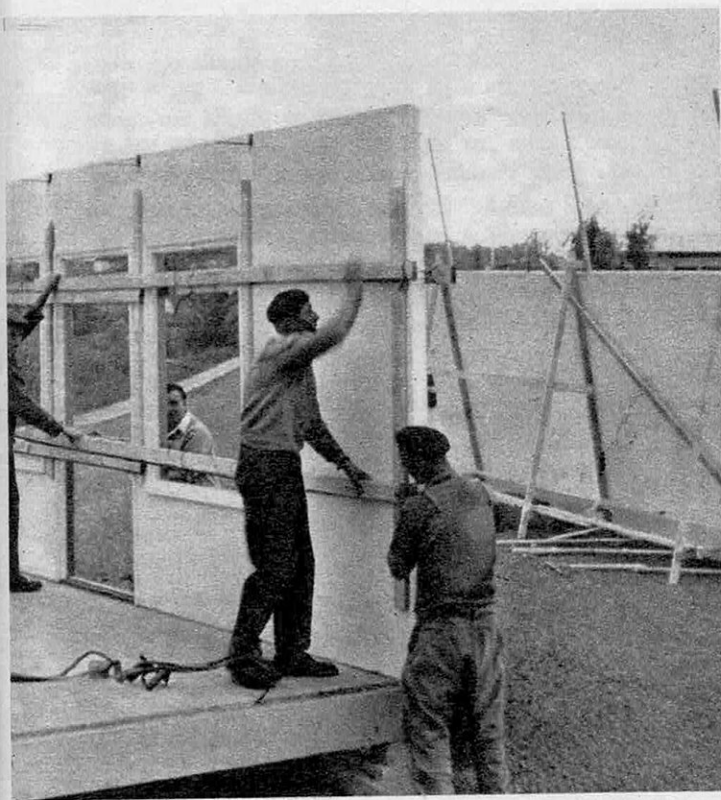
Le tapis enduit est moins résistant à l'abrasion mais il permet d'obtenir des effets décoratifs analogues à ceux déjà réalisés en linoléum. La couche plastique peut recevoir une impression en plusieurs couleurs, puis une couche transparente mince et plus dure peut être appliquée pour protéger le dessin.

Les tapis calandrés de faible épaisseur, généralement un millimètre, sont en coloris unis, mais le plus souvent en teintes jaspées. Pour leur mise en place, on doit procéder de préférence par pose sous forte traction par suite de leur épaisseur relativement faible et des tensions internes qu'ils conservent après fabrication.

Les tapis doublés, plus épais et plus confortables, sont plus coûteux, mais leur pose est déjà moins délicate. Ils peuvent être collés avec des adhésifs spéciaux à base de caoutchouc synthétique, de copal, etc.

Les tapis tranchés sont les plus résistants, car réalisés en plus fortes épaisseurs (1,5 ou 2 mm ou plus), ils n'ont pas de tension interne par suite de leur procédé de fabrication et ils permettent de beaux effets marbrés. Malheureusement, leur prix de revient est plus élevé que celui des autres qualités et leur fabrication est réservée à des applications de luxe.

Des « montages » en carrelages sont aisés-





ment réalisables par soudure d'éléments, à l'aide d'une baguette d'apport en même matière et d'un chalumeau à air chaud, selon une technique analogue à celle de la soudure autogène. Ces tapis sont lavables, insonores, imperméables, ininflammables. Ils peuvent être entretenus aisément à l'encaustique.

Les mêmes résines vinyliques, en feuilles minces (10 à 25/100 de mm d'épaisseur) transparentes ou translucides, sont utilisées pour confectionner des rideaux sur tringles pour baies vitrées, des rideaux de douches, des tentures

La technique de l'impression du chlorure de polyvinyle a fait de notables progrès en ces dernières années et ces rideaux ou tentures lavables ont acquis la faveur du public par leur aspect agréable, leur netteté et la commodité de leur entretien et leur coût relativement réduit.

Des feuilles de ce genre, mais opaques, décorées par grainage (des effets remarquables de moire sont maintenant possibles) sont actuellement proposées pour la décoration murale, en tapisserie. Elles sont posées tendues sur une armature comme les tapisseries classiques.

Mentionnons également le papier peint lavable fabriqué par enduction d'une couche

mince de matière plastique sur un support de papier imprimé.

Nous terminons en signalant quelques réalisations curieuses faites en utilisant des découpures de Plexiglas coloré, collées les unes aux autres par la tranche, avec colle spéciale. On peut réaliser ainsi de véritables vitraux.

On peut aussi, en utilisant des chutes de Plexiglas en plaquettes, habiller des colonnades de béton ou, lorsqu'il s'agit de petits fragments, réaliser des mosaïques ou des tableaux d'un effet inhabituel.

Les matières plastiques en sont encore à leurs débuts dans le bâtiment, mais les expériences déjà faites prouvent que de nombreuses applications restent à exploiter, tant sur le plan technique que sur le plan décoratif.

Jean Delorme

Ingénieur-Conseil
Ancien Expert des Nations Unies
et du Gouvernement Français

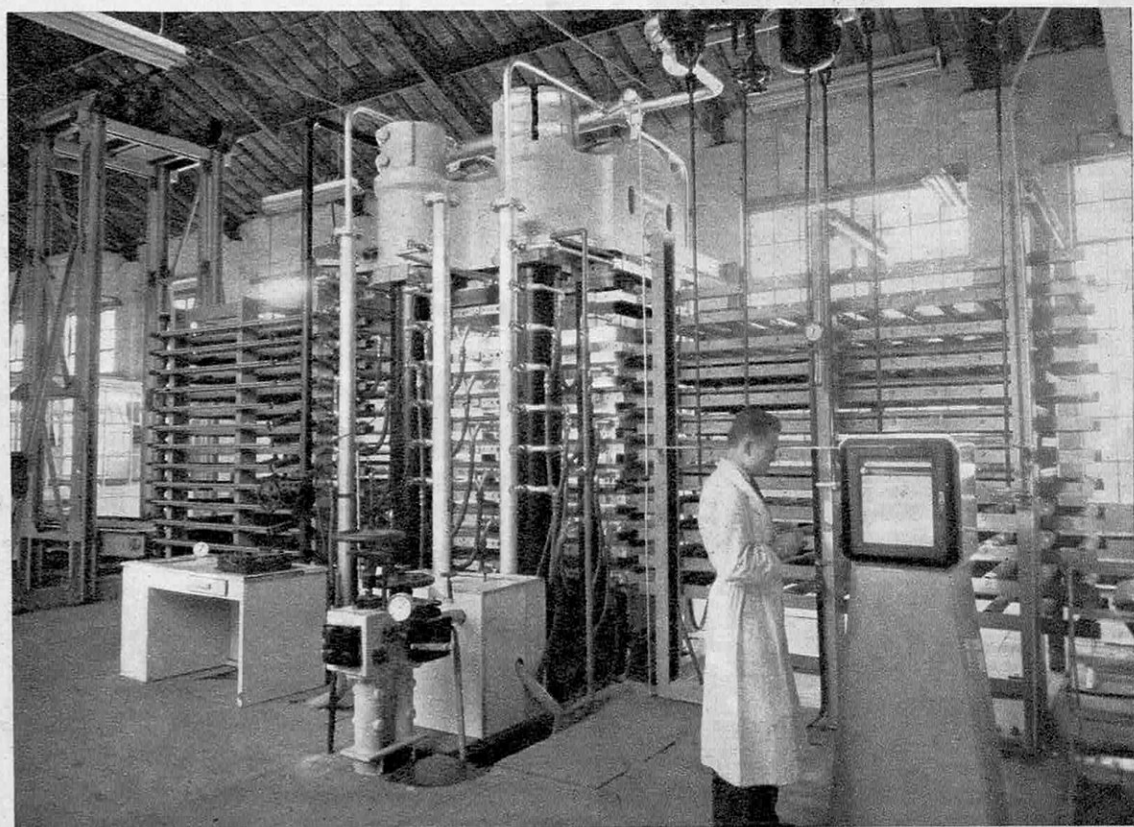
Une presse hydraulique géante capable de développer 2 700 tonnes pour la fabrication des stratifiés genre Formica à base de papier et de résine thermodurcissable. La cuisson des panneaux demande 1 h 30 à 140°, température contrôlée par potentiomètre électronique. ➔

BOIS COLLÉS AVEC RÉSINES DE SYNTHÈSE

La résine « Mélocol » utilisée pour le collage des charpentes (ci-contre) est à base de mélamine-formol ou d'urée-formol. Soluble dans l'eau, elle durcit à température ambiante ou à chaud après addition d'un durcisseur et donne alors une masse insoluble résistant aux intempéries, aux moisissures et aux vers. Sous l'effet d'une surcharge subite, il peut arriver que le bois cède, mais non le joint. Ces colles peuvent être utilisées pour le contre-plaqué et tous assemblages de menuiserie.



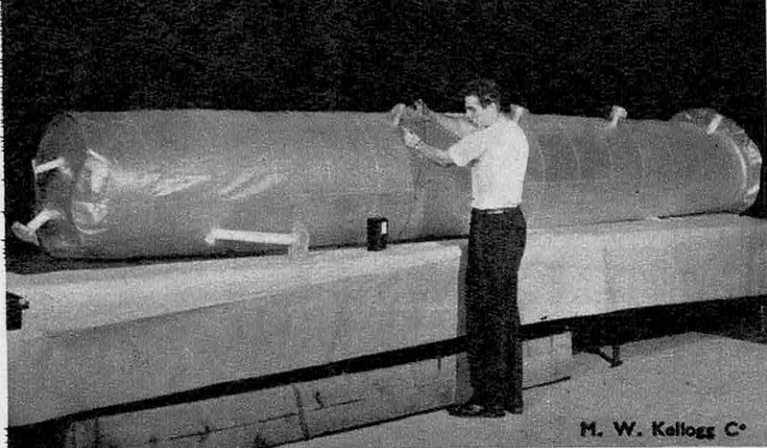
Ciba - Saint-Gobain



L'EMBALLAGE, TRIOMPHE DU



PLASTIQUE



● Une housse de « KEL-F », plastique fluoré, protège le réservoir qui, bien qu'en acier ordinaire, résistera aux vapeurs de l'acide fluorhydrique.

Sil'on excepte des cas particulièrement simples comme celui du fruit consommé aussitôt que cueilli, presque tous les produits ou objets font l'objet, à certaines phases de leur fabrication ou de leur acheminement vers l'utilisateur, de stockages, de manutentions et de transports, au cours desquels il est nécessaire de les protéger contre les agents de destruction. Ces agents peuvent être mécaniques (chocs), chimiques (eau, oxygène, produits corrosifs) ou biologiques (rongeurs, insectes, champignons, microbes).

L'emballage, le conditionnement sont devenus des techniques très savantes qui doivent tenir compte de la nature des produits à protéger, de leurs dimensions, des régions où ils devront voyager ou séjourner. Des oranges aux instruments de précision, des cachets d'aspirine aux machines-outils, une infinité de problèmes différents se posent à l'emballeur.

Grâce à leurs qualités particulières : légèreté, souplesse, imperméabilité, etc., les matières plastiques sont sans doute la classe de matériaux qui fournissent les solutions les plus élégantes à tous ces problèmes.

LE CHOIX DES MATIÈRES PLASTIQUES D'EMBALLAGE

Parmi les produits à protéger, les aliments forment une classe à part, car les matériaux qui viendront à leur contact doivent obéir à une législation très stricte préservant les utilisateurs de risques d'intoxication. Les produits

incorporés aux feuilles plastiques d'emballage peuvent en effet présenter une certaine toxicité. De nombreux tests doivent être effectués avant de mettre sur le marché un matériau nouveau.

Compte tenu de cet impératif toxicologique, on peut souvent traiter de la même manière le conditionnement de produits alimentaires ou non alimentaires ; la présentation des bonbons et celle des billes de verre — qui s'adressent à la même clientèle enfantine — montrent beaucoup d'analogies. Les précautions à prendre pour conserver les graines de fleurs seront les mêmes que pour des haricots secs. De même la protection des ciments ou plâtres contre l'humidité ressemble beaucoup à celle des farines.

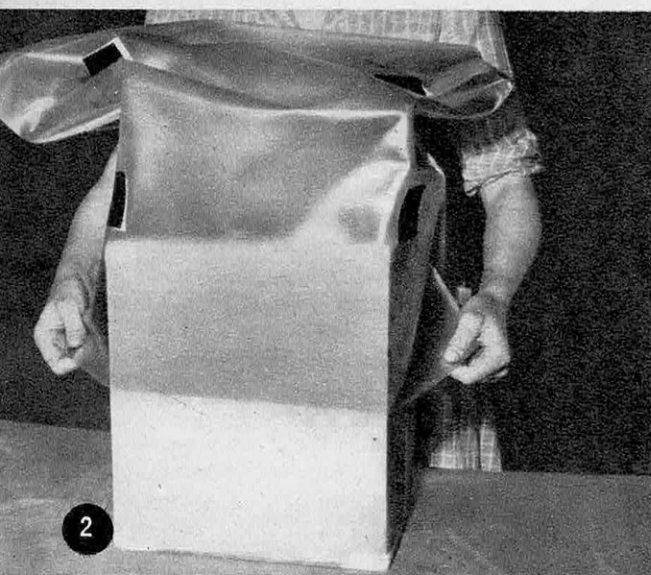
Cependant la fonction d'un emballage peut être très différente suivant le mode de conservation du produit à stocker. Dans certains cas, il est nécessaire d'utiliser un emballage permettant une légère « respiration », bien qu'imperméable aux produits de conservation (alcool, vinaigre). Dans d'autres cas, une stérilisation est nécessaire, le plastique doit alors « tenir » à une température supérieure à 120°. L'emballage peut entrer en contact avec des corps susceptibles de l'altérer : huiles de graissage, peintures, vernis, etc.

Une étude approfondie doit déterminer dans chaque cas quel film plastique donnera le maximum de sécurité. L'Institut français d'Emballage et de Conditionnement établit pour chaque nouveau plastique un tableau de ses utilisations possibles.

LA PROTECTION CONTRE L'HUMIDITÉ

Le plus grand ennemi des produits stockés ou transportés est l'humidité, qui favorise la multiplication des microbes, des champignons, diminue la résistance des isolants électriques, favorise l'oxydation des métaux.

Les petits objets sont présentés sous des emballages transparents et imperméables, constitués par des films semi-rigides d'acétate de cellulose ou de chlorure de polyvinyle non plastifié ; les liquides sont logés de préférence en « berlingots » ou en ampoules de polyéthylène.



Malgré la haute qualité des matériaux utilisés dans l'appareillage électrique, les bobinages isolés, les pièces en cellulose agglomérée de plastique, les bois améliorés, les isolants des fils ou des câbles, les stratifiés, qui présentent tous une certaine porosité, se chargent d'eau en milieu humide et perdent de leurs qualités diélectriques. Lorsque les appareils électriques sont en fonctionnement, leur échauffement suffit généralement à éliminer les inclusions d'eau, même dans des ambiances très humides. Par contre, au repos, le seul moyen d'empêcher la prise d'humidité est de maintenir ces pièces dans une atmosphère suffisamment sèche.

L'action de l'eau comme accélérateur d'oxydation peut être combattue de deux façons différentes. On a découvert récemment un produit pulvérulent, qui, placé dans des sachets, émet un gaz inhibiteur d'oxydation, capable, par conséquent de protéger les pièces métalliques au contact desquelles il se trouve. L'autre procédé consiste évidemment à réduire le pourcentage d'humidité de l'ambiance dans laquelle elles se trouvent, de façon à éviter la condensation de l'eau, même en cas de variation brutale de la température. Ainsi dans le cas d'un avion décollant d'une zone très humide pour s'élever rapidement à grande altitude, on pourra craindre de telles condensations par suite de la chute de température.

Que l'on envisage l'un ou l'autre de ces procédés de protection contre l'humidité, que l'on veuille soit maintenir un produit gazeux au contact des pièces métalliques à protéger, soit dessécher l'air qui environne les objets à protéger, il est nécessaire de les entourer d'une enveloppe étanche.

Nous laissons de côté les enveloppes desti-



Conditionnement de produits alimentaires pour la vente dans un grand magasin : la charcuterie est placée dans des sacs de cellophane et les poulets sont protégés par des feuilles de polyéthylène perforé.

nées à retenir du gaz inhibiteur d'oxydation, cette méthode étant encore peu utilisée, et nous nous occuperons des enveloppes formant barrière à l'humidité.

D'OU VIENT L'EAU ?

A l'intérieur d'un emballage, l'eau peut avoir trois origines différentes :

— elle peut avoir été absorbée par les matériaux hydrophiles constituant soit le matériel protégé, soit les calages du récipient de transport (isolants thermiques, bois, carton, fibre, ouate, etc.). Dans certaines conditions, tous les matériaux cellulosiques, bois, cartons, papiers sont susceptibles de libérer 10 % de leur poids en eau ; par exemple, une caisse d'emballage de machine-outil pesant 500 kg pourra éventuellement libérer 50 kg d'humidité. On aura donc tout intérêt à situer la housse de protection au plus près de la machine à protéger, laissant à l'extérieur toute la caisse, ainsi que les calages ;

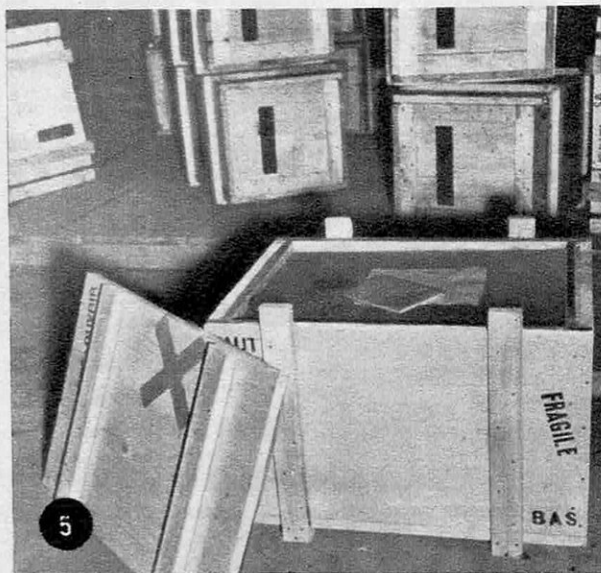
— la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air de l'enceinte lors du scellement est pratiquement négligeable. Rappelons que dans les climats les plus humides du globe, 1 m³ d'air n'en renferme jamais plus de 50 g. On peut éventuellement chasser cette faible humidité par soufflage d'air déshydraté dans l'emballage terminé ;

— L'eau traversant les parois de l'enceinte



dite « étanche » va être la plus difficile à éliminer. Comme on ne peut pas l'empêcher d'entrer, il faudra l'empêcher de nuire en la fixant sur les produits déshydratants.

Quelle est l'importance de la quantité d'eau qui traverse un emballage ? Pour en donner une idée, considérons par exemple une de ces feuilles complexes à base d'aluminium mince et souple utilisées pour des produits culinaires

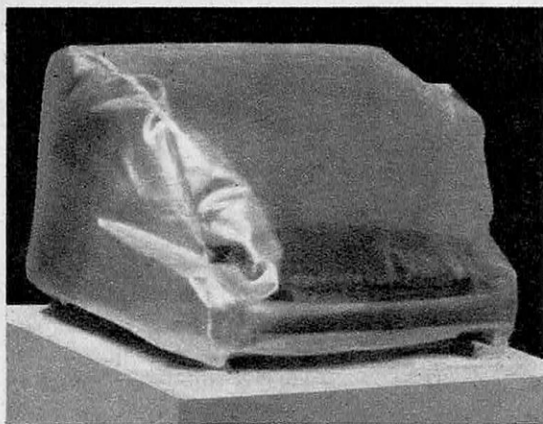


EMBALLAGE D'UN ÉMETTEUR DE RADIO

Cet emballage doit assurer une protection efficace, non seulement pour le transport, mais pour un stockage de longue durée. L'émetteur-récepteur est tout d'abord calé dans une boîte de carton ondulé dans laquelle on place des sachets de déshydratant (1). Cette boîte, qui constitue une première protection contre les chocs, est à son tour mise sous une housse de chlorure de vinyle d'épaisseur convenable dont les coins sont renforcés pour éviter les cassures (2). La housse est scellée hermétiquement par soudure et placée dans un carton ondulé. L'ensemble est revêtu d'une toile de coton imprégnée de cire microcristalline imputrescible. L'imprégnation est complétée par un trempé dans la cire liquide (4). Le tout est mis dans la caisse de bois qui formera l'enveloppe extérieure (5).



● Les machines à écrire sont emballées sous housse soudée. Les pieds sont boulonnés au fond de la caisse par un tringlage élastique. En bas, on terminera l'emballage en « coiffant » le fond de la caisse.



Mach. Japy-Housage Bachmann.

déshydratés. La normalisation américaine considère les matériaux de ce genre comme « parfaits » ; s'ils laissent passer moins de 1,05 g par mètre carré et par 24 heures entre une ambiance à 38°C et 99 % d'humidité et l'enceinte close par eux et parfaitement déshydratée (par chlorure de calcium). Un tel produit « parfait » laisserait donc pénétrer 2,16 kg d'eau en un an dans un cube de 1 m de côté.

Mais les matériaux à base de métal ne sont utilisables que pour des volumes relativement faibles (quelques décimètres cubes), car leurs cassures sur les arêtes vives où les pliages créent des perforations qui nuisent à leur étanchéité. La difficulté d'assemblage étanche par collage entre deux feuilles fait qu'il est impossible de les mettre en œuvre dès que l'on a affaire à des objets lourds ou volumineux.

Les feuilles plastiques ne présentent pas ces défauts, mais, à l'heure actuelle, leur imperméabilité n'est malheureusement pas aussi bonne

et des épaisseurs plus importantes sont nécessaires.

Pour obtenir la même imperméabilité que la feuille métallique dite thermosoudable, à base d'aluminium, il faut employer soit des feuilles de 0,3 mm d'épaisseur pour le polyéthylène ou le chlorure de vinyle non plastifié, soit aller jusqu'à 1,5 mm pour du vinyle plastifié.

CLIMATS TYPES

Heureusement, les conditions de conservation ne sont pas toujours aussi rigoureuses. Elles dépendent essentiellement des conditions climatiques du lieu de stockage. Les climats seront classés suivant plusieurs types permettant d'avoir des bases rapides de calcul.

Ainsi, pour l'Europe, on prendra par exemple 15°, 70 % d'humidité ; le climat tropical humide correspondra à 38°, 95 % d'humidité, et le climat « moyen » à 25° et 80 % d'humidité.

En France, pour une conservation pour laquelle on s'est fixé 40 % de limite d'humidité en fin de stockage, une feuille de chlorure de vinyle plastifié de 0,3 mm d'épaisseur sera parfaitement suffisante et n'aura laissé passer en six mois que 100 g d'eau environ par mètre carré.

Par contre, en Indonésie, avec 3 feuilles de vinyle plastifié de 0,4 mm l'emballage aura laissé passer plus d'un kilogramme d'eau.

On voit donc que le gros danger, au point de vue humidité, pour la conservation dans le

En appuyant sur la gachette de ce « pistolet » spécial destiné à la soudure des feuilles thermoplastiques, on met sous tension un générateur à infrarouges, en même temps qu'on ferme les mâchoires de l'appareil qui appuient l'une sur l'autre les deux feuilles. →

temps, est la porosité des produits d'enveloppement et non, comme on croit généralement, l'eau renfermée dans les emballages lors de leur scellement.

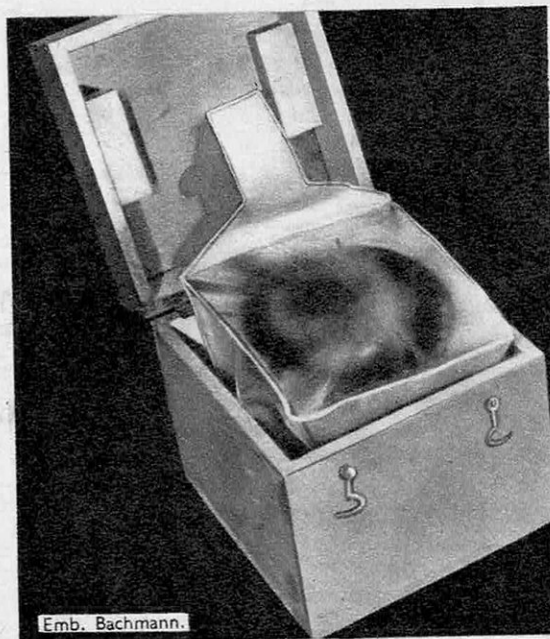
De toute façon, cette eau doit être absorbée. On utilisera des sachets déshydratants renfermant soit des argiles activées, soit des gels de silice.

Nous avons surtout parlé plus haut du chlorure de vinyle plastifié. Or, d'autres plastiques ont des qualités d'imperméabilité supérieures, mais malheureusement, soit pour des questions mécaniques, fluage, mauvaise résistance à la perforation, à la traction, etc., soit parce qu'ils sont inflammables, ils ne peuvent que difficilement être utilisés. Néanmoins, on réalise, en particulier en Angleterre, des houssages en polyéthylène. En France, on réalise également des emballages en chlorure de vinyle non plastifié.

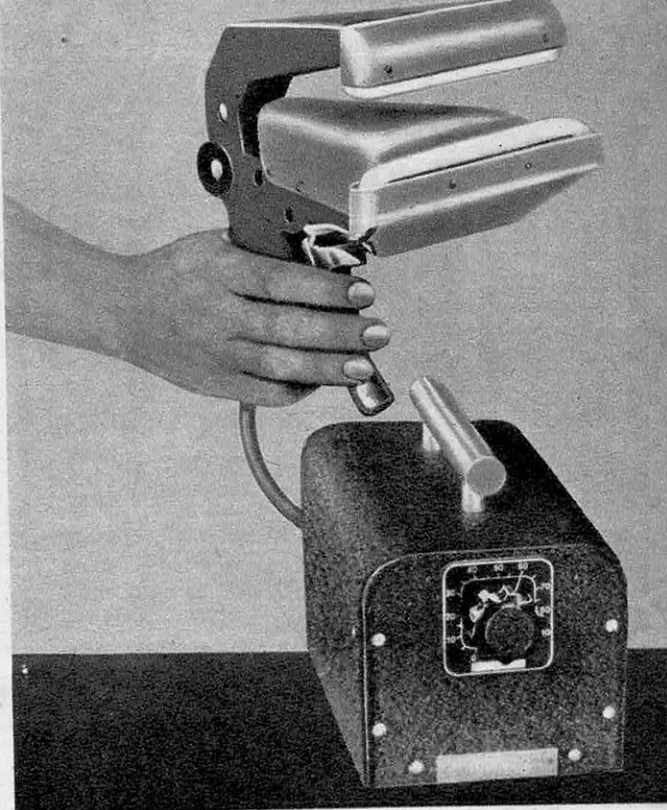
LES DIFFÉRENTES FORMES D'EMBALLAGE

En pratique, les emballages se présentent sous des formes très diverses.

— Les sachets et sacs souples sont réalisés



● Ce compas d'aviation est dans une housse de chlorure de vinyle. Le déshydratant peut être renouvelé.



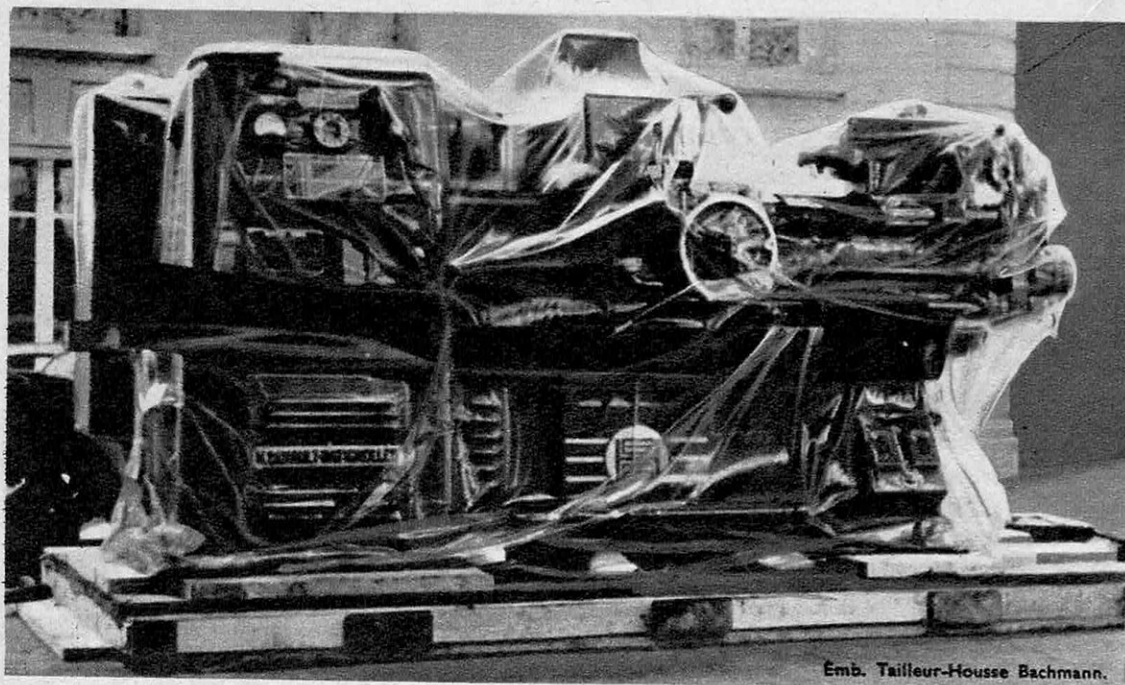
S.I.E.F.A.M.

avec des feuilles de cellophane, de polyéthylène, de chlorure de vinyle, etc. Ils sont confectionnés soit en partant de tubes extrudés sectionnés et fermés sur une extrémité, soit au moyen de feuilles assemblées par leurs côtés.

Leurs emplois s'étendent des petits sachets décorés pour bonbons, fruits, aux sacs de grandes dimensions pour produits volumineux, engrais, explosifs, etc. Ces sacs peuvent être fermés sur trois côtés seulement et attachés par divers liens, mais lorsqu'on désire une étanchéité poussée, il est préférable de sceller par soudure les quatre côtés.

— Les housses souples ne sont pas au contact des objets à protéger mais doivent limiter autour d'eux une enceinte de conservation. En général, leur étanchéité doit être absolue car elles sont destinées à protéger contre les poussières, dans le cas d'objets fragiles ou de haute précision, contre les immersions dans le cas de transports coloniaux, contre les rongeurs, insectes, champignons et surtout contre l'humidité.

La housse peut être en forme de sac pour revêtir des pièces ainsi « préconditionnées » qui seront emballées dans des cartons ou des caisses. Elle est alors renforcée à ses points de pliage par des renforts collés. On la scelle généralement par haute fréquence après qu'un vide relatif l'ait plaquée sur l'objet. Si l'ensemble doit voyager dans une caisse de bois, il faut prévoir un rembourrage imputrescible pour



Emb. Tailleur-Housse Bachmann.

● Enveloppé dans sa housse scellée où règne une légère dépression, ce tour est calé sans aucun boulonnage sur son socle. Aux contacts avec la caisse, les coussins

semi-élastiques, autorisant de petits déplacements de la machine, évitent les déchirures de la housse durant la mise en place et le transport.

protéger la housse contre les frottements ; ce peut être un enrobage en toile de coton imprégnée de cire.

Dans le procédé en « sac flottant », la housse « habille » la machine à protéger avec, en chacun de ses points de contact avec les calages et aux différents endroits de boulonnage, des dispositifs spéciaux de protection.

La housse est en général constituée par des assemblages de feuilles préfabriquées unies par soudure à haute fréquence. Cette méthode d'exécution est très simple. Un gonflage de vérification permet de s'assurer de l'absence de défauts.

On peut aussi constituer une enceinte continue en projetant des produits plastiques sur une couverture entourant la machine et réaliser ainsi ce que l'on appelle des « cocons ». Enfin, on peut protéger des pièces de petit volume par trempage dans un produit plastique qui se solidifie ; il suffira de « peler » la pièce au moment de l'utiliser.

— Les emballages semi-rigides sont généralement à base d'acétate de cellulose. Ils donnent une parfaite présentation pour un prix de revient assez bas. Ce seront des boîtes à bonbons, des boîtes pour produits détersifs ou de nettoyage, pour shampooings, etc.

Ces mêmes acétates permettent de présenter des produits très divers dans des alvéoles. Tout le monde connaît les préparations pharmaceutiques, cachets, suppositoires, ainsi pré-

sentés. On peut agir de même pour les brosses à dents, les tétines, les aiguilles hypodermiques, le chatterton, les vis, etc.

— Les boîtes rigides servant au conditionnement de luxe pour bonbons, orfèvrerie, bijouterie, etc. Les matériaux de base sont usinés par moulage ou assemblés par collage ou soudure. Ce sont en général des celluloids, acétate de cellulose, Flexiglas et tous matériaux transparents éventuellement teintés.

Les liquides peuvent être emballés sous forme de sachets individuels de petit volume. Le liquide à conditionner est introduit dans un tube soudé de loin en loin pour délimiter des doses constantes.

On réalise aussi de petits récipients, genre bouteilles, pouvant posséder un système simple de remplissage, sous forme de valve ou de tuyau distributeur. On peut enfin revêtir des outres, cartons, bidons ou récipients en bois ou en métal.

Le chlorure de vinyle plastifié et le polyéthylène sont surtout utilisés pour ces différents usages.

PROCÉDÉS NOUVEAUX

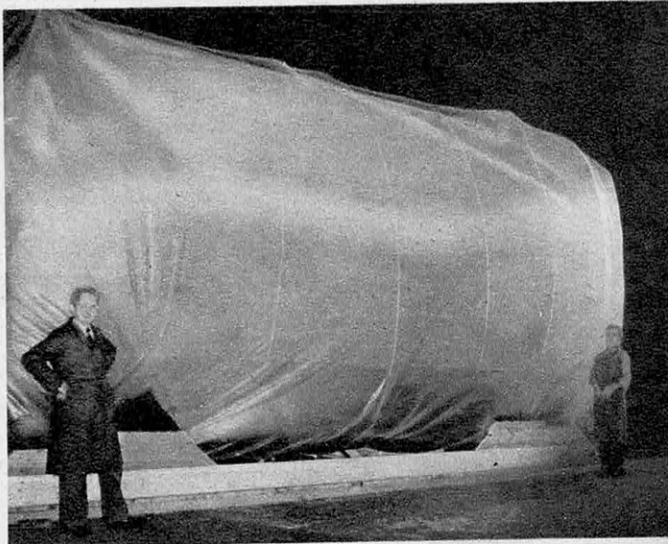
Dans ce bref examen des utilisations actuelles des matières plastiques dans l'emballage, nous avons essayé de faire le point d'un problème qui évolue rapidement. Dans un avenir prochain, par exemple, il est possible que des techniques nouvelles fassent leur apparition.

A titre d'exemple, mentionnons l'utilisation de caisses constituées par des plaques soudées de résine polyester armées de fibre de verre qui représentent un emballage protecteur contre les chocs, tout en étant rendues parfaitement étanches par une soudure effectuée à l'aide de la même résine.

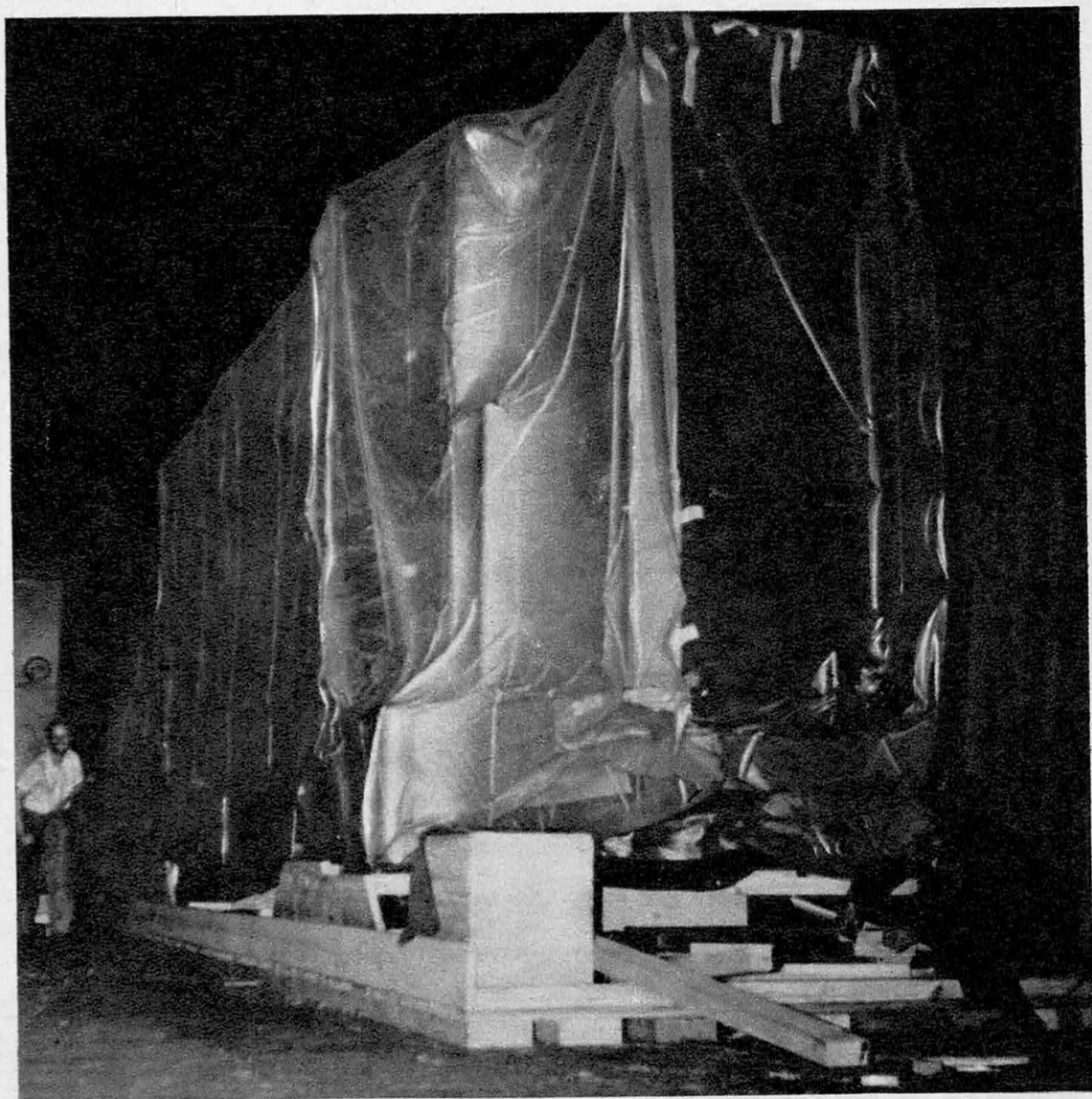
Il est certain que les possibilités de ces matériaux sont loin d'avoir été épuisées par les applications qu'on en a faites à l'heure actuelle.

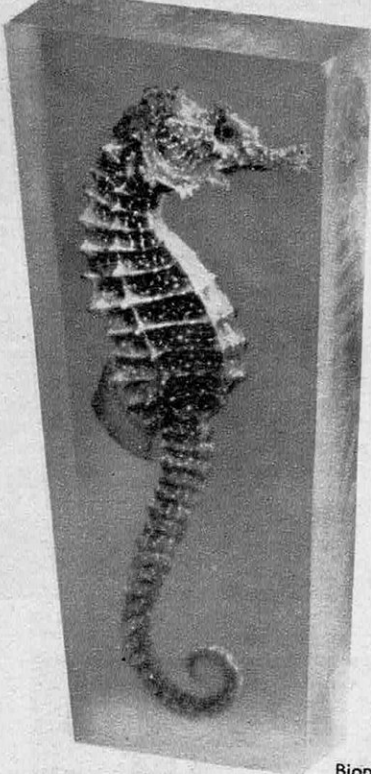
G. Janny.

● Cette housse a exigé 120 m² de feuille de chlorure de vinyle et 20 m² de dispositifs de renforcement au droit des calages. Elle protège un radar d'atterrissage pesant 15 tonnes. A droite, l'essai d'étanchéité : la housse est restée gonflée pendant 20 heures.



Emb. Dubot Housse Bachmann





Bioplastique

● Spécimens naturels ou pièces anatomiques enrobées de plastique constituent de véritables œuvres d'art.

LES MILLE OBJETS POUR LA MAISON, LE JEU, LE SPORT

DIX ans à peine nous séparent de l'époque où les rares fabricants d'objets ménagers et de jouets en plastiques se posaient la question : « Que *peut-on* faire en plastique? ». Aujourd'hui, c'est le consommateur qui se pose avec étonnement la question inverse : « Que *ne peut-on* faire en plastique? »

Il est encore possible de y répondre : les objets qui doivent aller au feu et ceux qui doivent allier à une épaisseur relativement faible une grande résistance mécanique. Ce dernier impératif est d'ailleurs en passe d'être prochainement résolu, car déjà, au stade expérimental, une nouvelle qualité de polystyrène autorise tous les espoirs. Il en est de même pour certaines résines dont la formule est gardée secrète. Quant à la résistance au feu, peut-être les stratifiés fibre de verre-silicones fourniront-ils un jour des batteries de cuisine.

Pour l'instant, en bimbeloterie, dans les articles ménagers et les jouets, les matières les plus couramment utilisées sont le polystyrène, le polyéthylène, le chlorure de vinyle et, à un moindre degré, l'acétate de cellulose, le Plexiglas, l'urée-formol et la mélamine.

Le succès prodigieux des plastiques dans leurs applications à des objets vendus au grand public tient non seulement à leurs propriétés mais à leurs formes élégantes et modernes, à la beauté de leurs coloris, éclatants ou discrets, à leur toucher agréable et surtout à l'apparence du neuf qu'ils conservent même après un long usage.

Le grand mérite des premiers fabricants qui cherchèrent à supplanter des matériaux traditionnels : bois, métal, verre, etc. fut de ne pas se limiter à copier servilement des formes consacrées par l'usage. Ainsi, d'emblée, les plastiques affirmaient leur personnalité, échappaient à la qualification péjorative d'« ersatz ». Ils plurent aux jeunes ménages de l'après-guerre, et les autres les acceptèrent volontiers lorsqu'il s'agit de renouveler les humbles accessoires dont la pénurie du temps des hostilités avait prolongé outre mesure le service.

VENDRE DAVANTAGE POUR VENDRE MOINS CHER

Malgré la faveur dont jouissent les plastiques en France, un problème se pose néanmoins aux fabricants. La capacité d'absorption du marché est limitée et la compétition est vive ; on ne peut donc, la plupart du temps, mettre en œuvre que de moyennes séries. Les prix s'en ressentent, car cela oblige à amortir rapidement les frais de premier établissement des nouveaux modèles, le coût des moules en particulier. Qu'il s'agisse de moulage par compression ou de moulage par injection, les formes doivent être creusées dans de l'acier à haute résistance et les ouvriers moulistes sont parmi les mieux payés des spécialistes. Pour un « poupon dormeur », tiré à 200 000 ou 300 000 exemplaires en polystyrène, chaque moule complet, comprenant les quelque douze parties

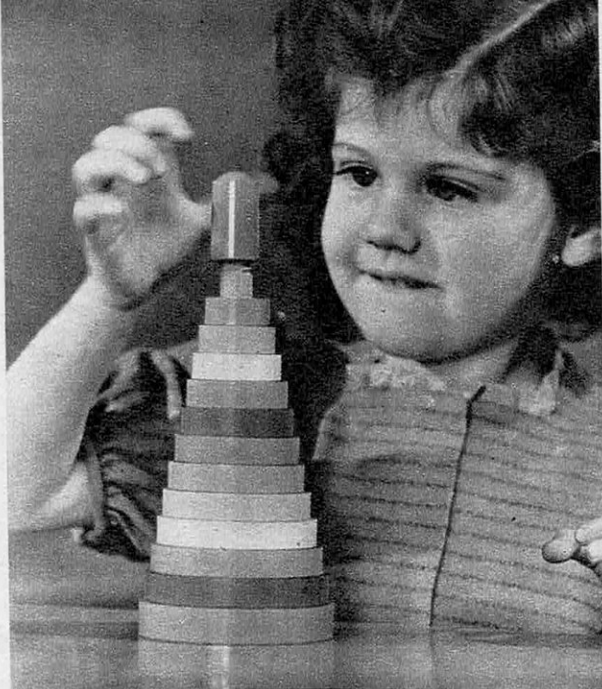
formant le sujet, revient à un million de francs. Encore ne s'agit-il pas là d'une pièce très complexe, la proportion des rebuts est faible.

Le résultat en est que certaines nouveautés sont offertes à un prix de petite série qui est ultérieurement rajusté à un niveau inférieur lorsque les premiers frais sont amortis... ou que la concurrence devient gênante.

LES MATÉRIEAUX CLASSIQUES ÉVINCÉS DÉFINITIVEMENT

Quoi qu'il en soit, il n'est pas d'exemple, pour les applications qui nous intéressent ici, que les matières traditionnelles aient reconquis la place d'où les plastiques les avaient délogées. Sauf dans les stocks poussiéreux des bazars

Les jouets du premier âge, simples mais rationnellement conçus, doivent être de couleurs vives; grâce aux plastiques ils sont indélébiles, incassables, stérilisables. ➔



Kiddicraft



**PERSONNAGES ÉCHAPPÉS D'UN DESSIN ANIMÉ,
MODÈLES RÉDUITS D'UN RÉALISME MINUTIEUX...**



UN COW-BOY ÉQUIPÉ DE PLASTIQUES

qui périclitent, on ne trouve plus une brosse à dents dont le manche soit en os ou même en galalithe. C'était pourtant le seul montage qui permettait de nettoyer ces objets à l'eau bouillante.

Nous assistons aujourd'hui aux prémices d'une évolution semblable pour les cuvettes. La belle apparence, la facilité de nettoyage, la légèreté et bien d'autres avantages des cuvettes de polystyrène et de polyéthylène font passer sur l'inconvénient de ne pouvoir les mettre sur le feu. Le jour viendra où les cuvettes en émail et celles en aluminium disparaîtront. Le revers de la médaille, toutefois, pour les fabricants de cuvettes en polyéthylène, incassables, c'est la durée pratiquement indéfinie de ces ustensiles. Il semble bien, à voir les prix actuellement pratiqués, qu'ils se prémunissent contre cet inéluctable amenuisement du marché.

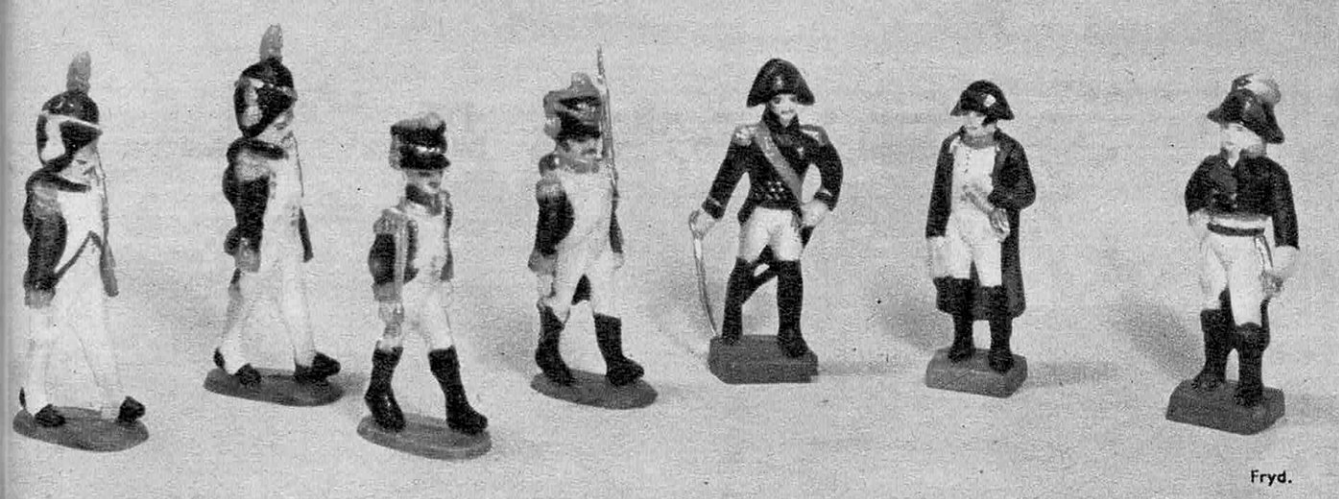
LE PLASTIQUE QUI « N'OSE DIRE SON NOM »

Les plastiques en feuilles présentés tout de suite après la guerre sous forme de tabliers, de survêtements imperméables et de rideaux, ont eu assez mauvaise presse à l'époque car ils manquaient de souplesse, devenaient cassants au froid, se déchiraient aux coutures, en un mot n'étaient pas au point.

Ils ont en partie remonté ce handicap mais certains fabricants spécialisés dans les feuilles plastiques à usage d'ameublement : rideaux, couvre-lit, housses, etc., ne mentionnent que d'une façon tout à fait discrète qu'il s'agit de matière plastique. Ils revendiquent d'ailleurs pour leurs produits « l'aspect, l'épaisseur, le tombant et la souplesse d'un tissu

LA CARROSSERIE DE CETTE VOITURE EST EN RÉSINE POLYESTER ET FIBRE DE VERRE.





Fryd.

QUAND LES "SOLDATS DE PLOMB" SE MODERNISENT : CEUX-CI SONT EN PLASTIQUE MOULÉ.

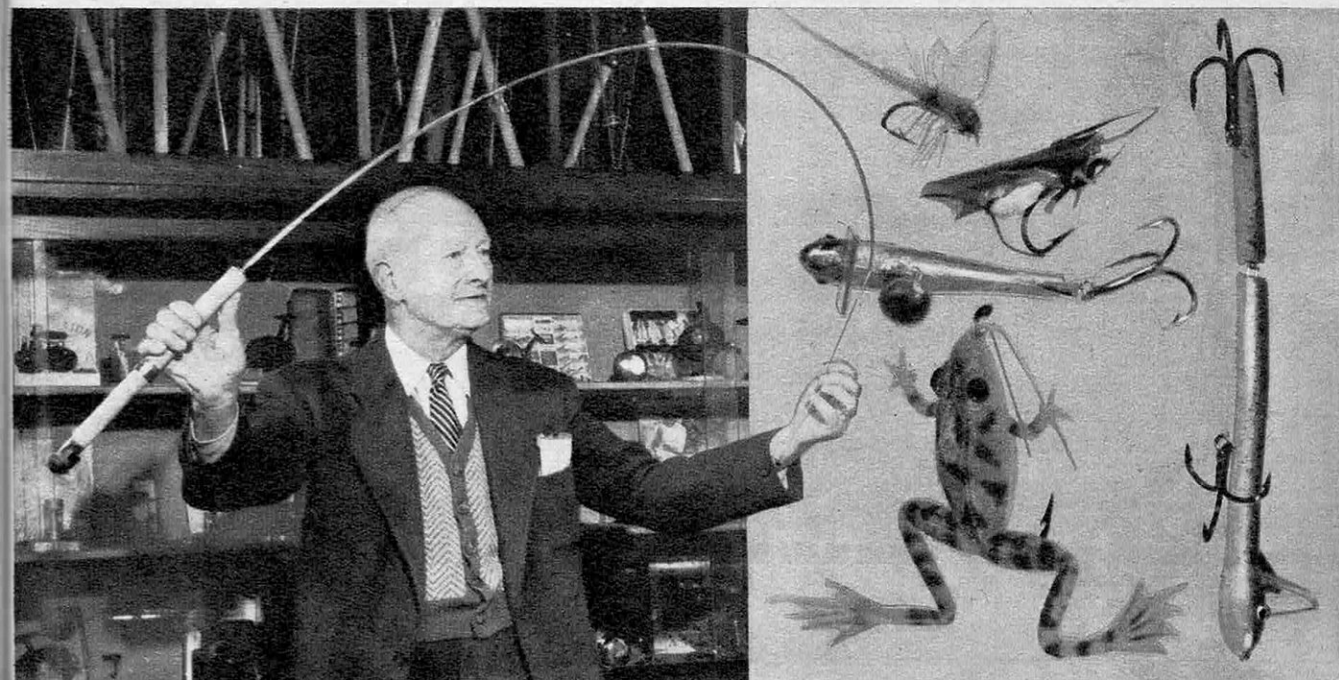
d'ameublement ». Les « finis les plus variés » comprennent : cretonne, toile, satin, chintz, brocard, etc., « présentés dans une gamme extrêmement vaste de dessins et de coloris spéciaux pour l'ameublement, en tous styles ».

Les cotonniers, pour leur part, en sont arrivés à réaliser, pour les mêmes usages, des toiles de coton dont un côté est « plastifié ». Mais, tandis qu'en 130 cm de large, le plastique qui n'ose pas dire son nom coûte, en qualité courante, de 295 à 495 fr. le mètre, le coton plastifié, lui, coûte 1 200 fr. le mètre. La toile de lin plastifiée, en 140 cm de large, coûte de 1 350 à 1 500 fr. le mètre, et on trouve aussi, à usage de nappes, du plastique molletonné à 850 fr. le mètre en 140. Inversement, un tablier en tissu plastifié coûte 490 fr., un autre, tout en feuille plastique plissée, plus ample, coûte 690 fr.

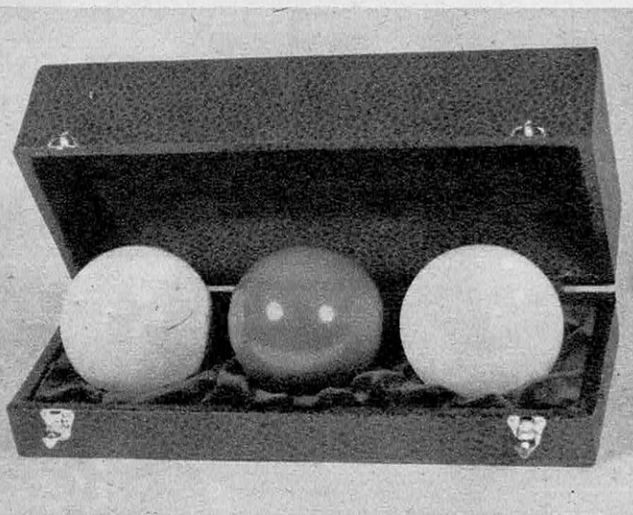
LE DRAME DES PRIX DE REVIENT

Ces exemples illustrent bien comment se présente actuellement, pour les usages ménagers, la concurrence entre les plastiques et les autres matières. Sur ces dernières, fibres textiles, métal, verre ou bois, les plastiques ont, au départ, le désavantage d'un prix au kilogramme supérieur. Chaque fois pourtant qu'il est possible de réaliser en une ou deux opérations le façonnage des articles en plastique, et à condition que le poids de matière nécessaire ne soit pas trop élevé, le handicap du départ est presque toujours remonté. A condition aussi, on l'a vu plus haut, que lorsqu'il s'agit d'objets moulés, une série suffisamment importante permette d'amortir le prix de l'outillage.

POUR LA PÊCHE, UNE CANNE EN RÉSINE ET FIBRE DE VERRE, DES LEURRES EN PLASTIQUE.



● Des instruments de musique et des jouets en plastique : deux saxophones dont l'un est métallisé par projection sous vide, un violon transparent en Plexiglas, un jeu d'échecs artistique et des boules de billard qui sont très supérieures aux boules d'ivoire.



Fornells



F. J. Stokes Mach-Co

Enfin, les plastiques coûtent toujours moins cher lorsque les formes sont compliquées ou les mécanismes complexes. Le meilleur exemple est fourni par deux réalisations dans le domaine du jouet, dont le succès fut extraordinaire. La première fut la poule qui pond lorsqu'on appuie sur son dos. Même lorsqu'au début, en 1949-50, elle était vendue 150 fr., il aurait été impossible de la réaliser aussi économiquement en métal. Le nombre des unités vendues fut d'environ 10 millions et, à un moment donné, pour pouvoir satisfaire les demandes, son inventeur dut en commander des séries importantes à presque tous les façonniers français. Aujourd'hui, la vente s'est évidemment ralentie et le prix a été ramené à 50 fr. environ.

Autre exemple, la Vespa-jouet mise sur le marché en 1952. Bien qu'elle ne comportât pas de mécanisme (des essais ultérieurs pour la rendre automotrice furent abandonnés), la reproduction fidèle, de l'original à échelle miniature, ne pouvait être réalisée qu'en plastique. Le montage, par collage principalement, des quelque vingt parties minuscules qui la composent est, par lui-même, une opération délicate. Assez curieusement d'ailleurs, l'initiative de cette entreprise revient non pas à un fabricant de jouets, mais aux Ets Benzen et Sordet, conditionneurs en confiserie. Pour promouvoir les ventes de bonbons, l'usage s'était répandu d'offrir en prime de menus objets en plastique : voitures de sport, réfrigérateurs, postes de radio, tasse et soucoupe, etc. C'était aussi l'époque où les scooters

se multipliaient et faisaient rêver les bambins qui s'imaginaient plus volontiers être les possesseurs d'un tel engin que d'une voiture de course. De là naquit l'idée de la Vespa miniature. Persuadés que cette idée était excellente — et l'avenir leur donna raison — ses promoteurs y engagèrent quatre millions de francs pour les études et la fabrication des moules.

Le résultat dépassa leurs espérances puisque, de simple article-prime, la Vespa fut bientôt vendue dans tous les bazars, au prix vraiment exceptionnel de 100 fr. Aujourd'hui, on trouve également au même prix des filets comportant plusieurs objets miniatures, dont certains, démontables, offrent un attrait supplémentaire à leurs jeunes propriétaires.

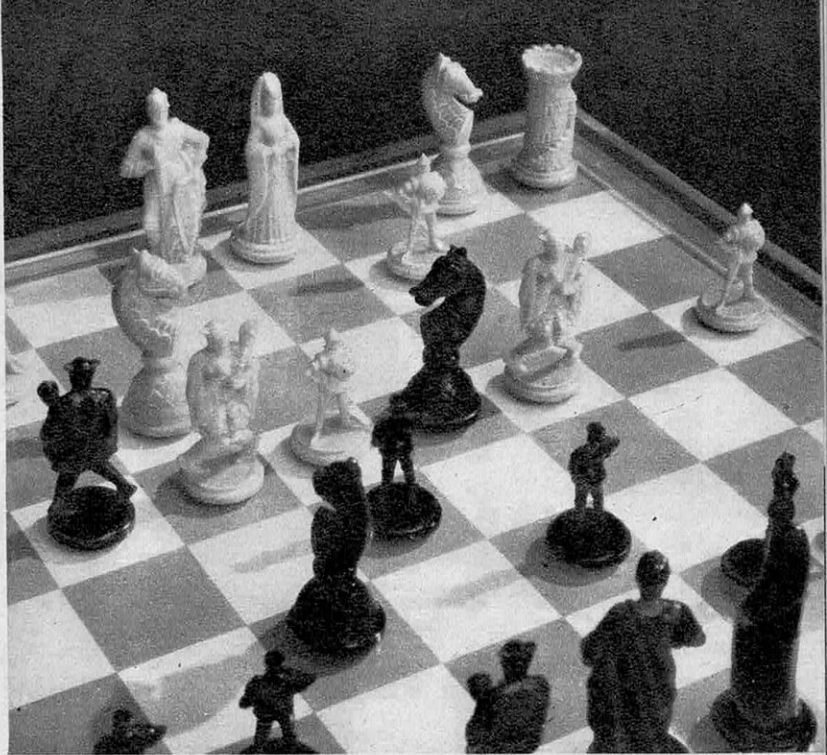
RÉVOLUTION AU ROYAUME DU JOUET

Ce n'est pas ici le lieu d'entrer dans des considérations d'ordre psychologique. Les éducateurs, puis les parents ont, à la suite de Mme Montessori, réfléchi à l'incidence, sur le caractère d'un enfant, des jeux du premier âge et, passée cette période, à l'influence des jeux éducatifs sur son développement mental.

Or, jusqu'à l'avènement des plastiques, la réalisation de ces derniers jeux, en particulier, était souvent entravée par les possibilités restreintes — au point de vue prix — de revient s'entend — du bois et des métaux. L'admirable Meccano lui-même, que n'a jamais égalé aucun autre jeu de construction, reste malgré tout,



Aisthom



Convert

sitôt que l'on aborde les montages compliqués, un jeu cher.

Pour l'instant, sans doute, les collections des fabricants de jouets en plastique, en dépit d'un « vérisme » plus grand dans les formes et dans les détails, ne sortent pas généralement des sentiers battus. Mais déjà, aux États-Unis spécialement, où le marché est plus vaste, on s'oriente vers des conceptions nouvelles. Les jeux d'assemblage : automobiles, avions, voitures de chemin de fer, tracteurs, etc. où des pièces standardisées permettent de réaliser, dans chaque catégorie, des montages d'aspect différent, connaissent un grand succès.

Là-bas, aussi bien qu'en France, on trouve des jeux comportant des éléments simples, plaques et blocs avec des échancrures, des évidements et des tenons, que l'on peut assembler.

Toutefois, passées les premières semaines où l'enfant découvre la multiplicité des combinaisons, le nombre de celles-ci étant assez limité, sa curiosité s'émousse vite et le jouet est délaissé.

Il n'est pas interdit de penser que, grâce aux plastiques, on pourra concevoir dans ce domaine des jeux universels, puisque ces matières se prêtent à des façonnages tout à la fois complexes et bon marché.

La métallisation sous vide est utilisée pour augmenter l'apparence de réalité d'instruments de musique réduits : trombone à coulisse, saxophone, trompette, clarinette en argent ou en ébène, etc. Les jeunes émules d'Harry James, Sidney Bechet ou Aimé Barelli peuvent exercer

leurs « talents » sur ces jouets qui, contrairement à la formule, n'assurent pas la tranquillité des parents.

BROSSERIE ET PEIGNES

Le record du bon marché paraît être détenu par une brosse à dents en crins Nylon et manche en polystyrène qu'un grand magasin parisien offre au prix de 22 fr.

C'est le polystyrène et, plus rarement, l'acétate de cellulose qui sont utilisés pour les manches de forme et de couleur variées de la brosse à dents de toute espèce. Il semble bien que l'abaissement des prix de vente qui en est résulté ait incité les fabricants à créer, pour les soins de la chevelure spécialement, d'innombrables modèles nouveaux. Certains, dont les « crins » tiennent le milieu entre les dents de peigne et les poils de brosse, représentent des tours de force de moulage.

Au rayon des peignes, l'os, la corne, l'écaille et les anciens types de plastiques cèdent de plus en plus la place au polystyrène moulé par injection pour les modèles à bas prix et à l'acétate de cellulose travaillé en plaques pour les modèles de qualité. On recommence à trouver, sur les meilleurs, la mention « taillé à la main », tandis que les compositions imitent la corne.

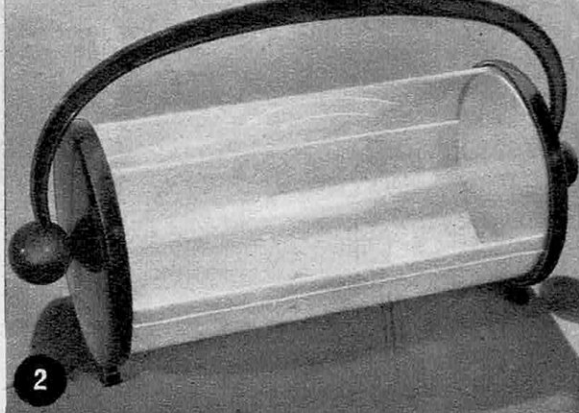
ARTICLES MÉNAGERS

Au cours des derniers mois, le polyéthylène a effectué un départ en flèche. Ses applications ne sont sans doute pas encore aussi variées que



Anchor Plastics

● Quelques articles utilitaires : ceinture de tablier en jonc extrudé et courbé s'adaptant à la taille (1); porte-biscottes en polystyrène (2); brosse, étui et flacons en polyéthylène (3); brosse et vaisselle de camping en Rilsan (4 et 5); boîte à potages et boîtes cristal en polystyrène pour conditionnement de la confiserie (6 et 7).



Monsanto-Boussois.



Organico

celles du polystyrène, mais il déplace souvent celui-ci quand l'objet peut subir sans dommage des déformations temporaires. Il est indifférent, par exemple, qu'un entonnoir ne soit pas absolument rigide.

D'autre part, la souplesse du polyéthylène constitue fréquemment un avantage : pour les tiroirs-moules à cubes de glace utilisés dans les réfrigérateurs (et vendus entre 275 et 290 fr.), il permet le démoulage avec la plus grande facilité.

Au lieu de moules en bois garnis de papier paraffiné, qui leur servaient à former les bifecks hachés ou « hamburgers », les maîtresses de maison américaines disposent maintenant de moules en polyéthylène. Leur surface antiadhérente évite le collage de la viande et ce plastique doit à ses constituants de ne communiquer aucun goût aux denrées, quelle que soit leur composition.

Cet avantage lui vaut d'être utilisé pour la fabrication de pots à lait et, sous forme de feuilles soudées ou de tubes minces de grand diamètre, extrudés en continu, les uns et les autres transparents grâce à leur faible épaisseur, comme sacs pour l'emballage des volailles et des fruits sur-congelés, des biscuits, des légumes, ainsi que de toutes autres denrées.

On fait également en polystyrène des tasses,

des claies pour les éviers ou les égouttoirs, des seaux même, à bord renforcé et anse de métal, qui trouvent un emploi universel à la ferme pour le transport de l'eau ou des liquides alimentaires, lait et petit-lait, vin et boissons fermentées.

Ce sont là quelques exemples d'utilisation du polystyrène et du polyéthylène pour l'usage ménager. Il n'est que de faire un tour dans les bazars ou les grands magasins pour constater les centaines d'applications qui leur ont été trouvées et dont le nombre ne fait que s'accroître.

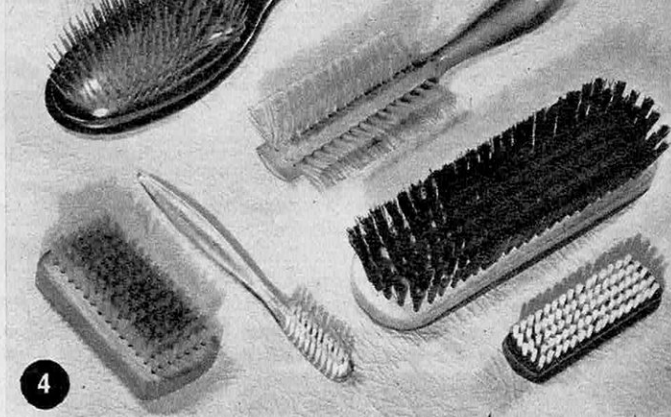
LA VAISSELLE EN MÉLAMINE

En France spécialement, où l'art de la porcelaine et de la faïence est à son apogée depuis longtemps, la vaisselle en plastiques courants n'a jamais connu un très grand succès, sauf pour l'usage limité des équipements de camping. Peut-être, si l'on en juge par l'exemple de la Suisse et des États-Unis, le marché s'ouvrira-t-il néanmoins largement aux articles en mélamine-formaldéhyde.

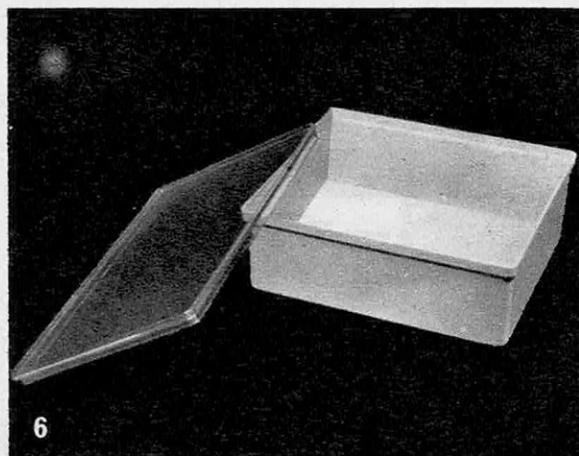
Il s'agit d'une composition d'un prix de revient élevé et, au détail, la vaisselle en mélamine coûte plus cher que la faïence, sensiblement le prix de la porcelaine. Mais ses avantages l'emportent sur cette considération. Tout d'abord,



3
Fapex



4
Organico



6
Manducher



7
Manducher

les pièces sont pratiquement incassables ; ensuite le dessin en est aussi élégant que celui des services modernes de luxe et la réalisation par moulage a permis d'adopter des formes très coûteuses à obtenir en porcelaine ; enfin, les nouveaux coloris sont fort beaux et rappellent les nuances délicates ou les teintes soutenues qu'on admire dans certaines pièces d'origine chinoise.

Pour remédier à l'apparence parfois jugée monotone des couleurs unies, certains fabricants soulignent le contour de leurs articles par une gravure en creux ou un léger relief. Depuis quelque temps, on a réussi à incorporer à la pâte des poussières métalliques dont l'éclat embellit l'objet.

Mais on compte faire mieux encore. Des essais en cours laissent à penser que l'on pourra imiter les fins décors multicolores qui restaient l'apanage de la porcelaine. On les obtiendra, comme pour celle-ci, le plus souvent par décalcomanie. Un papier recevant une impression spéciale et imprégné de mélamine sera placé dans le moule avant formage.

On espère ainsi conquérir les acheteurs les plus difficiles. Déjà le matériau lui-même a fait ses preuves, l'armée, les hôpitaux, les établissements d'enseignement ont, grâce aux services en mélamine, pratiquement réduit à néant la

casse ; les lignes aériennes, où le poids est toujours l'ennemi, en équipent leurs « kichenettes » d'avion ; les hygiénistes ont approuvé l'emploi de la mélamine dont l'inertie chimique est absolue ; les gastronomes, enfin, ont constaté que, même chauffée, elle ne développe aucune odeur, ni ne change la saveur des mets.

VERS L'ADOPTION D'UN « LABEL » DE QUALITÉ

Bien que la qualité de la matière première — dont la fabrication complexe ne peut être entreprise que par quelques grandes firmes — ne soit pas en cause, il arrive que l'usage auquel on la destine soit mal approprié, que sa mise en œuvre soit défectueuse ou les coefficients de résistance mal calculés. L'objet ne donne pas satisfaction et le consommateur s'en prend non pas au fabricant souvent anonyme, mais au détaillant ou, par une généralisation abusive quoique compréhensible, « aux plastiques » sans discrimination. Contre ce risque, certains industriels se préoccupent actuellement de la création d'un « label » de qualité qui serait accordé même aux articles bon marché pourvu qu'ils soient bien conçus. Les acheteurs applaudiront, certes, à la réalisation de ce projet.

Jean Rovière

Les combinaisons des fibres textiles artificielles ou synthétiques avec les fibres naturelles livrent une gamme pratiquement infinie de tissus. Certains imitent les fabrications classiques ; d'autres constituent des produits nouveaux d'aspect et de qualité dont la haute couture s'empare aujourd'hui pour des créations originales.



Photos Elwing

FIBRES ET CUIRS ARTIFICIELS

Le grand public ne se rend généralement pas compte qu'en utilisant de nombreux produits textiles pour son habillement ou pour d'autres usages, il fait appel aux matières plastiques. C'est qu'il ignore les liens étroits qui unissent « textiles artificiels » et « matières plastiques ».

Or, toutes les fois qu'un polymère nouveau a été étudié, on a cherché à le filer pour en obtenir un textile. A l'exception des résines thermodurcissables (genre Bakélite, Pollopas), pratiquement tous les produits artificiels dérivés de la cellulose, de la caséine, toutes les résines

thermoplastiques, vinyliques, superpolyamides, etc. fournissent des fils textiles.

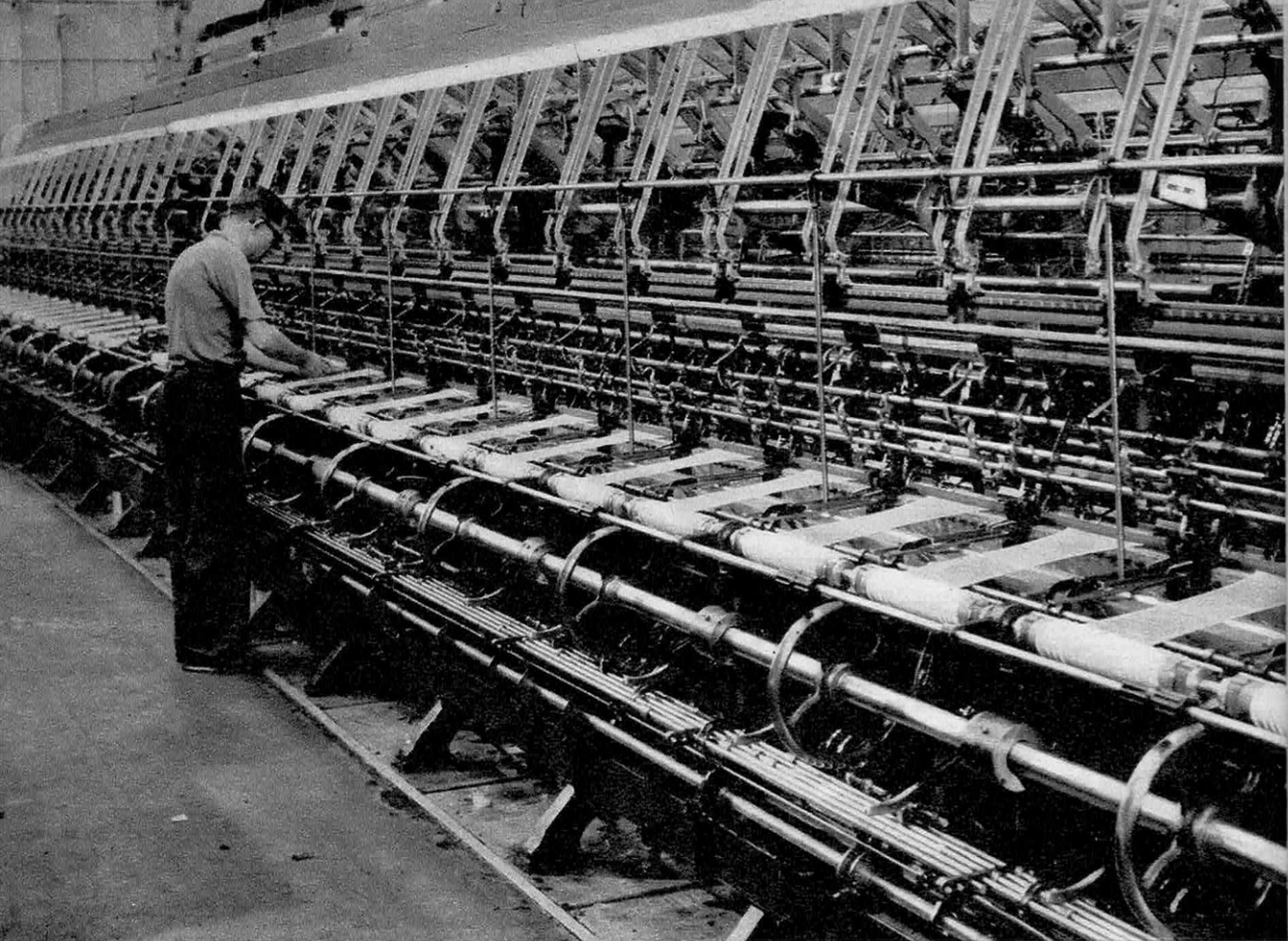
La diversité de ces fibres ne cesse de croître et leurs applications se sont étendues à de multiples domaines : habillement (chemises, lingerie, robes et costumes masculins, etc.), ameublement (tentures, housses, tapis...), industrie (toiles pour pneumatiques, courroies, guipages de câbles...). Quelques chiffres de production montreront l'ampleur et la rapidité de ce développement. Au début du siècle, la production des textiles artificiels et synthétiques était pratiquement nulle ; elle a atteint 1 million



Pierre Balmain

Hubert de Givenchy

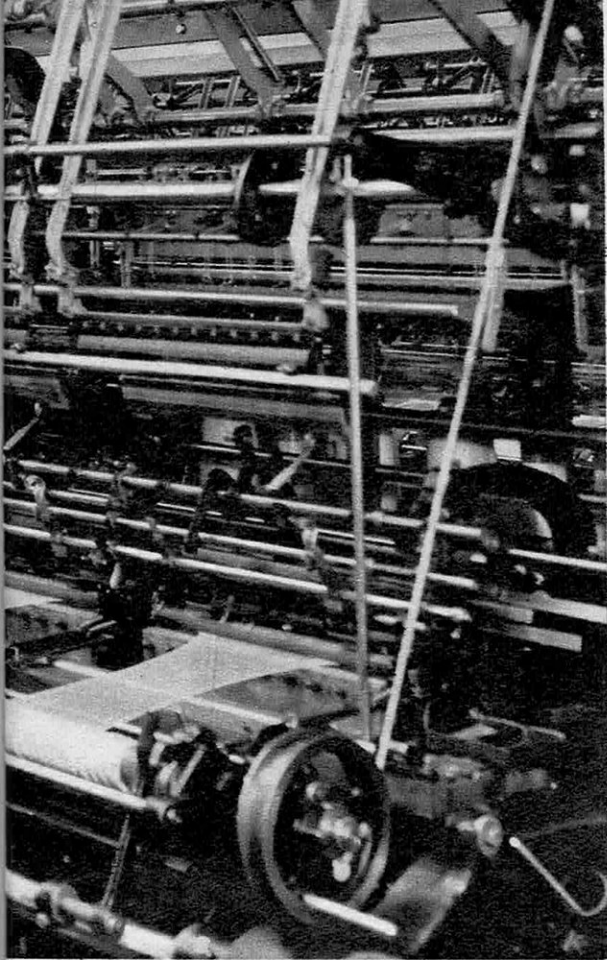
Madeleine de Rauch



Les propriétés de résistance mécanique des fils Nylon ont orienté leurs premières applications vers les articles devant offrir la résistance maximum pour le poids minimum : tissus pour parachutes, bas (ci-dessus tricotage des bas Nylon). En bonneterie elles se sont étendues à la chaussette et aux sous-vêtements indémaillables ; en tissage, à la lingerie, aux robes.

La fibre Nylon est utilisée soit pour la fabrication de fils de pur Nylon, soit pour celle de fils mélangés à d'autres textiles (laine, fibranne, viscose, coton) à des pourcentages variés selon les résultats à obtenir. Elle peut être livrée aux filatures sous forme de mèches en filaments continus. Le « Pacific Converter », à droite, remplace la cardé des filatures de laine ; les fibres y sont coupées à la longueur voulue et sortent en brins parallèles qui vont directement en filature. La machine peut assurer le mélange à d'autres fibres.





de tonnes dans le monde en 1939 et 2 millions de tonnes en 1953. Leur consommation représente 20 % de la consommation mondiale de textiles, moins que le coton qui atteint 69 %, mais plus que la laine qui ne dépasse pas 11 %.

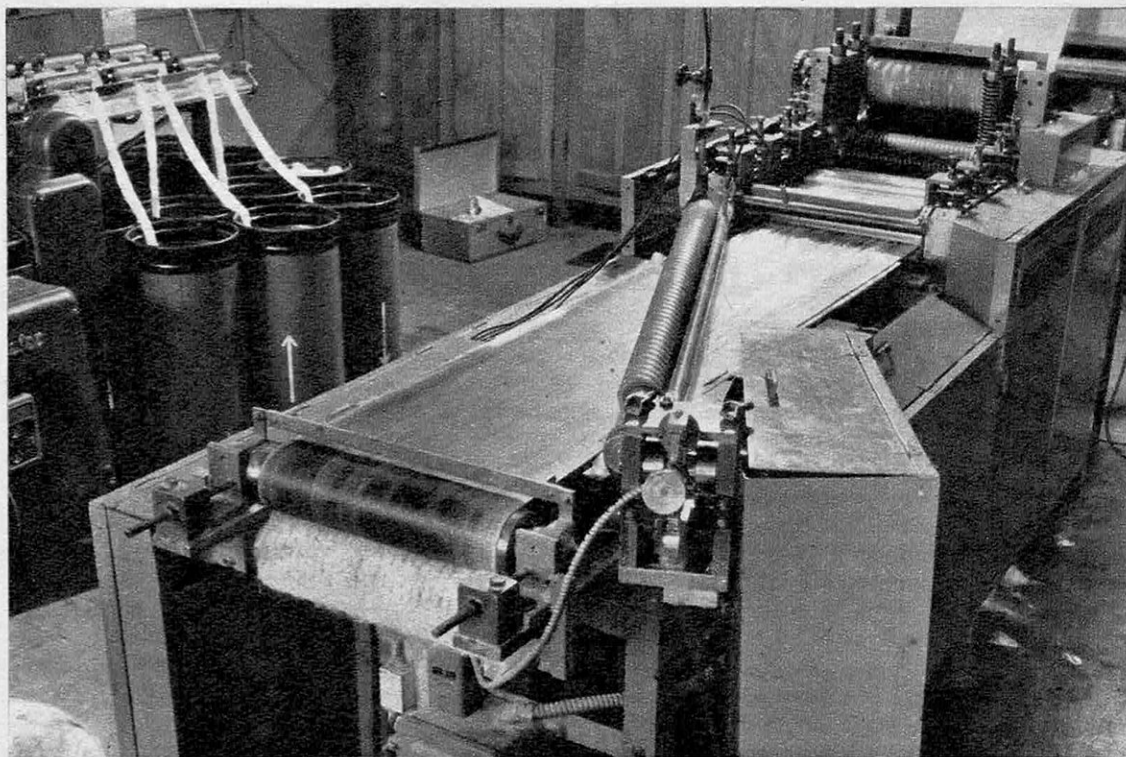
TEXTILES ARTIFICIELS

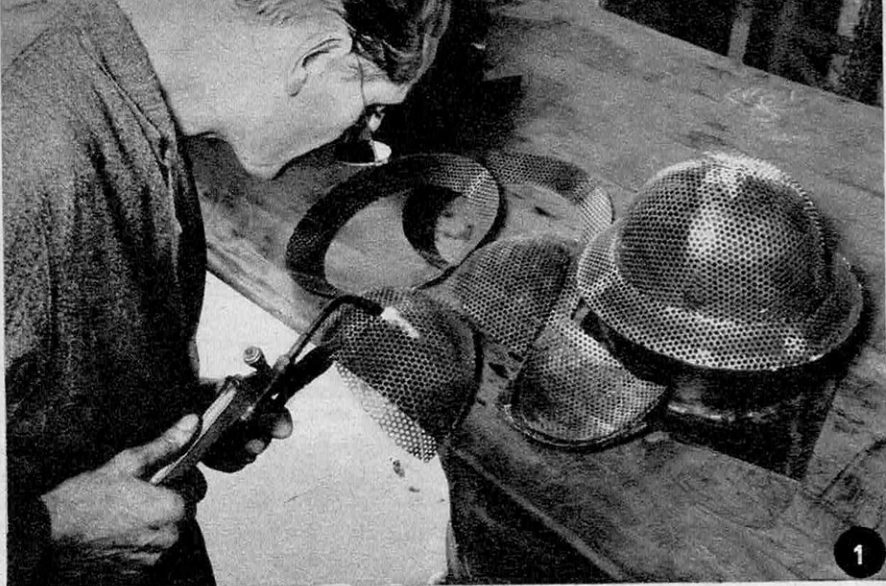
Il y a trois grands modes de préparation des fibres artificielles :

- filature par coagulation d'une solution colloïdale ;
- filature par évaporation d'une solution vraie ;
- filature par fusion.

La rayonne viscosse constitue un exemple typique d'un polymère filé suivant la première méthode : une solution colloïdale alcaline de xanthate de cellulose est filée et coagulée dans un bain acide de sulfate de soude. Il en est de même du Lanital, à base de caséine, dont il fut beaucoup question avant 1939.

Le second procédé est le plus ancien. La première « soie artificielle » de Hilaire de Chardonnet s'obtenait en filant une solution de nitrate de cellulose dans un mélange d'alcool et d'éther. La solution concentrée, pressée à travers une filière, s'évaporait au contact de l'air chaud et il restait un fil continu de nitrate de cellulose. L'acétate de cellulose est mis en œuvre selon cette technique pour la fabrication de la rayonne acétate.





Le troisième procédé s'apparente beaucoup aux procédés classiques d'extrusion des matières plastiques. Le polymère, amené à la température de ramollissement ou de fusion, est pressé à travers une filière et le fil est formé par simple refroidissement. La fibre de verre, le Nylon sont obtenus par cette méthode.

Actuellement, les diverses fibres artificielles peuvent être classées de la manière suivante :

Polymères d'origine naturelle :

— fibres cellulosiques : cellulose régénérée (rayonne viscosse et rayonne cupro-ammoniacale) et esters cellulosiques (acétate de cellulose) ;

— fibres protéiques : protéines animales (Lanital, Aralac) et protéines végétales (soja, arachide).

Polymères synthétiques :

- polyamides (Nylon, Rilsan...);
- fibres vinyliques (Rhovyl, Orlon, Saran...);
- fibres diverses (polyesters, polyéthylène).

LES FIBRES CELLULOSIQUES

C'est la rayonne viscosse qui tient la place la plus importante parmi les fibres de cellulose régénérée. La « soie au cuivre », bien qu'encore fabriquée sur une échelle industrielle, ne représente qu'une faible proportion du tonnage de rayonne produit dans le monde.

La rayonne viscosse et la rayonne au cuivre ou rayonne Bemberg (du nom de la Société allemande qui l'industrialisa en 1919) ont sensiblement les mêmes propriétés. Leur résistance mécanique est toujours plus ou moins altérée par une exposition prolongée à la lumière. Elles sont sensibles à la chaleur ; un chauffage de quelques instants à 130-150° est moins dangereux pour la rayonne viscosse qu'un chauffage prolongé entre 110 et 130°. Elles sont aussi très sen-

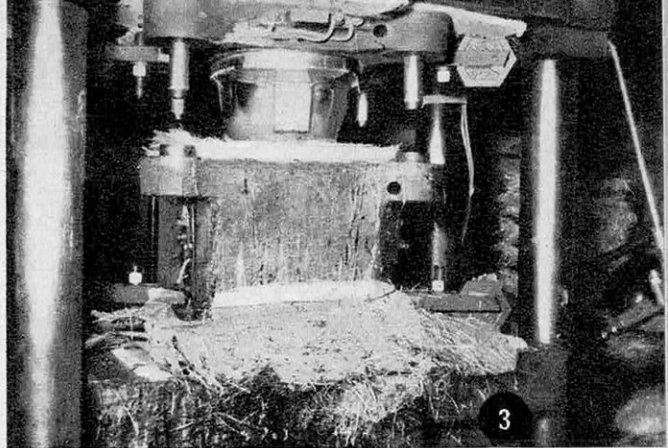
CASQUES DE PLASTIQUE ARMÉ POUR LES MINEURS

Les casques sont en résine polyester et fibre de verre. On voit en (1) la confection du moule en tôle perforée sur lequel, en (2), un aspirateur applique la fibre de verre en même temps qu'une émulsion formant liant. La « préforme » obtenue après étuvage est placée, l'écran retiré, dans le moule de la presse avec la résine ; en (3) on comprime l'ensemble porté à 120°. Après deux minutes de cuisson on démoule à l'air comprimé (4) et la fibre de verre textile en excès s'ébarbe aisément.



sibles à l'action de tous les acides, et l'acide oxalique, par exemple, que l'on recommande pour l'enlèvement des taches de rouille, doit être employé avec ménagement. Par contre, la résistance aux alcalis est bonne et l'eau de Javel peut être utilisée sans danger à la température ordinaire ; mais l'eau oxygénée et les solutions de peroxydes sont dangereuses dès que la température dépasse 40°. Les solvants de détartrage sont sans action, et ce fait est à noter car il n'en est pas de même pour toutes les fibres artificielles. Les micro-organismes qui attaquent le coton altèrent également la rayonne viscosse, mais des apprêts spéciaux peuvent la rendre résistante.

La rayonne d'acétate de cellulose est fabriquée industriellement depuis la fin de la première guerre mondiale et sa production s'est développée rapidement sous l'impulsion de firmes



comme Rhodiacéta en France, British Celanese en Angleterre, American Celanese aux États-Unis.

En 1926, aux États-Unis, la production (1 200 t) représentait 3 % de la production totale de rayonne ; en 1944, avec 70 000 t, elle atteignait 30 %, et depuis 1948 elle dépasse celle de la viscose. En France, cette fibre est très connue sous le nom de Rhodia, Albène (fil mat de Rhodiacéta).

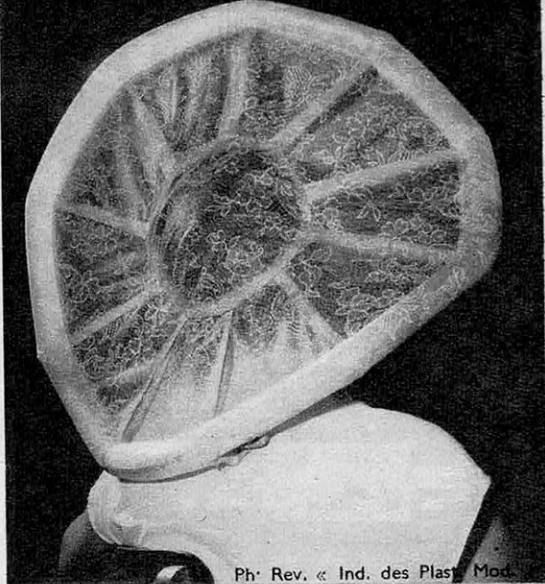
L'acétate de cellulose commence à ramollir vers 120° ; il faut donc se garder d'atteindre cette température au repassage. Les acides faibles ne l'affectent pas, mais les acides organiques concentrés (acide acétique) l'attaquent ; les solutions alcalines diluées le matent au-dessus de 85°. Il résiste bien aux agents de blanchiment : eau de Javel, eau oxygénée, etc. L'acétate de cellulose est soluble à froid dans

certain solvants tels que l'acétone, le chloroforme, l'alcool. Par contre, les solvants suivants sont sans danger : benzène, toluène, sulfure et tétrachlorure de carbone, éther de pétrole, etc.

LES FIBRES PROTÉIQUES

La première réalisation industrielle des fibres de caséine remonte à 1924. Elle est due à un industriel italien, Antonio Ferretti et à la S.N.I.A. Viscosa qui mirent sur le marché italien le Lanital. Cette fibre fut également fabriquée aux États-Unis sous la marque Aralac. Des essais ont été tentés en France (Lanital français), en Allemagne (Tiolan), en Hollande (Lactofil, Casolana) ; le Caslen, lancé en 1949 aux États-Unis, semble aussi être une fibre de caséine.

Le Lanital, dont la composition est voisine de celle de la laine, mais avec du phosphore et



Ph. Rev. « Ind. des Plast. Mod.

● Une application originale du chlorure de polyvinyle : cette capeline se déploie quand on la gonfle, mais n'occupe, repliée, qu'un volume infime dans le sac.



Plysu Products.

pas de soufre, est préparé à partir de la caséine obtenue par coagulation du lait écrémé. Les fibres de caséine sont très sensibles aux alcalis, surtout concentrés à chaud. L'eau de Javel ne les blanchit pas. Les peroxydes sont utilisables, mais à basse température. Les solvants de dégraissage à sec sont sans action.

Des fibres analogues ont été préparées en utilisant la protéine de soja (lancée par Ford), la zéine ou maïsine des céréales (proposée sous le nom de Vicara) et la protéine d'arachide (industrialisée par les Imperial Chemical Industries sous la marque Ardil).

Toutes ces fibres sont loin d'avoir pris le même développement que les fibres celluloseuses ou certaines fibres synthétiques.

LES SUPERPOLYAMIDES

Les polyamides ont pris depuis dix ans, dans l'industrie textile, une importance considérable. Le développement du Nylon, en particulier, a été prodigieux.

La découverte des superpolyamides est due à un chimiste américain, W.-H. Carothers. La première usine pilote a été installée à Wilmington, aux États-Unis, par Du Pont de Nemours en 1938. L'année suivante, une véritable usine fut montée à Seaford et d'autres par la suite à Arlington, Martinsville, Chattanooga. La fibre est fabriquée aussi par une autre firme américaine, la Chemstrand C^o, filiale de Monsanto et de l'American Viscose C^o. La production américaine, partie de 2 000 t en 1940, n'a cessé de croître et a atteint 115 000 t en 1953.

En France, trois usines sont exploitées par Rhodiacéta : Lyon, Vénissieux, Roussillon, qui a produit 4 000 t en 1953.

Il existe des usines en Angleterre, au Canada, en Italie, en Allemagne, en Suisse, en Argentine, etc.

Le Nylon est le type par excellence de la fibre entièrement synthétique et bien qu'il existe plusieurs sortes de superpolyamides préparés à partir de produits de base différents, le principe reste le même. Dans le cas le plus simple, la fabrication met en œuvre du phénol venant du benzène, lui-même tiré des goudrons de houille, de l'hydrogène venant de l'eau, de l'oxygène venant de l'air, de l'ammoniac formé d'hydrogène de l'eau et d'azote de l'air. C'est pourquoi on a pu dire que le Nylon était fabriqué à partir de charbon, d'air et d'eau. Nous ne pouvons nous étendre sur les détails des différents procédés.

Le Nylon est la plus légère des fibres synthé-

← Cette combinaison en polyvinyle protège le personnel des installations atomiques anglaises contre les poussières radioactives qui souilleraient l'atmosphère.

tiques. Il résiste bien à la chaleur (il fond vers 250°), assez bien aux acides jusqu'à une concentration de 5 %, et remarquablement aux alcalis. On peut le blanchir avec des peroxydes, l'eau oxygénée, l'eau de Javel. Les solvants pour nettoyage à sec sont sans action sur lui.

Le Nylon est surtout employé en bonneterie : on en confectionne chaque année plusieurs centaines de millions de paires de bas aux États-Unis. On l'utilise aussi abondamment en lingerie fine, fil à coudre, toiles pour parachutes, gazes à bluter, mousselines, satins, tissus pour filtres, etc. Sous forme de filaments plus ou moins épais, il est très employé en broserie, pour la confection des filets, cordages de marine ou de montagne.

D'autres fibres de superpolyamides se rapprochent du Nylon : l'I.G. Farbenindustrie, en particulier, fabrique le Perlon U et le Perlon L, qui fond un peu plus bas que le Nylon, vers 200-210°.

En France, la société Organico produit le Rilsan à partir de l'huile de ricin dans trois usines à Serquigny (Eure), Catenoy (Oise) et dans la région marseillaise. Le Rilsan est la polyamide actuellement produite la plus légère, il est très résistant à la chaleur (jusqu'à 140° en pointe prolongée) et au froid (jusqu'à -65°), aux solvants organiques, aux huiles et graisses. Il est insensible à l'eau et, moyennant l'incorporation de certains pigments, résiste parfaitement à l'action prolongée de la lumière. Il est fourni surtout sous forme de monofilaments dont le diamètre est compris entre 0,1 et 1 mm et qui sont utilisés avec succès dans les tissus d'ameublement, les revêtements de sièges, les housses, les bagages légers, les tresses, les tissus pour filtres, les cordages et les courroies. Depuis 1952, on le trouve aussi en filaments multibrins.

LES FIBRES VINyliques

Les fibres vinyliques portent des appellations variées et ont diverses compositions, plus simples que celles des fibres dont nous venons de parler.

En France, le Rhovyl est préparé à Tronville-en-Barrois par une filiale de Rhône-Poulenc. C'est du chlorure de polyvinyle filé en solution dans un mélange d'acétone et de sulfure de carbone. Il ne fond pas, mais vers 80° à sec ou 75° mouillé il se rétracte jusqu'au coincement mutuel des fils de chaîne et de trame s'il s'agit d'un tissu : ainsi un tissu fixé sur un cadre peut supporter 100° et plus. Le Fibravyl est du

Rhovyl débité comme la fibranne. On trouve encore le Thermovyl, dont le titre est plus élevé et qui présente une résistance à la rupture plus faible, un grand allongement avant rupture et une plus grande stabilité à la chaleur, et l'Isovyl qui est une fibre de Rhovyl de gros diamètre, à grande résistance à l'écrasement. Toutes ces fibres sont remarquables par leur incombustibilité totale, leur absolue insensibilité à l'eau et leur excellente tenue à la lumière.

Le chlorure de polyvinyle textile est fabriqué aux États-Unis par la Carbide and Carbon et l'American Viscose sous le nom de Vinyon F. Il est filé en solution dans l'acétone, dans un courant d'air chaud comme la rayonne acétate. Il se ramollit vers 70°, résiste bien aux acides, aux alcalis même concentrés, aux agents de blanchiment. Le chlorure de polyvinyle, soluble dans l'acétone, est attaqué par le toluène, le sulfure de carbone, le chloroforme ; mais l'alcool, le tétrachlorure de carbone sont sans action.



Ces imperméables en plastique, étudiés pour laisser toute liberté de mouvement, confèrent aux jeunes Américains l'aspect curieux d'explorateurs interplanétaires.

Sous le nom de Vinyon N, la Carbide and Carbon prépare aux États-Unis un chlorure de polyvinyle contenant une certaine proportion de cyanure de vinyle ou acrylonitrile. Il est filé comme le Vinyon F et a une grande résistance à la chaleur. C'est ce cyanure de polyvinyle ou acrylonitrile qui constitue les fibres synthétiques présentées sous le nom d'Orlon par la Du Pont de Nemours, d'Acrilan par la Chemstram C° et de Fibre D en France par Rhodiacéta. L'Orlon résiste très bien aux acides, aux solvants, aux huiles, moins bien aux alcalis. Il a conquis un large marché dans l'habillement pour les vêtements de sport, les manteaux de pluie, les vêtements tropicaux ; dans l'ameublement pour les rideaux et les stores ; dans l'industrie pour les bâches, toiles à voile, tissus pour filtres, etc.

Enfin, sous les noms de Saran (Dow Chemical C°), Permalon (Pierce Plastics C°), Velon (Firestone), on trouve des fibres de chlorure de polyvinylidène. Le Saran est filé par extrusion directe à 180° au moyen d'une boudineuse à vis, suivant une technique typique de l'industrie des matières plastiques. Il résiste bien à la chaleur jusqu'à 80°, aux acides, aux alcalis (sauf l'ammoniaque), aux solvants. On l'utilise en ameublement, pour la confection de courroies, filtres, filets de pêche, dans l'industrie de la chaussure, etc.

FIBRES RÉCENTES

Parmi les fibres très récentes, il faut citer celles à base de polyesters comme le Térylène fabriqué par les Imperial Chemical Industries en Angleterre et le Dacron, analogue au précédent, fabriqué par Du Pont de Nemours aux

États-Unis. Elles sont filées par extrusion, comme le Nylon.

Les fibres de polyéthylène, filées à sec, sont surtout intéressantes pour les cordages, à cause de leur grande résistance à la lumière et aux intempéries.

Enfin, on commence à parler des fibres de silicones de la Dow Corning et de la General Electric, mais rien n'a encore été publié à leur sujet.

LES APPRÊTS

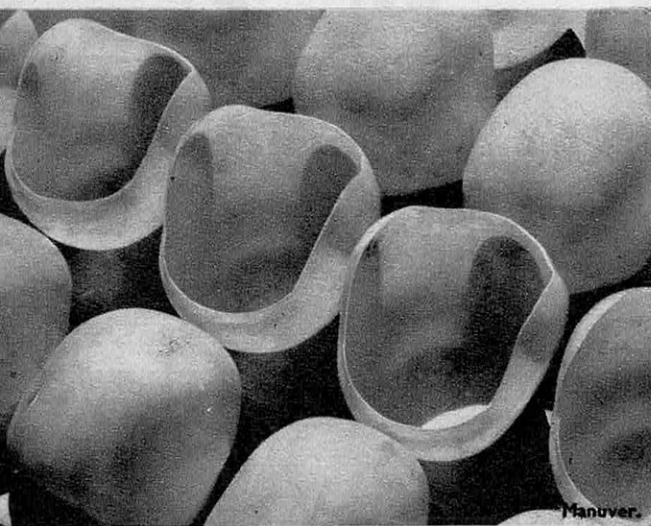
Les résines synthétiques n'interviennent pas seulement dans l'industrie textile sous forme de fibres. Elles jouent un rôle important dans un grand nombre d'opérations comme agents de mouillage, agents de fixation de colorants dans la teinture et l'impression sur tissus, et comme apprêts divers. Il en existe toute une gamme dont certaines améliorent la solidité des teintures au lavage et à la lumière et d'autres permettent de fixer sur une fibre des colorants qui, sans elles, n'auraient aucune affinité pour cette fibre.

Les apprêts sont des agents d'imprégnation des tissus destinés à leur communiquer des propriétés nouvelles : infroissabilité, empesage permanent ou encollage provisoire, hydrofugation, ignifugation, résistance aux micro-organismes.

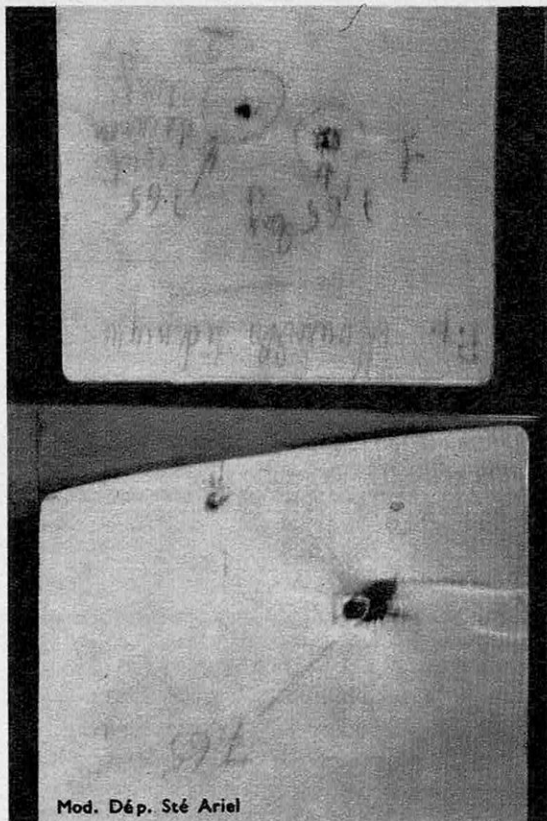
Les apprêts infroissables sont le plus généralement à base de résines urée-formol. Pour l'empesage ou l'encollage (dans ce cas l'apprêt doit pouvoir être éliminé par lavage à l'eau), on peut utiliser des matières plastiques très variées : viscose, alcool polyvinylique, résines acryliques, résines urée-formol, etc.

Les apprêts hydrofuges doivent rendre les tissus imperméables à l'eau, en conservant leur perméabilité à l'air. On utilise entre autres des résines d'urée spéciales et des résines vinyliques (chlorure de polyvinyle assoupli par un plastifiant qui est généralement du tricrésylphosphate). Plus récemment, on a fait appel aux polyamides, famille de résines à laquelle appartient le Nylon, et on a proposé les résines de silicones d'effet hydrophobe remarquable.

L'ignifugation des tissus n'a pas pour but de les rendre totalement incombustibles. Ils doivent seulement prendre feu très difficilement, ne doivent pas brûler avec flamme et surtout ne doivent pas propager la combustion. Dans la plupart des cas, l'action ignifuge des résines synthétiques est complétée par celle d'un pigment minéral qui dégage des gaz incombustibles sous l'effet de la chaleur ou qui forme en fondant un enduit vitrifié. Les produits employés pour l'ignifugation sont le caoutchouc chloré, le chlorure de polyvinyle surchloré, les résines urée-formol et phénol-formol, les silicones.



CASQUES D'AVIATEURS EN POLYESTER ARMÉ



● Les stratifiés en polyester et fibre de verre sont à la fois très résistants et très légers. Des balles de pistolet de 7,65 mm, long ou court, s'aplatissent sur eux sans les traverser. De telles plaquettes servent à confectionner des gilets de protection à l'épreuve des balles.



Pour la protection des tissus contre les micro-organismes, principalement dans les pays chauds et humides, on a expérimenté avec succès, aux États-Unis, les résines urée-formol et mélamine-formol.

Enfin, pour rendre les tissus de laine irrétrécissables, la résine mélamine-formol a donné d'excellents résultats (procédé Lanaset).

ENDUCTION DES TISSUS

L'enduction des tissus est utilisée en particulier pour la fabrication du simili-cuir destiné à la maroquinerie, l'ameublement, la tapisserie, l'habillage des carrosseries automobiles, etc. Un grainage effectué par pressage du tissu enduit réchauffé contre un rouleau gravé froid, lui donne l'aspect d'un cuir naturel.

TISSUS MIXTES

Depuis longtemps on a cherché à combiner les qualités des produits textiles naturels avec celles des matières plastiques. Les tissus « duplex » sont obtenus par contre-collage d'un tissu de rayonne ou de coton et d'une feuille de nitrocellulose ou d'acétate de cellulose ; ils servent pour la décoration, l'ameublement

(rideaux, abat-jour) ou l'habillement (chapeaux, chaussures fantaisie).

On peut aussi enrober complètement le tissu entre deux feuilles de plastique. Le « linge rigide » obtenu par ce procédé a connu une longue période de prospérité (cols, manchettes, plastrons en celluloid). Au lieu de ce doublage avec des feuilles, il est souvent préférable de procéder par immersion complète du tissu, suivie d'un séchage et d'un calandrage.

Les velours artificiels, les daims artificiels sont obtenus par projection de flocons de rayonne, soie ou coton sur un support de tissu enduit encollé (flocage). La projection peut être faite sur une simple feuille vinylique.

FEUILLES ET CUIRS PLASTIQUES

De même que l'on fabrique, à partir des plastiques, des fibres textiles, on peut préparer des feuilles continues, soit par extrusion simple d'une bande à plat ou en spirale, soit par extrusion et soufflage d'un tube mince, soit par calandrage. On obtient alors des feuilles souples qui, bien que non tissées, peuvent prendre l'apparence, grâce à un traitement

approprié, de tissus divers. C'est le chlorure de polyvinyle qui est actuellement le plus employé, mais le polyéthylène prend un grand développement.

Ces feuilles ont trouvé un large débouché dans la confection d'imperméables, chapeaux de pluie, bottillons, gants de ménage, nappes, rideaux, housses à vêtements, culottes de bébé, tabliers, etc. Elles peuvent être décorées par impression.

Les feuilles les plus épaisses sont destinées à la fabrication de cuirs plastiques pour la maroquinerie, la sellerie ou l'ameublement. On confectionne ainsi des porte-billets, des housses, des sacs de dame, etc. Les profilés extrudés en lanières peuvent remplacer le cuir dans les ceintures, bretelles ou bracelets-montres.

Ces feuilles plastiques sont découpées et assemblées pour la confection des articles les plus divers, soit par couture au Nylon ou au coton, soit par soudure à haute fréquence.

LE VÊTEMENT EN PLASTIQUE

Il y a seulement quinze années, les seuls articles en matière plastique entrant dans l'habillement étaient le bouton et la boucle. Aujourd'hui l'essor des plastiques dans ce domaine est considérable. Les imperméables en feuille vinylique, les culottes de bébé, les tabliers de ménage fabriqués chaque année se comptent par millions, sans oublier les ceintures, les sacs de dame, les pantoufles, babouches, etc. Actuellement, on pourrait compter plus de trois imperméables sur cinq en matière plastique.

Comment le travail est-il organisé? Le découpage des formes suivant un patron s'effectue comme pour les vêtements en tissu. On superpose de multiples épaisseurs de feuilles, parfois jusqu'à 400, sur une grande table. Ce matelas de feuilles doit reposer environ 24 heures afin que la matière perde les tensions internes provenant du calandrage et du stockage en rouleaux. Quand il s'agit d'articles de petites dimensions, notamment pour la maroquinerie, on peut procéder par emporte-pièces, mais en confection, on emploie le couteau de tailleur à disque entraîné par moteur électrique. Les éléments sont assemblés par couture ou soudure, les boutonniers sont renforcés par une surépaisseur de plastique ou une bande de tissu. De même, les boutons sont posés sur une armature de tissu pris entre deux feuilles vinyliques.

Aujourd'hui, les feuilles vinyliques trouvent un débouché important dans la fabrication de vêtements de protection pour l'industrie : survêtements complets, bottes, coiffures, ca-goules, etc.

Pour les coiffures de mineurs, carriers,

pompier, on fait appel maintenant aux résines synthétiques polyester armées de tissus de verre superposés. Ce même composite est employé pour les plastrons des soldats en campagne, leur assurant une protection appréciable contre les projectiles.

LA CHAUSSURE

Entre les tanneurs, défenseurs du cuir naturel, et les plasticiens, « supporters » des substituts du cuir, existe une grande hostilité.

La querelle commença en 1940, lorsque les disponibilités en cuir ne permirent pas de faire face aux besoins des populations dans la plupart des pays. Des essais furent tentés, dont certains furent concluants bien qu'on ne disposât pas de toutes les matières premières nécessaires et que la technique des résines vinyliques, entre autres, en fut encore à ses débuts.

En France, l'interdiction d'utiliser le chlorure de polyvinyle comme substitut du cuir ne permit pas des réalisations industrielles. Mais aux États-Unis, on fabriqua près de 5 millions de paires de chaussures sans cuir en 1942, 36 millions en 1943 et 69 millions en 1944. Avec le retour du cuir, cette production tomba vite. D'après les études effectuées aux États-Unis, les semelles vinyliques furent estimées inférieures au cuir pour la résistance à la traction et à l'arrachement à la couture, mais supérieures pour la résistance à l'eau et à l'usure par abrasion. Depuis, plusieurs firmes ont industrialisé avec succès les semelles vinyliques.

En ce qui concerne le dessus de la chaussure, rappelons que depuis longtemps on utilise les matières plastiques pour les bouts durs (celluloid) et les contreforts. Les chaussures « vernies » employaient déjà des feuilles de celluloid.

Pour la chaussure normale, l'empaigne peut difficilement être entièrement en matière plastique à cause de l'imperméabilité du matériau. Mais le chlorure de polyvinyle a pris un bon débouché dans la confection des trépointes (bandes de cuir qui font le tour de la chaussure entre semelle et empaigne), des fausses trépointes (trépointes décoratives), des bourrelets. On fait aussi des lanières ou des lacets, tous ces articles étant obtenus par extrusion.

Mais il faut maintenant souligner la réussite des chaussures de plage et des chaussures d'enfant moulées par injection en chlorure de polyvinyle, transparentes, incolores ou teintées. Leur résistance totale à l'eau de mer en fait l'accessoire idéal des promenades et jeux au bord de la mer.

Jean Delorme

Ingénieur-Conseil

Ancien Expert des Nations Unies.

LES PLASTIQUES EN PHARMACIE ET EN MÉDECINE

On reste confondu devant l'extension que ne cessent de prendre les composés macromoléculaires en général et les matières plastiques en particulier dans les domaines pharmaceutique et médico-chirurgical où leurs applications étaient encore, à la fin de la dernière guerre, pratiquement inexistantes. En dix ans, à peine, les plastiques ont conquis une place de choix dans ces divers domaines.

PRÉSENTATION DES PRODUITS PHARMACEUTIQUES

De plus en plus l'industrie pharmaceutique fait appel aux matières plastiques pour le conditionnement et l'emballage des produits qu'elle doit fabriquer ou stocker. Cela ne peut nous surprendre étant donné leurs propriétés bien connues de légèreté et de souplesse auxquelles s'ajoutent, pour beaucoup d'entre elles, des qualités d'imperméabilité et d'inertie chimique.

Débutant timidement, les matières plastiques firent leur apparition dans l'emballage, d'abord par les bouchons en Bakélite, puis en Pollopas. Ces bouchons, se vissant sur les flacons de verre, remplaçaient avantageusement le classique bouchon de liège. Mais, rapidement, le flaconnage lui-même se transforma : on vit apparaître sur le marché quelques récipients en plastique (flacons de polyéthylène) de faible capacité.

Le polyéthylène, en effet, est une des premières matières plastiques qui, grâce à son extrême légèreté, sa souplesse et son inertie chimique, a eu la faveur des utilisateurs. Limitée au début au petit flaconnage, la fabrication s'étend aujourd'hui aux bouteilles et bonbonnes de grande contenance, jusqu'à 30 litres. On connaît l'extrême résistance de ces récipients aux agents chimiques les plus forts :



Ph. Revue "Ind. des Plast. Mod."

● Ce modèle anatomique montrant le système musculaire d'un torse humain et de la tête est constitué par 26 pièces en résine vinylique colorée.

acides et alcalis caustiques concentrés. L'industrie pharmaceutique peut utiliser l'emballage de polyéthylène pour la conservation des poudres, de solutions aqueuses en général et d'un grand nombre de liquides comme l'alcool à 95°, l'alcool camphré, l'extrait de Javel, l'eau oxygénée, le formol. La souplesse de cette matière plastique, enfin, permet la confection de flacons poudreux et de flacons vaporisateurs, très légers et incassables.

Des flacons en polystyrène, rigides ceux-là, concurrencent aujourd'hui les emballages précédemment cités. Ils sont doux, eux aussi, d'une grande inertie chimique et peuvent être utilisés pour l'emballage et le stockage d'un grand nombre de produits pharmaceutiques et chimiques.

Notons également les emballages semi-rigides bien connus, très transparents, en acétate de cellulose, utilisés comme flacons poudreux (talc, sulfamides, etc.) et comme

plaquettes alvéolaires pour suppositoires et ovules. Ils permettent une présentation pratique et élégante des médicaments.

PELLICULES PLASTIQUES

Une place à part doit être faite aux pellicules plastiques que l'on utilise, dans l'industrie pharmaceutique, soit comme emballages directs (sachets de poudre, plaquettes de comprimés, etc.) soit comme suremballages.

Il ne peut être question, ici, d'entrer dans le détail de chacune de ces pellicules plastiques. Signalons la plus ancienne et la plus connue d'entre elles : la cellophane ou pellicule d'hydrate de cellulose régénéré. Recouverte de vernis cellulosique, elle offre alors une bonne protection contre les gaz et la vapeur d'eau et trouve ainsi son emploi comme suremballage dans la plupart des présentations d'articles pharmaceutiques. Les comprimés de sels hygroscopiques ou de produits craignant l'humidité (sels de sodium, de potassium, urotropine, etc.) seront directement emballés en plaquettes de chlorure de polyvinyle ou de polyéthylène. Ces dernières, très imperméables à la vapeur d'eau, sont utilisées pour l'expédition en pays tropicaux des dragées de sel marin et des comprimés d'halazone.

Tout récemment sont apparus sur le marché des complexes de polyéthylène : il s'agit d'emballages de supports divers (feuilles d'aluminium, pellicule cellulosique, papier Kraft, papier cristal, etc.) sur lesquels est déposé, à l'aide de machines automatiques, un

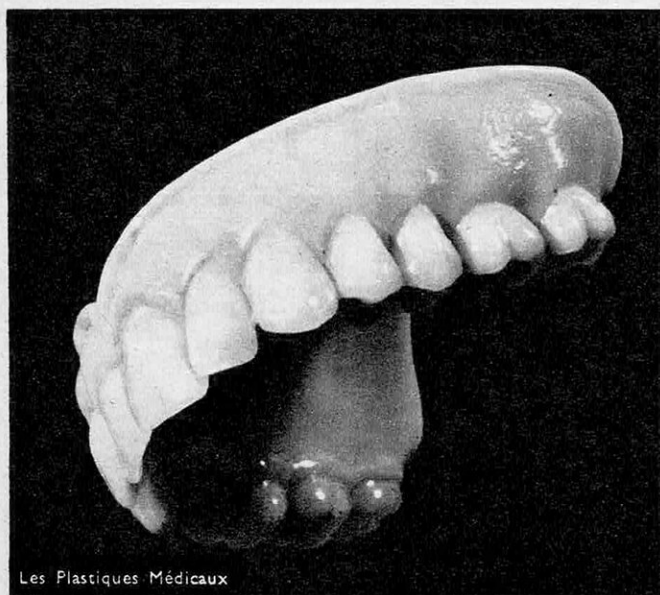
film de polyéthylène d'épaisseur variable. Aux qualités respectives de chaque support s'ajoutent celles du film de polyéthylène ; aussi ces complexes, d'apparence et de propriétés très variées, trouvent-ils leur utilisation dans toute la gamme de protection des denrées alimentaires et des produits pharmaceutiques.

LES SILICONES

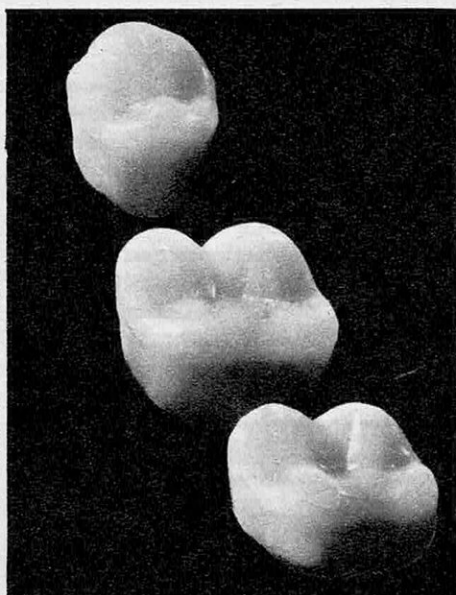
Les silicones, enfin, matières plastiques aux propriétés remarquables (excellente résistance à la chaleur, grande inertie chimique, propriétés hydrofuges), ont de nombreuses applications dans les domaines pharmaceutique et médical :

— Traitement hydrofuge des ampoules et flacons renfermant des substances pulvérulentes (antibiotiques) ; traitement de la verrerie médicale pour usages thérapeutiques, en particulier flacons et tubes utilisés dans les transfusions sanguines ou dans la fabrication du plasma sanguin ; hydrofugation des métaux utilisés pour différents accessoires chirurgicaux, tels que les instruments dentaires, les aiguilles pour transfusions, les aiguilles pour injections.

— Bouchons pour flacons de conservation de plasma sanguin ou de solutés injectables, en caoutchouc de silicone, pouvant être stérilisés à haute température. Les caoutchoucs de silicone ne contiennent comme charge que de la silice (insoluble) contrastant ainsi avec le caoutchouc ordinaire dont les ingrédients (agents vulcanisants et autres) peuvent polluer les liquides au contact desquels ils se trouvent.

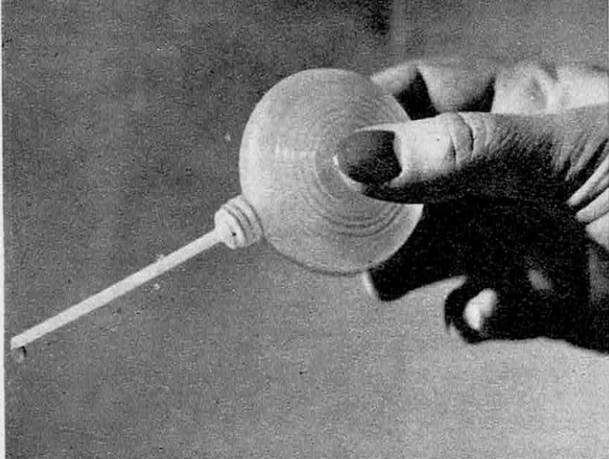


Les Plastiques Médicaux

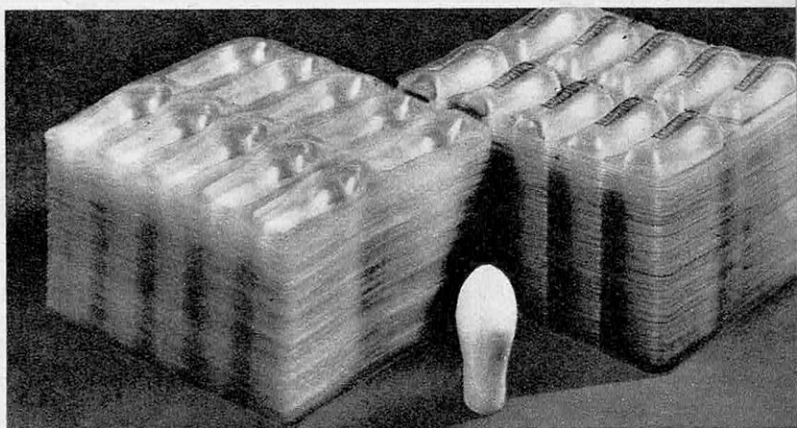


● Les prothèses dentaires en polyméthacrylate de méthyle sont supérieures aux anciennes prothèses en

caoutchouc vulcanisé et porcelaine. Les dents sont plus élastiques et faciles à assortir à leurs voisines.



● En haut, flacon poudreux et flacon pour collyres en polyéthylène. Grâce à sa souplesse naturelle qui permet de réaliser des récipients facilement déformables, à son inertie chimique et à son innocuité, cette matière plastique est la plus utilisée pour la réalisation des matériels pharmaceutiques. En bas, des plaquettes en acétate de cellulose, destinées à contenir des suppositoires. Elles ont l'avantage d'être légères, imperméables, transparentes et aisées à manipuler.



Uniplax-Ets Ch. Nicolle

SONDES PLASTIQUES ET MATÉRIEL DE TRANSFUSION

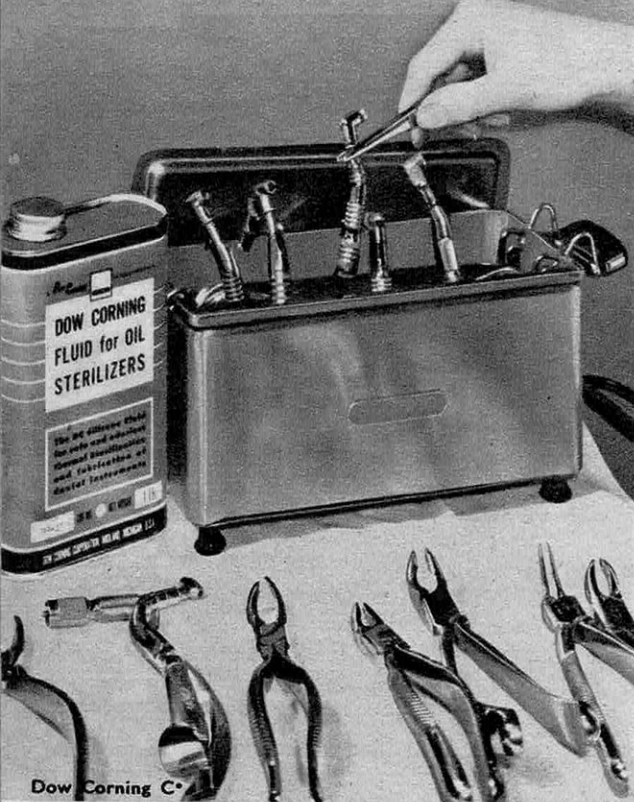
Les médecins et le personnel médical constatent aujourd'hui, à leur tour, l'immixtion des matières plastiques dans les matériaux qui entrent dans la composition d'un bon nombre de matériels qu'ils utilisent journalièrement. Elles se substituent surtout au caoutchouc.

C'est ainsi, par exemple, que le chlorure de polyvinyle plastifié est désormais le matériau de choix pour la confection des sondes pour tubage gastrique en vue de la recherche du bacille tuberculeux. Les anciennes sondes en caoutchouc, qu'il était très difficile de stériliser et de nettoyer parfaitement, pouvaient être une source de contamination, par suite de la persistance de bacilles provenant d'opérations précédentes et favorisaient, en même temps, les erreurs d'interprétation. Les tubes de chlorure de polyvinyle qui les remplacent sont d'un prix suffisamment bas pour que le praticien se permette de changer de tube à chaque opération. Ces sondes peuvent être stérilisées sans inconvénient majeur à 120°. On emploie également, pour le même usage, des tubes en polyéthylène, souples par eux-mêmes et par

conséquent dépourvus de plastifiants, mais dont la stérilisation ne doit pas dépasser 100°.

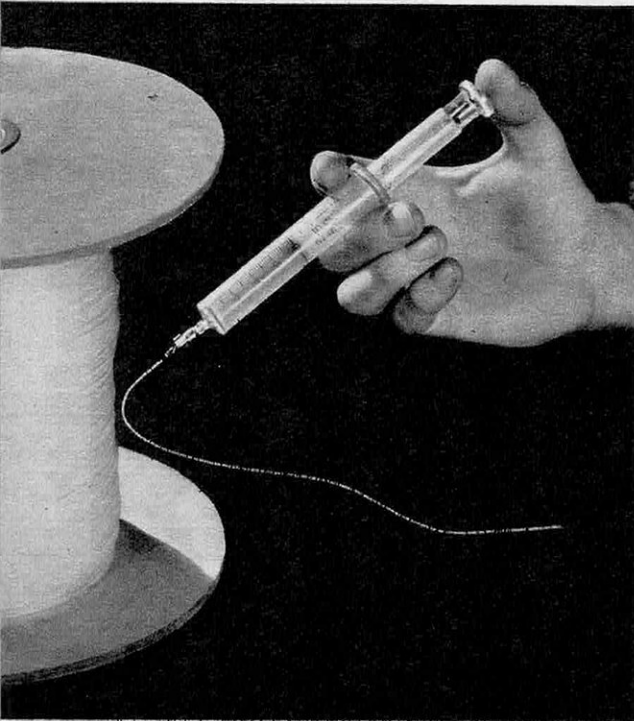
Ce sont aussi des sondes en chlorure de polyvinyle plastifié et coloré, qui remplacent aujourd'hui les sondes en gomme (pour l'urètre ou les urètres) dont les couches de vernis collaient ou se craquelèrent et n'en permettaient pas la conservation. Ces matériels peuvent être stérilisés à 100° et même à l'autoclave à 120°. A cette température, les sondes se ramollissent, aussi doit-on éviter de les manipuler avant complet refroidissement.

Lorsqu'il s'agit de prélever du sang, ou de faire une transfusion sanguine, ou encore de procéder à des perfusions veineuses, le personnel médical utilise des nécessaires dont la composition varie suivant l'opération à réaliser, mais dont l'inventaire se ramène généralement aux matériels suivants : aiguilles, tubes souples, filtres, flacons. Les tubes souples sont en caoutchouc ou en matière plastique mais, ici encore, le chlorure de polyvinyle paraît l'emporter par ses avantages incontestables. Souple, transparent, non toxique, stérilisable à 120° en vapeur humide, ce tube plastique est de bonne conservation. Ses parois sont peu mouillables,



↑ On peut stériliser les outils de dentisterie par immersion dans un fluide silicone à 150°. Il subsiste à leur surface une pellicule protectrice insipide et non toxique.

↓ Ces catheters en polyéthylène, légers et souples, ne provoquent ni caillot sanguin ni cristallisation des liquides organiques. On les stérilise par un antiseptique.



Anchor Plastics

ce qui réduit au minimum les risques de coagulation. Sa transparence permet de surveiller la présence de bulles d'air et de les éliminer éventuellement. Sa stérilisation demande certaines précautions et il faut avoir des autoclaves à double paroi et munis d'un système de vide, de façon à pouvoir faire suivre les stérilisations d'un séchage (cette condition est indispensable pour maintenir la transparence du tube). Mais, comme nous l'avons déjà dit pour les sondes pour tubage gastrique, son prix de revient peu élevé permet à l'utilisateur de le jeter après emploi, .

On a conçu en chlorure de polyvinyle des catheters stérilisables, destinés à des perfusions prolongées, ce qui évite le maintien dans la veine d'une aiguille traumatissante. Les drains en polyéthylène sont également très utilisés car cette matière plastique n'est pas mouillée par les liquides de l'organisme ; le sang passe sans formation de caillots, les solutions biliaires et les sels organiques ne peuvent y cristalliser. De récentes observations cliniques ont permis de constater que ces drains, employés après des opérations sur les voies urinaires, ne présentent pas de cristallisation de sels urinaires. Les tubes de caoutchouc, par contre, ont tendance à s'effriter ou à présenter, le long des parois, des dépôts de calcaire ou de cristaux provenant des sels urinaires, qui peuvent boucher le drain.

UNE SERINGUE EN NYLON

Concurrençant cette fois le verre, c'est une matière thermoplastique, le Nylon, qui a permis la fabrication d'une seringue incassable. D'origine française, cet article est en voie d'obtenir une large diffusion hors de nos frontières. Sa fabrication est délicat ; la matière doit être injectée avec une exceptionnelle homogénéité car la moindre imperfection nuit à la transparence et à l'étanchéité. Le piston est muni d'un joint en caoutchouc synthétique, à la fois très simple et très efficace, permettant une très bonne étanchéité tout en conservant une grande douceur de glissement. La seringue résiste aux chocs et aux variations de température et l'interchangeabilité des pièces permet la stérilisation en vrac. Celle-ci s'effectue facilement à 135° à la chaleur humide. Cette seringue permet parfaitement l'injection de tous les produits de la pharmacopée courante. Son utilisation aux colonies, pour les troupes d'urgence, a consacré sa robustesse.

LIGATURES CHIRURGICALES

C'est encore le Nylon qui, en France tout au moins sera le matériau de choix pour la confection des fils à ligatures. Certes, les crins de

Cet équipement dentaire complet, en état de fonction- ➔
tionner, possède un pied transparent en Plexiglas
qui permet, sans qu'il soit nécessaire de le démonter,
d'observer les organes intérieurs qui le constituent.

Florence et les fils de soie sont toujours utilisés, mais le marché de ces ligatures est aujourd'hui mal approvisionné, les crins synthétiques étant de plus en plus en faveur.

Quels sont donc les avantages de ces ligatures? C'est d'abord leur fabrication aseptique puisque l'extrusion de la matière plastique en filaments se fait à haute température. Par ailleurs, le crin en Nylon a une grande résistance à la traction (elle atteint 60 kg/mm^2) et aussi un calibrage constant (il est obtenu d'emblée par passage à travers une filière de section rigoureusement constante, alors que le crin naturel est étiré à la main). Doué d'une certaine élasticité, il est très facilement stérilisable à 120° . Il a l'avantage, en outre, de n'être pas capillaire et peut être obtenu sur de grandes longueurs, à l'inverse du crin de Florence, dont les deux extrémités sont inutilisables.

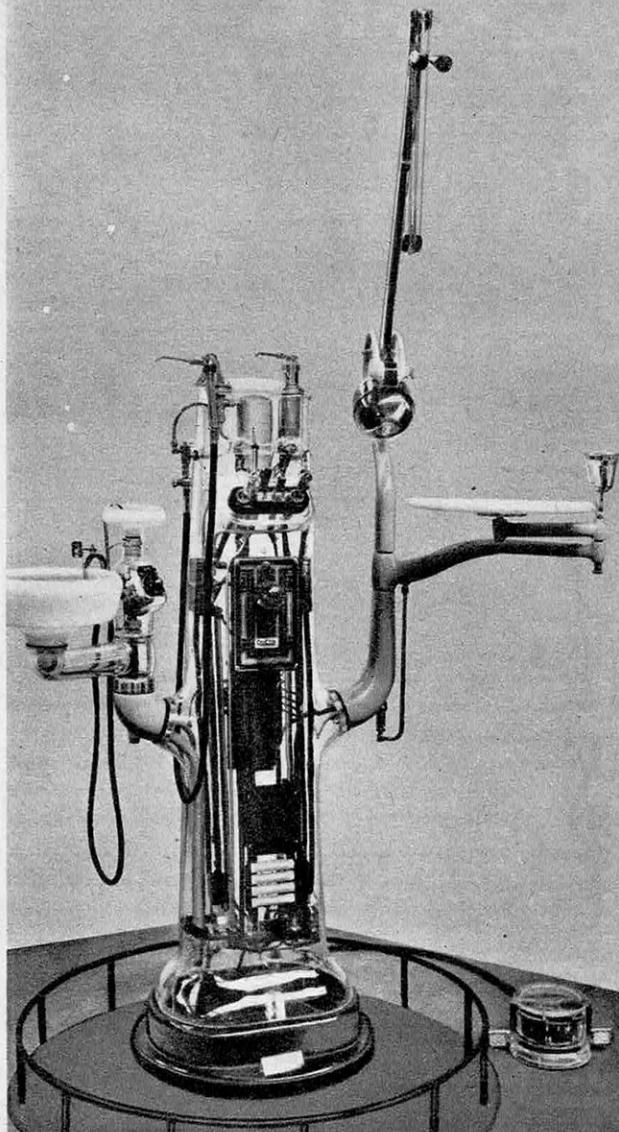
Ces matériels, préparés aseptiquement et convenablement stérilisés, sont bien tolérés par l'organisme, comme le sont les crins de Florence et les fils de soie. Il n'y a pas de suppurations dues spécialement au Nylon; elles ne proviennent, comme toutes les autres, que d'une stérilisation insuffisante ou d'un apport septique pendant l'acte chirurgical.

Notons aussi les plaques de Nylon tressé utilisées surtout pour les cures d'éventrations et de hernies. Les plus anciennes de ces plaques sont portées depuis bientôt dix ans et restent parfaitement tolérées par les tissus avoisinants.

PROTHÈSES OSSEUSES EN ACRYLIQUE

Une autre grande application des matières plastiques en chirurgie est la fabrication des appareils de prothèse. La matière plastique utilisée est le polyméthacrylate de méthyle, encore appelé résine méthacrylique ou plus simplement acrylique. De nombreux métaux et alliages ont été proposés comme matériaux de prothèse; aujourd'hui encore le tantale et le vitallium sont utilisés, mais l'acrylique leur est supérieure grâce à ses qualités.

Cette résine, en effet, est légère, inaltérable au froid, à la chaleur, à la lumière et chimiquement inerte; elle a surtout l'avantage de posséder une parfaite et étonnante tolérance vis-à-vis des tissus avec lesquels elle est en contact, même dans les inclusions profondes: inclusions squelettiques et articulaires; au contact de l'os, on n'observe ni décalcification, ni réaction de défense osseuse.



Quétin-Alsthom

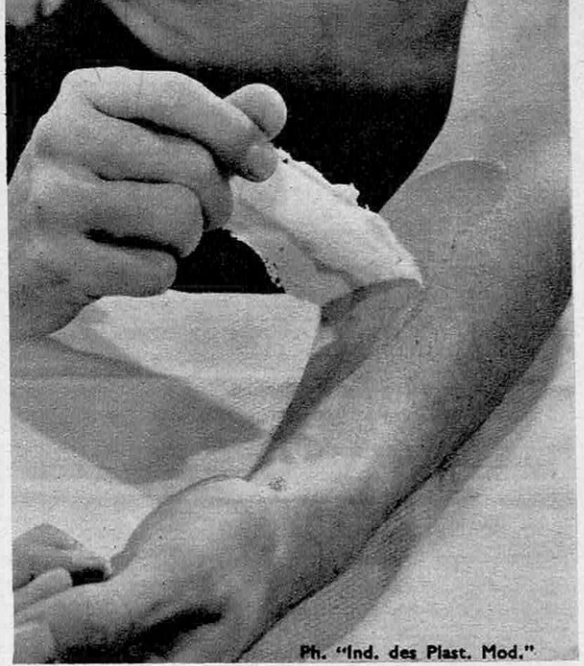
La principale utilisation de la résine acrylique est la fabrication de pièces de remplacement, partiel ou total, de certains os (têtes de fémur et d'humérus, articulations du coude et du genou). Le problème de l'articulation de la hanche est particulièrement délicat: il est généralement nécessaire, pour éviter la rupture du pivot de la prothèse acrylique, d'y inclure une pièce d'acier inoxydable.

Citons encore les applications de la résine:

- en neurologie, dans la réparation des pertes de substance de la voûte crânienne;
- en oto-rhino-laryngologie, dans la chirurgie esthétique du nez, la chirurgie de la surdité, dans le traitement des affections de la muqueuse nasale (ozène);
- en ophtalmologie, en inclusion dans la capsule de Tenon et comme verre de contact ou comme prothèse oculaire.



● Une solution d'acétochlorure de vinyle pulvérisée sur une plaie forme, après évaporation du solvant un pansement protecteur transparent non toxique.



Ph. "Ind. des Plast. Mod."

Contrairement aux sparadraps habituellement utilisés, la pellicule transparente permet de suivre l'évolution de la plaie. Elle s'enlève avec une grande facilité.

Une pièce a part et assez inattendue est faite à la résine acrylique en chirurgie pulmonaire. Il s'agit de l'utilisation de petites sphères creuses de deux à trois centimètres de diamètre, en polyméthacrylate de méthyle. Ces sphères servent à combler les cavités obtenues par l'affaiblissement chirurgical de poumons malades (tuberculose) ou résultant de l'exérèse plus ou moins étendue de poumons (cancers bronchiques ou pulmonaires). Elles possèdent les qualités requises à cet usage car elles sont légères, très résistantes aux fortes pressions et parfaitement tolérées par l'organisme.

Ces sphères sont formées par deux demicupules qui, avant leur collage sous pression, sont soigneusement nettoyées intérieurement par une série de lavages à l'alcool suivis de rinçages à l'eau bouillante. Des essais sont ensuite effectués pour s'assurer de leur résistance à la pression et de leur étanchéité totale.

APPAREILS DENTAIRES ET DENTS ARTIFICIELLES

Le polyméthacrylate de méthyle, très utilisé, nous l'avons vu, en chirurgie de prothèse, est aujourd'hui le matériau de choix pour la fabrication d'appareils dentaires (plaques pour dentiers, bridges) et de dents artificielles.

On se souvient que la plus ancienne matière plastique, le celluloid, fut le premier matériau synthétique utilisé pour la fabrication des dentiers. Mais son inflammabilité, sa déformation à la chaleur, son odeur camphrée le firent

abandonner au profit de la « Vulcanite » ou caoutchouc vulcanisé dont la bonne résistance à l'usure et la stabilité de forme valurent à ce dernier d'être largement utilisé jusqu'à la dernière guerre.

Aujourd'hui, la résine acrylique remplace très avantageusement le caoutchouc vulcanisé, grâce notamment à ses propriétés mécaniques bien connues, à sa grande légèreté et à sa stabilité de forme. Les appareils dentaires confectionnés en cette matière résistent bien à la salive et au vieillissement à l'air. Leur stabilité est parfaite à tous les agents chimiques buccaux ; ils présentent, d'ailleurs, une surface non poreuse où n'adhèrent pas les aliments et les bactéries et qui permet un nettoyage facile et rapide. Leurs colorations sont fraîches et stables : l'addition à la résine de fibres polyamides très courtes, de teinte rouge, permet un effet intéressant d'imitation de veines sanguines. Enfin, leur fabrication est simple : elle consiste à préparer une pâte obtenue en mélangeant le monomère liquide et son polymère en poudre, éventuellement coloré, et additionné d'un catalyseur de polymérisation, à couler cette pâte dans des moules en plâtre où, par pression et à la température de 100°, s'achève le durcissement.

C'est également en résine acrylique que sont faites les dents artificielles. Elles remplacent de plus en plus les dents en porcelaine ; elles ont l'avantage, en effet, d'être moins fragiles et d'avoir une dureté suffisante en bouche, même en présence d'aliments chauds ; elles ne pro-

voquent pas de bruit à la mastication ; étant donné, d'autre part, la gamme très étendue de teintes utilisées, il est possible, dans chaque cas, de réaliser des dents présentant un aspect très naturel. Comme pour les dentiers de base, la fabrication des dents en acrylique est obtenue par polymérisation et durcissement en moule d'un mélange de poudre de polyméthacrylate de méthyle et de liquide monomère, en présence de peroxyde de benzoyle et sous l'effet de la chaleur et de la pression.

L'addition d'une amine tertiaire (triéthylamine) au mélange précédent permet d'obtenir à froid la polymérisation et le durcissement de la résine qui est alors appelée résine autopolymérisante. L'avantage de ce procédé est de pouvoir procéder en bouche à des obturations ou à des reconstitutions de dents. Le temps de « prise » est suffisamment court pour que l'action caustique du monomère sur la pulpe ou sur la gencive ne puisse se produire.

LES PLASTIQUES NE DOIVENT PAS ÊTRE TOXIQUES

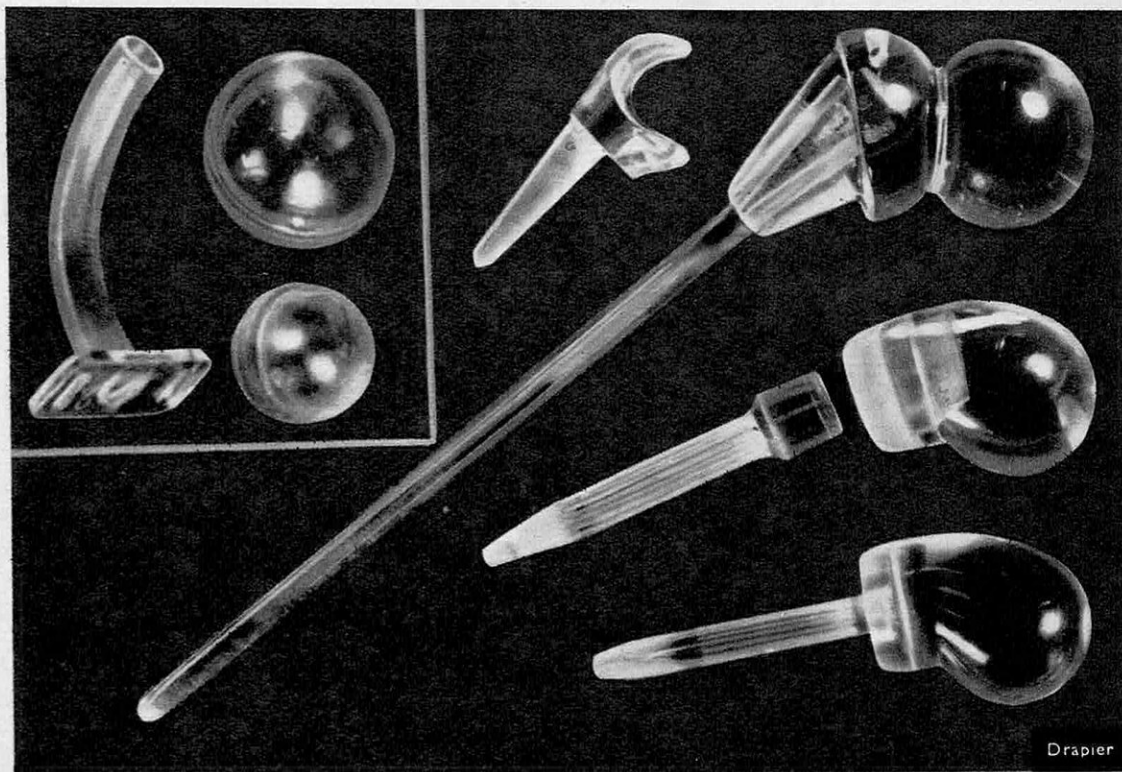
Telles sont, rapidement esquissées, les principales applications actuelles des matières plastiques en pharmacie, médecine et chirurgie.

Les multiples avantages présentés par celles que nous avons citées au long de cet article peuvent faire croire qu'il n'y a que l'embarras du choix pour résoudre, du point de vue « plastiques », la plupart des problèmes qui se posent dans ces domaines bien précis.

En réalité, non seulement on exige de tous ces matériels les qualités mécaniques qui leur ouvrent de larges domaines d'application dans la vie courante, mais ils doivent encore présenter des qualités primordiales d'innocuité, de tenue à la stérilisation ou de compatibilité avec les multiples ingrédients pharmaceutiques.

C'est ainsi, par exemple, que les pellicules plastiques doivent posséder certaines qualités, telles que la résistance mécanique (on demande d'abord à une pellicule d'emballage d'avoir une bonne résistance à la traction et à la déchirure, ainsi qu'une bonne flexibilité), l'imperméabilité aux gaz et aux vapeurs, et notamment à la vapeur d'eau, la résistance chimique, la transparence, mais aussi l'absence de goût, d'odeur et de toxicité.

Nous avons parlé souvent « d'inertie chimique » et de bonne tolérance par l'organisme, surtout à propos d'implants et de prothèses. Mais il s'agissait là de résines pures. La moindre



Drapier

● La chirurgie fait appel aux résines acryliques, bien tolérées par l'organisme, pour compenser certaines pertes osseuses. A droite, têtes fémorale et humérale,

crochet cubital. A gauche : boules creuses en résine acrylique destinées à remplir la cavité thoracique après ressection d'un poumon, et tube trachéal.

présence de monomère suffit à détruire cette inertie chimique et à créer l'intolérance de l'organisme.

PLASTIFIANTS ET COLORANTS

Dans certains cas, la résine pure ne peut offrir les qualités mécaniques souhaitées parce que trop dure ou trop friable. Il faut lui adjoindre des plastifiants. C'est le cas du chlorure de polyvinyle plastifié. Or, ces adjuvants sont souvent toxiques; il ne faudra retenir que ceux qui sont inoffensifs, ce qui restreint considérablement le choix du plastifiant. Pour avoir toute garantie, les tubes en chlorure de polyvinyle plastifié font l'objet d'essais physiologiques sur l'animal : des fragments de tubes sont mis à bouillir dans l'eau physiologique et laissés en contact pendant quelques jours. Le liquide de macération est injecté à des animaux et on constate l'effet pathologique.

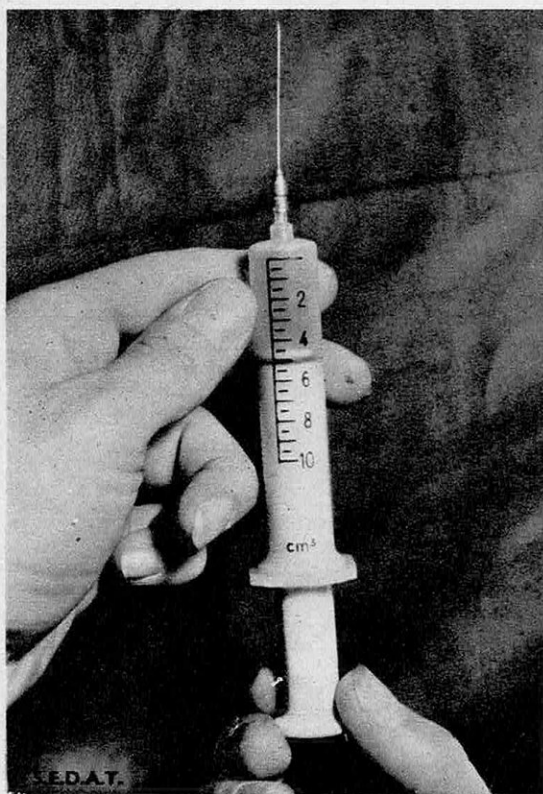
Dans la mesure du possible, il faut aussi éviter les colorants. On a cité parfois l'intolérance des appareils dentaires en acrylique colorés, alors que la forme incolore n'en a jamais donné. Il est possible aussi que certains

colorants azoïques des ligatures en Nylon, à l'instar de ceux qui sont responsables de dermatites provoquées chez des porteurs de tissus synthétiques colorés, soient susceptibles de jouer un rôle allergique chez des individus déjà sensibilisés.

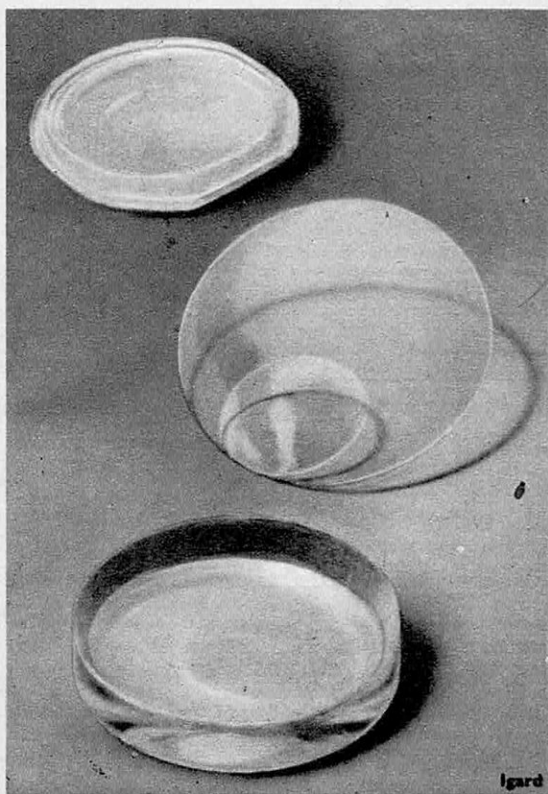
Enfin, tous les matériels médicaux et chirurgicaux doivent être stérilisables. Or, la majorité des matériaux qui les composent sont des matières thermoplastiques qui, par conséquent, peuvent se déformer sous l'action de la chaleur. Cette déformation sera particulièrement à éviter dans les articles comme la seringue (avec son piston) ou la sonde calibrée. Il y aura donc, ici encore, un choix rigoureux à faire parmi les plastiques stérilisables.

Ces notions, succinctement exposées, nous font mieux comprendre les difficultés que les industriels français ont dû vaincre pour obtenir les réalisations actuelles. Nous sommes persuadé qu'ils arriveront demain à des résultats encore plus encourageants dans ce domaine où les plastiques sont appelés à jouer un rôle toujours plus grand

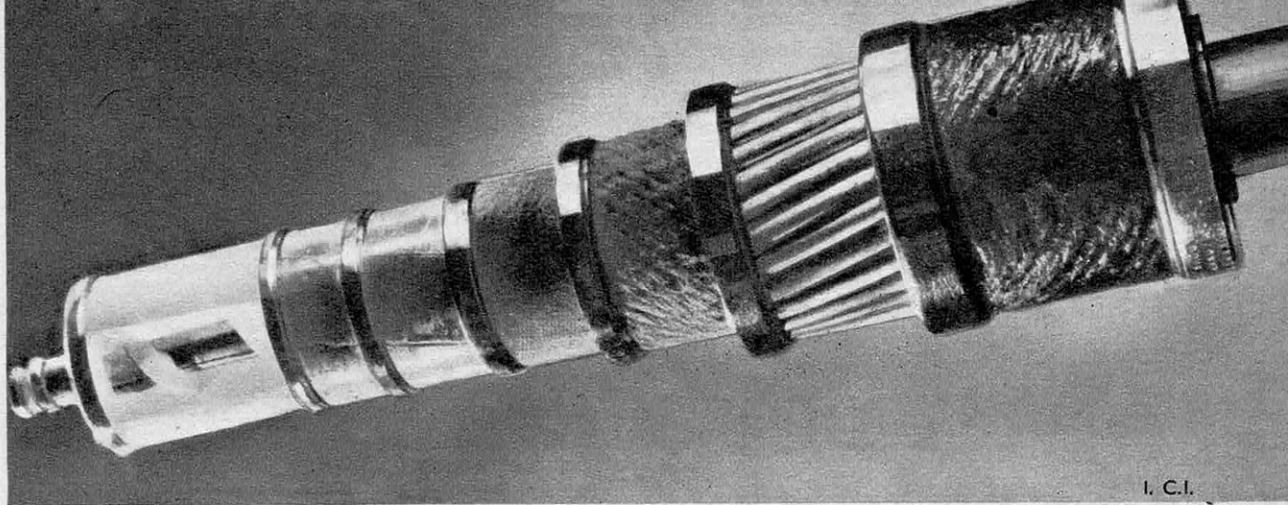
René Lefaux



● Le corps et le piston de cette seringue incassable sont en Nylon pur. Le piston est muni d'un joint en caoutchouc synthétique assurant à la seringue son étanchéité et une grande douceur de glissement.



● Les verres organiques en polyméthacrylate de méthyle pur possèdent toutes les qualités optiques des verres minéraux, ils présentent en outre l'avantage d'offrir au choc une résistance beaucoup plus grande.



I. C. I.

UN MODÈLE DE CABLE SOUS-MARIN MODERNE MONTRANT L'ISOLEMENT EN POLYÉTHYLÈNE

ÉLECTRICITÉ ET RADIO

Principales consommatrices de plastiques

LES matières plastiques jouent un rôle particulièrement important dans le domaine très vaste et varié des industries électriques et radioélectriques. Leur développement a été historiquement et continue à être intimement lié à celui de ces industries.

Tout d'abord, l'étude scientifique de l'électricité a commencé au XVIII^e siècle par l'électrostatique. Ces débuts n'ont été possibles que grâce aux bonnes propriétés d'isolement et aussi, pour certains, d'électrisation en surface, que présentent des corps tels que le verre, l'ambre, la résine, le soufre, la soie, les fourrures animales (laine, peau de chat), le papier, le bois sec, etc... Or la plupart sinon tous sont constitués, au moins en partie, de grosses ou très grosses molécules et beaucoup sont de véritables matières plastiques naturelles.

DU CAOUTCHOUC AUX ISOLANTS MODERNES

Le développement au XIX^e siècle de l'électrodynamique et de l'électromagnétisme, grâce à la découverte de la pile, puis des phénomènes d'induction, n'a été possible que grâce aux progrès réalisés dans l'isolement des conducteurs électriques. Si les premiers expérimentateurs se sont contentés, par exemple, de sus-

pendre des fils conducteurs dans l'air grâce à des supports de verre, d'ambre, etc., un premier progrès fut réalisé par l'emploi de gaines souples en tissu, en particulier en soie, et un second encore plus considérable par l'utilisation soit directe, soit pour l'imprégnation de tissus, papiers et cartons, de divers vernis naturels, et surtout du caoutchouc, autre matière plastique. L'emploi de cette dernière substance n'est devenu vraiment commode qu'après la découverte de la vulcanisation qui a permis la fabrication d'isolants souples, et aussi d'un isolant dur, facile à travailler et relativement peu coûteux, l'ébonite. La gutta-percha, gomme naturelle voisine du caoutchouc, a aussi été employée très tôt, en particulier pour l'isolement des câbles télégraphiques sous-marins.

La première matière plastique proprement dite fabriquée industriellement, la nitrocellulose, ne paraît pas avoir tenté beaucoup les électriciens. Son emploi (sous forme de celluloid) est resté très limité. Au contraire, la mise en œuvre industrielle par Baekeland en 1909 de la réaction de polycondensation entre le phénol et le formol eut un rapide succès.

Les résines phénoplastes ainsi fabriquées, connues sous le nom de « Bakélite », ne tardèrent pas à concurrencer et même à supplanter l'ébonite dans beaucoup de ses usages.



Organico

● Ces fils et câbles électriques sont isolés au Rilsan (superpolyamide) qui constitue un excellent isolant dans le domaine des basses et des moyennes fréquences.

Depuis cette époque, beaucoup de nouvelles matières plastiques sont apparues à un rythme d'abord très lent, puis très rapide, et on peut dire que la plupart d'entre elles ont trouvé leurs premières applications en électrotechnique.

L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE ET LES PLASTIQUES

En devenant sans cesse plus exigeants sur la qualité des produits isolants, les électriciens ont favorisé la découverte de matières nouvelles qui, à leur tour, ont permis des progrès dans la construction d'appareils et machines électriques. Souvent, d'ailleurs, il est arrivé que les débouchés ainsi offerts à la préparation de ces nouveaux produits ont encouragé à en perfectionner les procédés de préparation, à en améliorer les qualités et à en abaisser le prix de revient, en sorte qu'on a fini par leur trouver bien d'autres applications qui n'ont plus rien à voir avec l'électricité et qui peuvent même prendre le pas sur les usages initiaux. C'est ce qui est en train de se passer pour le polyéthylène.

Actuellement, les industries électriques consomment environ la moitié de la production de matières plastiques.

Il convient de distinguer dans l'ensemble des emplois des matières plastiques dans les industries électriques, ceux où les propriétés

électriques de ces matières jouent un rôle, et ceux où elles n'en jouent pas, au moins directement. Pour prendre un exemple extrême de ce dernier cas, on ne s'intéresse guère en général aux propriétés électriques des matières plastiques qui peuvent entrer dans la composition des peintures dont on revêt le métal de la carcasse d'un moteur ou du boîtier d'un appareil pour le protéger contre la corrosion. Mais la distinction est parfois plus subtile : le fait de construire un boîtier non pas en métal, mais en matière plastique isolante, peut présenter certains avantages : il n'est plus alors besoin de prévoir des traversées isolées pour les bornes de jonction, un contact accidentel d'un conducteur avec la masse du boîtier ne risque plus d'amener de perturbations, etc... Dans des cas de ce genre, il ne sera souvent pas indispensable que la matière ait des propriétés isolantes bien remarquables.

QUALITÉS ÉLECTRIQUES QUALITÉS MÉCANIQUES

Dans d'autres cas, c'est aux qualités électriques qu'on accorde le plus d'attention, mais cependant jamais de façon exclusive. Si, en effet, on voulait par exemple qu'un fil fût simplement isolé électriquement, il n'y aurait qu'à l'isoler mécaniquement dans l'air. Si on l'enroule d'une gaine, c'est pour empêcher les contacts possibles avec d'autres conducteurs. Il faut donc que cette gaine présente une certaine résistance mécanique, si faible soit-elle ; mais en général un isolant dur (comme le verre) ne conviendra pas non plus car le fil devra conserver une certaine souplesse ; une simple gaine de tissu pourra ne pas suffire car elle peut être mouillée et perdre ses propriétés isolantes, d'ailleurs souvent médiocres ; d'où l'emploi du caoutchouc ou d'une matière plastique artificielle. Le choix pourra se porter sur cette dernière, non seulement à cause de ses qualités électriques, mais encore de sa résistance au vieillissement naturel, aux agents chimiques, de sa tenue aux températures basses ou élevées. Pourront aussi jouer des facteurs comme la facilité de mise en œuvre, le prix de revient, etc...

Il arrive enfin que les propriétés électriques d'une matière plastique interviennent dans certaines applications spéciales. Ainsi un tuyau de pompe à essence ne doit pas se charger d'électricité statique au passage du carburant sous peine de risquer de graves accidents par la formation d'étincelles.

QU'EST-CE QU'UN ISOLANT ?

Cette notion paraît très simple au premier abord : c'est un corps qui ne laisse pas passer le courant électrique. Si on y regarde de plus

près, elle est beaucoup plus complexe. Prenons le cas simple d'un condensateur. On définit sa *capacité* par le rapport de la charge que prennent ses armatures quand on établit entre elles une certaine différence de potentiel à cette différence de potentiel. Un isolant « idéal » entre les armatures (le vide, par exemple) ne laisse passer aucun courant quand cette différence est constante. Quand celle-ci varie, la charge des armatures varie dans le même sens et tout se passe comme si le condensateur était traversé par un courant. Si la tension est alternative et sinusoïdale, le courant est représenté par une courbe de même nature qui, avec un isolant « idéal », est décalée d'un quart de période (on dit qu'elle est en « quadrature »). Cette condition est très sensiblement remplie par les meilleurs isolants plastiques comme le polyéthylène.

La présence de matière isolante entre les armatures se traduit par le fait que la capacité du condensateur vide est multipliée par un facteur caractéristique de cette matière et que l'on appelle sa « constante diélectrique » ou encore son « pouvoir inducteur spécifique ». Cette constante diélectrique joue un rôle essentiel, non seulement dans l'étude des condensateurs proprement dits, mais aussi dans bien d'autres phénomènes, en particulier dans la propagation d'ondes électromagnétiques, soit directement par rayonnement à travers un isolant, ou le long de conducteurs en contact avec un isolant.

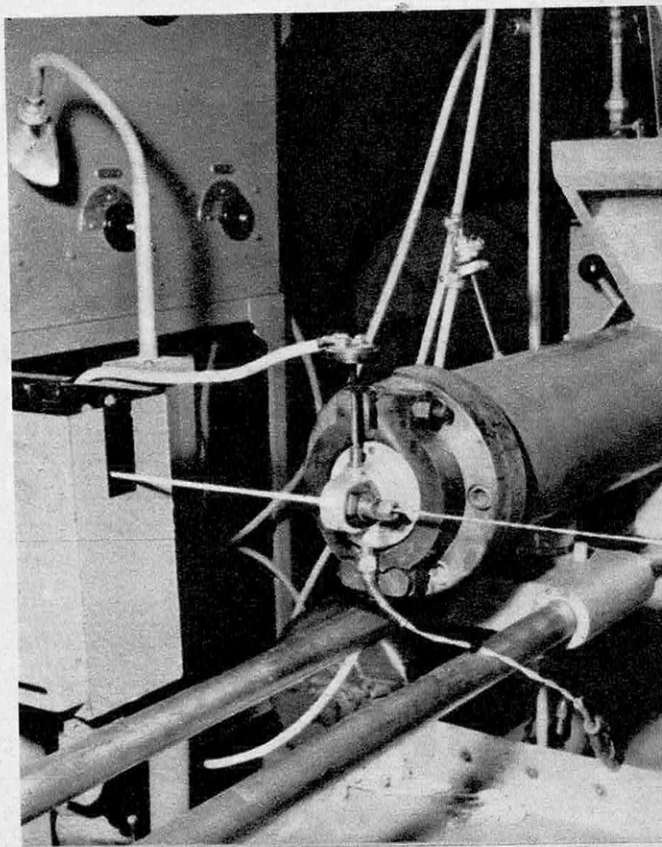
Nous allons voir que les meilleurs diélectriques connus ne remplissent jamais parfaitement les conditions d'un isolant « idéal ».

LE COURANT DE FUITE

Sous tension continue permanente, un condensateur réel a toujours ce qu'on appelle un « courant de fuite » entre les armatures, à travers le diélectrique. C'est du fait de ce courant qu'un condensateur abandonné à lui-même se décharge plus ou moins rapidement. On peut l'interpréter en admettant que l'isolant présente une conductibilité électrique au même titre que les substances considérées ordinairement comme conductrices (métaux, électrolytes), mais beaucoup plus faible. On caractérise cette propriété par la « résistivité », définie à l'aide de la loi d'Ohm bien connue des électriciens, et d'autant plus élevée que la matière est un meilleur isolant.

Le passage du courant ne se fait pas en général d'une façon uniforme à travers toute la masse de l'isolant, surtout s'il s'agit d'une matière plastique qui est rarement homogène. La plupart du temps, la zone superficielle est plus conductrice que l'intérieur sous l'effet de l'absorption d'humidité et aussi éventuellement de poussières conductrices provenant de l'air ambiant. Parfois ce peut être l'inverse, par exemple si l'isolant a été soumis à une dessiccation brutale peu auparavant, ou, dans le cas d'un produit thermodurcissable, si une cuisson insuffisante en a laissé l'intérieur incomplètement polymérisé. De toute façon, l'absorption d'eau, que ce soit en surface ou dans la masse, augmente considérablement la conductibilité et ceci explique pourquoi les produits cellulosiques qui, pour la plupart, sont sensibles à l'humidité, sont peu employés comme isolants.

Plus généralement, on admet que la très faible conductibilité des matières plastiques est due à des traces d'électrolytes occlus. C'est ainsi qu'on a pu améliorer considérablement la résistivité du chlorure de polyvinyle en lavant très soigneusement à l'alcool le polymère brut. Cette hypothèse rend compte également de la rapide augmentation de la conductibilité quand on élève la température ou quand on passe



On voit ici la tête d'une boudineuse pour le recouvrement en plastique d'un câble électrique. Au centre du cylindre, le thermocouple pour contrôle de température ; à gauche, la cuve de refroidissement.

d'une variété dure à une variété plus souple d'une même matière plastique. Les plastifiants sont d'ailleurs souvent des sources d'impuretés conductrices ; inversement, certaines charges peuvent avoir une action favorable sur la résistance grâce à leurs propriétés absorbantes.

DES MESURES DÉLICATES

Même faites sur des échantillons très homogènes et bien conditionnés, selon des méthodes spécialement étudiées pour éliminer l'influence des zones superficielles, les mesures ne permettent en général pas de définir la résistivité d'une matière plastique à beaucoup mieux qu'un ordre de grandeur près. Les valeurs trouvées dépendent quelque peu de la tension appliquée et surtout elles varient avec sa durée d'application. En outre, des mesures faites dans les mêmes conditions sur des échantillons de dimensions ou de formes différentes, donnent des valeurs différentes.

Quoiqu'il en soit, ces écarts ne sont pas assez considérables pour avoir une grande importance pratique. Quand il a affaire à un conducteur, un électricien a besoin de connaître sa résistance avec parfois une grande précision pour calculer l'intensité du courant qui le traverse ou la puissance qui y est dissipée. Au contraire, pour un isolant, il lui suffit en général de savoir que ce courant ou cette puissance restent très faibles.

Dans certains cas, il peut être intéressant de préciser le phénomène de conduction en surface signalé plus haut. On définit alors une nouvelle grandeur, la *résistivité superficielle* qui, beaucoup plus encore que la résistivité au sens ordinaire du mot (on précise parfois,

résistivité transversale), dépend du conditionnement et n'est caractéristique d'une substance que dans des circonstances bien définies.

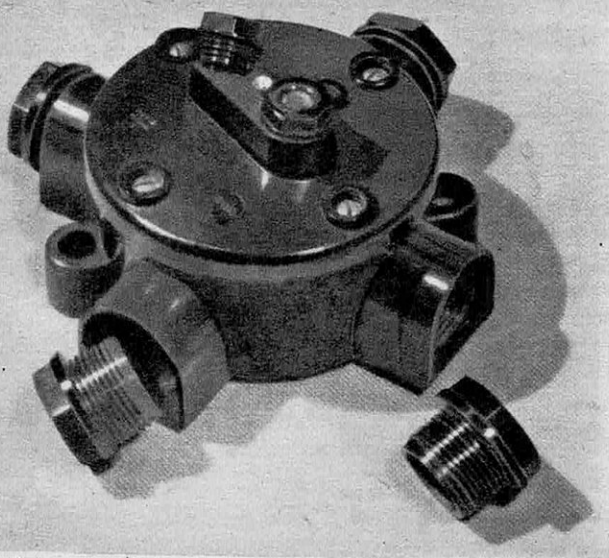
LES PERTES DIÉLECTRIQUES

Sous tension alternative, un condensateur réel se comporte comme un système formé d'un condensateur idéal monté en parallèle avec une résistance correspondant à la résistance de fuite. Pour une tension aux bornes sinusoïdale, le courant qui le traverse peut être considéré comme la somme de deux courants sinusoïdaux : l'un en quadrature avec la tension et l'autre en phase avec elle. On dit aussi que le courant total est la somme d'une composante « déwattée » qui ne dégage pas d'énergie dans le diélectrique lequel se comporte à son égard comme un isolant idéal, et d'une composante « wattée » qui y dégage de la chaleur comme elle le ferait dans un milieu conducteur. On peut rendre compte du courant total en attribuant à la matière à la fois une constante diélectrique, celle du diélectrique idéal correspondant à la composante déwattée, et une résistivité correspondant à la composante wattée. Celle-ci est toujours inférieure, et souvent de beaucoup, à celle qu'on mesure sous tension continue. Sous tension alternative, il apparaît donc un phénomène nouveau ; on le désigne sous le nom de « pertes diélectriques ». En raison de ce fait, les électriciens ont pris l'habitude de rendre compte de la composante wattée d'une toute autre façon, en introduisant ce qu'on appelle le « facteur de pertes ». Il exprime à la fois la conductibilité au sens ordinaire du mot (supposée être à toute fréquence la même qu'en courant continu) et les pertes diélectriques proprement dites. On peut d'ailleurs montrer que la première devient vite négligeable par rapport aux secondes dès que la fréquence s'élève tant soit peu.

HUMIDITÉ ET TEMPÉRATURE

Il est une impureté qui joue souvent un rôle très important en raison de sa constante diélectrique et de ses pertes très élevées : l'eau. Il suffit par exemple d'un séjour en atmosphère humide pour augmenter la constante diélectrique et les pertes de beaucoup de matières.

La température joue un rôle important car la constante diélectrique et les pertes peuvent varier avec elle, de la manière la plus variée, les pertes finissant toujours par augmenter à partir d'une certaine température.



← Ce moulage complexe et de grande précision en résine phénolique est une boîte de jonction pour câble sous-marin. Il demeure étanche aux grandes profondeurs.



La Fibre Diamond - Ciba

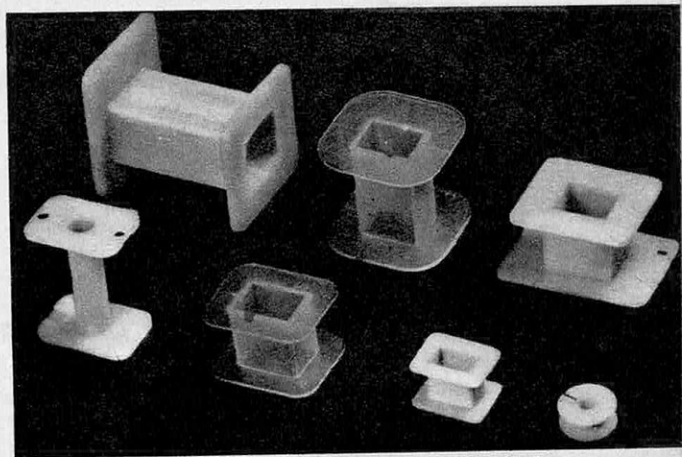
● Pièces diverses pour appareillage électrique, les unes en stratifié papier-résine crésol-formol, les autres en résines moulées mélamine-formaldéhyde et urée-formaldéhyde. A droite des carcasses de bobines pour enroulements électriques réalisées en polyamide Nylon.

Il faut enfin noter qu'en plus de l'effet des pertes propres du plastifiant et éventuellement de celles dues à l'hétérogénéité du mélange, la plastification d'une substance dure augmente ses pertes. Ainsi le chlorure de polyvinyle sous forme dure non plastifiée a, même à des fréquences assez élevées, des pertes faibles à température ordinaire, mais beaucoup plus importantes quand il est ramolli par la chaleur ou assoupli par des plastifiants.

LA RIGIDITÉ DIÉLECTRIQUE

Un autre aspect de la notion d'isolant doit retenir plus spécialement l'attention dans toutes les applications où interviennent des tensions élevées.

Une plaque d'isolant peut supporter indéfiniment une tension appliquée entre ses deux faces tant que le champ électrique (quotient de la tension par l'épaisseur de la plaque)



Rhodiacéta

reste faible. S'il est important, il se produit après un temps plus ou moins long (et même instantanément s'il est très élevé) ce qu'on appelle un « claquage » de l'isolant. Une ou plusieurs étincelles traversent ce dernier en détruisant la matière sur leur trajet; parfois même un arc s'amorce. Le phénomène peut être moins net avec des champs moins élevés et appliqués peu de temps: la plaque n'est pas perforée ou ne l'est que partiellement; on n'observe qu'une augmentation brusque du

courant, sans aller jusqu'au court-circuit franc entre les électrodes.

On caractérise la « rigidité diélectrique », c'est-à-dire l'aptitude d'une substance à résister au claquage, par le champ minimum nécessaire pour provoquer le claquage net d'une plaque de la substance dans des conditions bien définies : température, conditionnement préalable et épaisseur de la plaque, forme des électrodes, nature (continue ou alternative) et régime d'application de la tension. Mais les mesures expérimentales comportent toujours une assez forte dispersion et ne permettent que des comparaisons grossières. La rigidité dépend beaucoup des défauts d'homogénéité du diélectrique ; cela explique qu'elle diminue considérablement quand l'épaisseur de l'échantillon augmente ou quand il contient des charges.

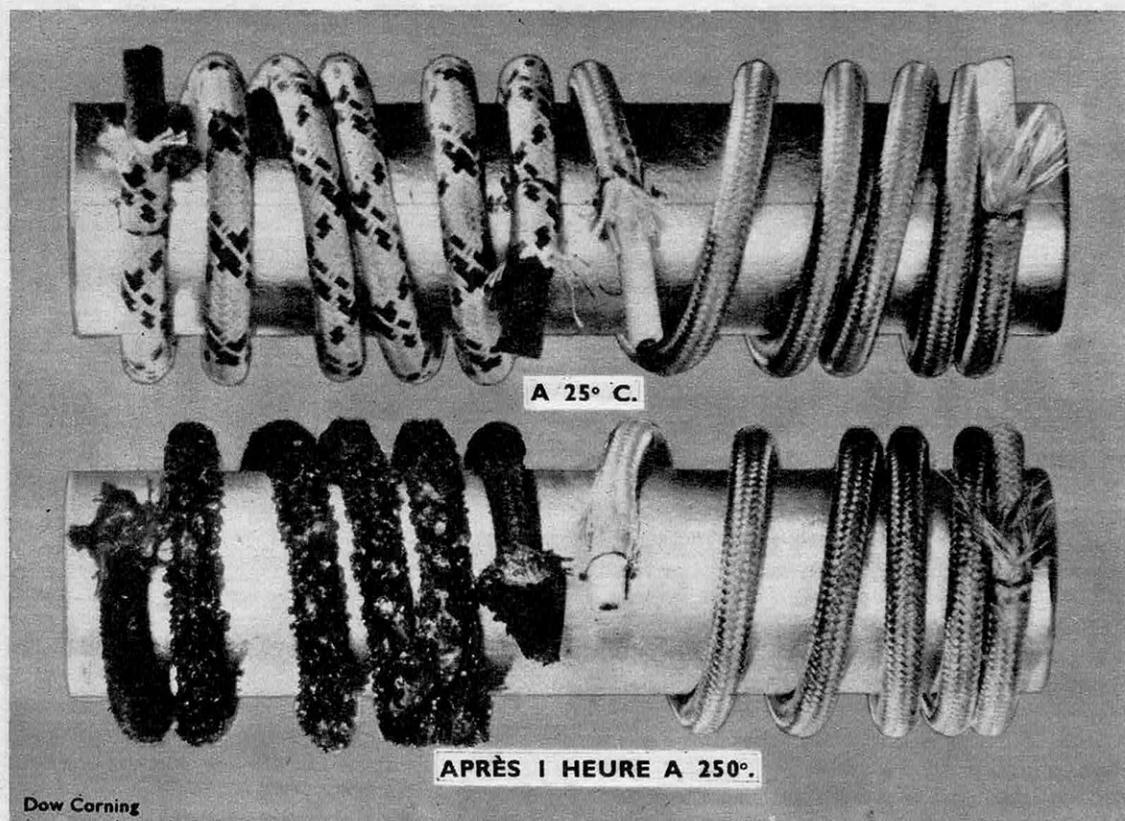
On groupe enfin sous le nom de « résistance au cheminement » un ensemble de propriétés définies par certains essais empiriques dont l'idée de base est que si la surface d'un isolant vient à être endommagée par une amorce de décharge, locale et accidentelle, ou par le passage d'étincelles ou d'un arc dans l'air à son voisinage, il y a intérêt à ce que les dégâts ne s'étendent pas et qu'il ne s'établisse pas un

défaut permanent d'isolement. Nous n'entrerons pas dans le détail des divers essais normalisés, dont chacun cherche à reproduire une des circonstances pratiques où le phénomène peut se produire.

LES ISOLANTS EXCELLENTS A TOUS POINTS DE VUE

Ces corps sont en petit nombre. Ils comprennent, parmi les matières plastiques proprement dites, le polyéthylène appelé aussi polythène, et certains corps qui ont une structure chimique analogue, tels le polytétrafluoréthylène et le polystyrène, appelé aussi polystyrolène ou polystyrol. (On pourrait s'attendre à voir figurer parmi eux un certain nombre de caoutchoucs naturels ou artificiels, mais en pratique seuls la gutta-percha et le polyisobutylène s'emploient assez purs pour présenter les propriétés voulues).

Ce sont tous des thermoplastiques. Ils sont utilisés en général à l'état pur et d'ailleurs ils se mélangent mal à d'autres substances. Ils sont très peu sensibles à l'humidité. Leurs résistivités transversale et superficielle sont toujours très élevées ainsi que leur rigidité diélectrique. La constante diélectrique est



● Le caoutchouc de silicone manifeste une remarquable résistance à la chaleur. Après une heure à 250° C,

l'isolement du câble ainsi recouvert n'a pas souffert, alors que celui en caoutchouc ordinaire a été détruit.

A gauche, une « paire » symétrique avec perles de polystyrène ; au centre, câble coaxial avec perles de polyéthylène ; à droite, câble à deux « paires » isolées au polyéthylène sous ruban de polystyrène. Les écrans de tresse métallique sont enrobés de polyvinyle.

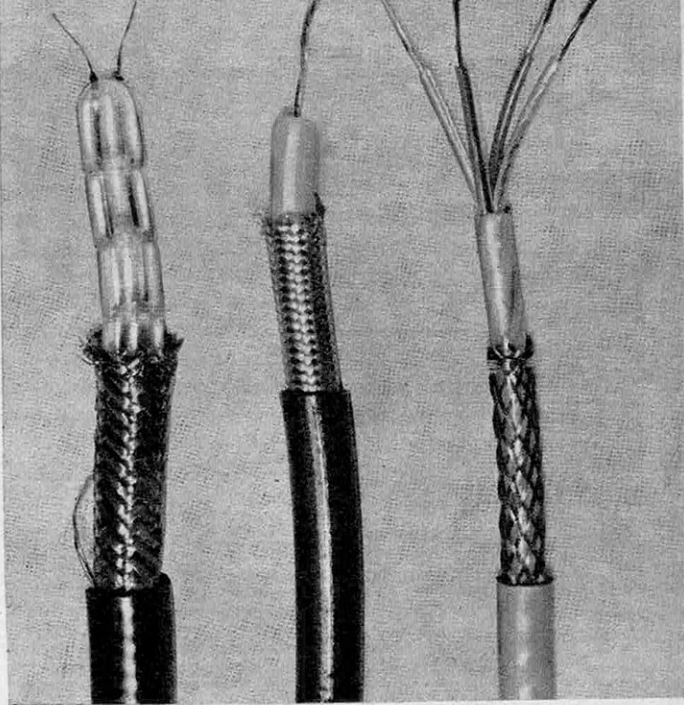
faible et varie d'autant moins avec la fréquence qu'elle est moins élevée. Les pertes diélectriques sont à peine décelables jusqu'à des fréquences très grandes pour le polytétrafluoréthylène et pour le polyéthylène, un peu plus élevées pour le polystyrène.

Ces matières sont surtout employées dans toutes les techniques où l'on utilise les hautes fréquences, c'est-à-dire essentiellement les télécommunications sous leurs diverses formes : télégraphie et téléphonie sur fil et sans fil ; radiodiffusion, télévision, radar. Dans ces emplois, il importe au plus haut point de disposer d'isolants à très faibles pertes et, en général, à constante diélectrique aussi faible que possible. C'est ainsi que le remplacement du caoutchouc par le polyéthylène comme isolant dans les câbles téléphoniques a permis de transmettre des courants de fréquence beaucoup plus élevée. Grâce à la technique dite des courants porteurs, on peut alors transmettre simultanément sur le même fil jusqu'à plusieurs dizaines de conversations.

CABLES COAXIAUX

Des progrès analogues ont été réalisés dans la construction des câbles dits coaxiaux. Ils sont constitués par un conducteur central situé dans l'axe d'un second conducteur tubulaire. L'espace intermédiaire est rempli partiellement ou totalement d'un isolant. De tels câbles sont utilisés comme câbles sous-marins, et pour transmettre des courants de haute ou très haute fréquence, pour la téléphonie sur courants porteurs et dans les installations de radiodiffusion, de télévision, de radar, etc.

L'idéal serait évidemment de n'interposer entre les deux conducteurs que de l'air dont les pertes sont sensiblement nulles. Mais il faut maintenir avec précision le centrage du conducteur intérieur, et de plus l'ensemble doit conserver une certaine souplesse pour suivre les mouvements imposés par la fabrication, l'enroulement sur tourets et la pose. Quand les efforts extérieurs ne sont pas trop violents, on s'efforce de maintenir le plus d'air possible entre les conducteurs en assurant le centrage du fil intérieur, soit d'une façon discontinue par des cales ou des perles isolantes, soit d'une façon continue par des fils ou rubans isolants enroulés en hélice. Dans ces deux cas on a beaucoup employé le polystyrène que le polyéthylène tend à remplacer.



L. T. T.

On peut aussi remplir complètement d'isolant l'espace entre les deux conducteurs. C'est ce qu'on fait en particulier dans les câbles sous-marins, soumis à des forces d'écrasement considérables par la pression de l'eau dans les grands fonds. On a employé très longtemps pour cet usage la gutta-percha. Mais elle est maintenant presque complètement supplantée par le polyéthylène dont les qualités diélectriques sont très supérieures. Un exemple tout à fait remarquable est le câble de plus de 3 000 km de long posé récemment entre les Iles du Cap Vert et le Brésil à des profondeurs dépassant presque partout 4 000 m. Avec de la gutta-percha il serait revenu près de 60 % plus cher et aurait eu une capacité de trafic inférieure d'au-moins 10 pour cent.

CABLES TÉLÉPHONIQUES

Le polyéthylène est également utilisé pour la construction de fils de câbles téléphoniques de modèle courant. Souvent on estime utile de le protéger à la fois contre les intempéries et contre les dégradations mécaniques par un autre isolant plus robuste comme le chlorure de vinyle. Il faut toutefois prendre garde que ce dernier ne contienne pas de plastifiant « migrateur » qui, passant à la longue dans le polyéthylène, augmenterait énormément ses pertes. On est d'ailleurs arrivé maintenant à produire des variétés de polyéthylène suffisamment dures pour ne plus risquer d'être endommagées facilement. Quant aux dégradations provoquées par la lumière solaire, on les évite en mélangeant une faible proportion de

noir de carbone au polyéthylène. Un tel mélange a des propriétés électriques sensiblement inférieures et n'est guère proposé que pour des revêtements extérieurs.

Le polyéthylène est aussi employé dans les câbles de puissance et dans les câbles pour très haute tension, en raison de sa rigidité élevée. Mais il ne faut jamais perdre de vue que c'est un produit très combustible. La présence d'une gaine extérieure en chlorure de polyvinyle diminue sensiblement le danger d'incendie pour un câble. De plus, le polyéthylène se ramollit sensiblement vers 100°. Il résiste cependant mieux à la chaleur que le polystyrène qui, dur et cassant à la température ordinaire, devient inutilisable vers 70 à 80°.

Le polytétrafluoréthylène, qui serait l'isolant idéal en haute fréquence, est encore assez peu employé à cause de son prix très élevé et de la difficulté qu'on a à le travailler. On réserve son emploi à des cas très spéciaux : isolements en très haute fréquence, ou devant supporter des températures très élevées, ou présenter

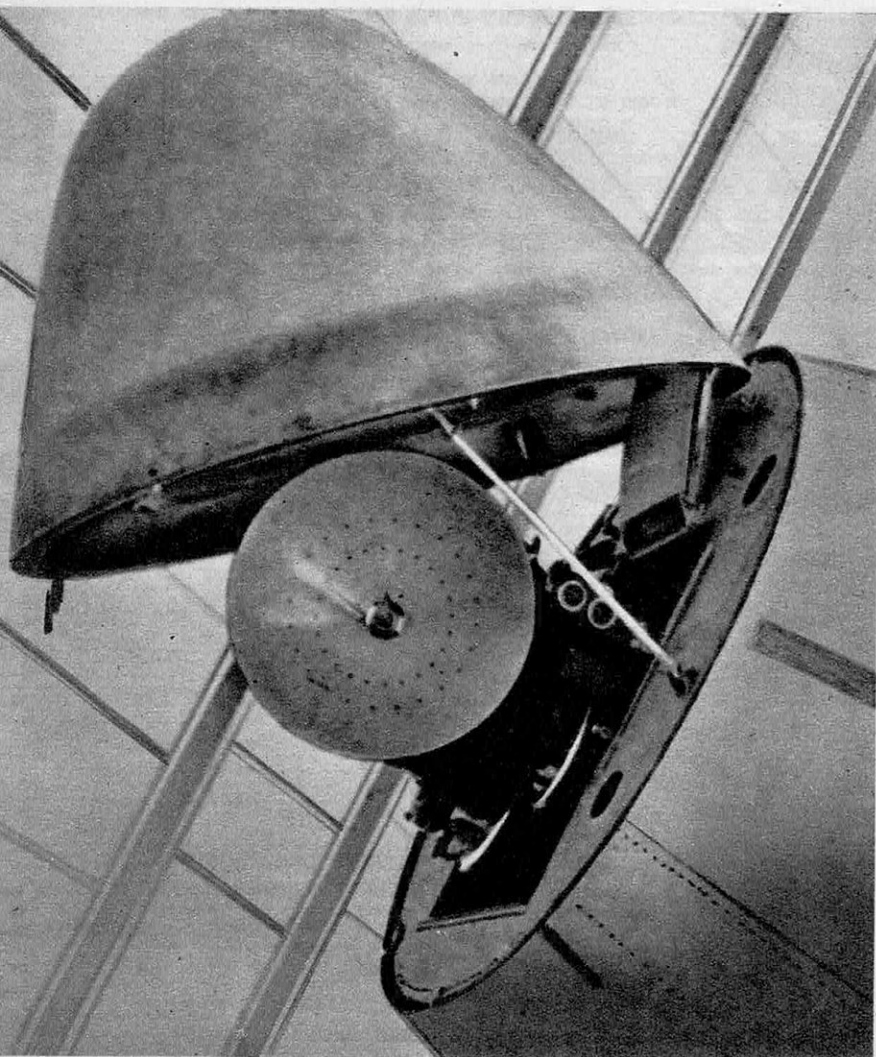
des garanties d'inflammabilité, comme à bord des avions.

Certains produits de la classe des silicones ont des propriétés électriques analogues. Mais il s'agit surtout de produits fluides, plus à rapprocher des huiles qu'à classer parmi les matières plastiques. On y compte aussi certains vernis, mais ces derniers agissent bien plus par leurs propriétés hydrofuges et leur résistance à la chaleur que par leur qualités diélectriques.

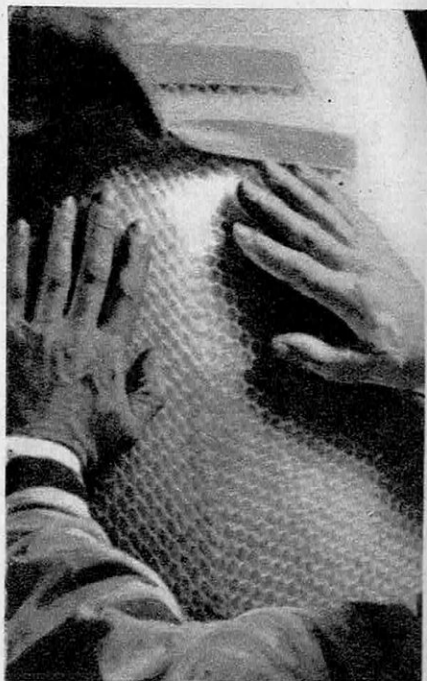
Quant aux caoutchoucs de silicones, ils présentent souvent des pertes très inférieures à celles de la plupart des caoutchoucs naturels ou artificiels, mais nettement supérieures à celles des isolants envisagés ici. On doit plutôt les inclure dans la classe suivante.

LES ISOLANTS ACCEPTABLES A FRÉQUENCE ASSEZ ÉLEVÉE

Nous grouperons dans cette classe des matières très diverses, dures, cassantes, absorbant peu l'humidité, dont beaucoup sont infusibles. Ce sont soit des thermodurcissables



● Les plastiques stratifiés à base de fibre de verre trouvent de larges applications en aviation, en particulier dans la fabrication de « radomes » à cause de leur grande transparence aux ondes courtes. On voit à gauche un « radome » du Bristol « Britannia » et à droite, trois phases de la confection d'une unité semblable pour le Bristol « Brigand » : constitution du moule, pose de tissu de verre, enduction de résine.

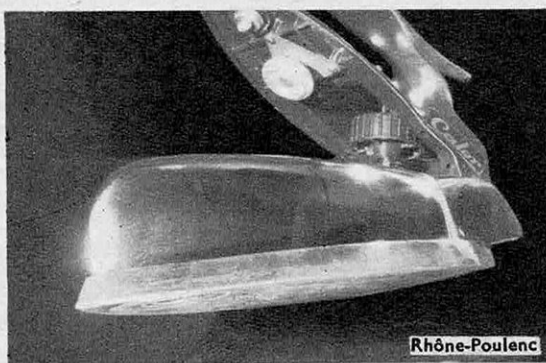


Bristol

au sens ordinaire (certaines résines phénoplastes coulées ou chargées de matières minérales à faibles pertes, poudre de mica, quartz, etc.), soit des produits faisant prise avec et parfois sans chauffage, par adjonction d'un catalyseur comme les résines éthoxylines (type Araldite) ou certaines résines de polyesters. Ces dernières sont de plus en plus utilisées pour enrober des pièces, voire même des circuits de radio, de façon à les protéger contre l'humidité et éventuellement les moisissures. Un autre exemple de leurs applications est la fabrication de « radomes », panneaux en fibres de verre imprégnées de résine qui, avec une grande résistance mécanique, présentent une bonne transparence aux ondes très courtes et sont utilisés en particulier à bord d'avions, pour protéger des installations de radar.

On compte souvent à tort parmi les thermocurcissables deux produits qui sont plutôt des thermoplastiques et qui présentent des propriétés très intéressantes du point de vue de leurs pertes diélectriques assez faibles et surtout de leur excellente tenue à la chaleur et de leur résistance au claquage et au cheminement qui les recommandent tout particulièrement pour les emplois en haute tension : les résines aniline — formol et le polyvinyl carbazole. Malheureusement ces produits ne sont pas fabriqués et sont relativement peu utilisés en France.

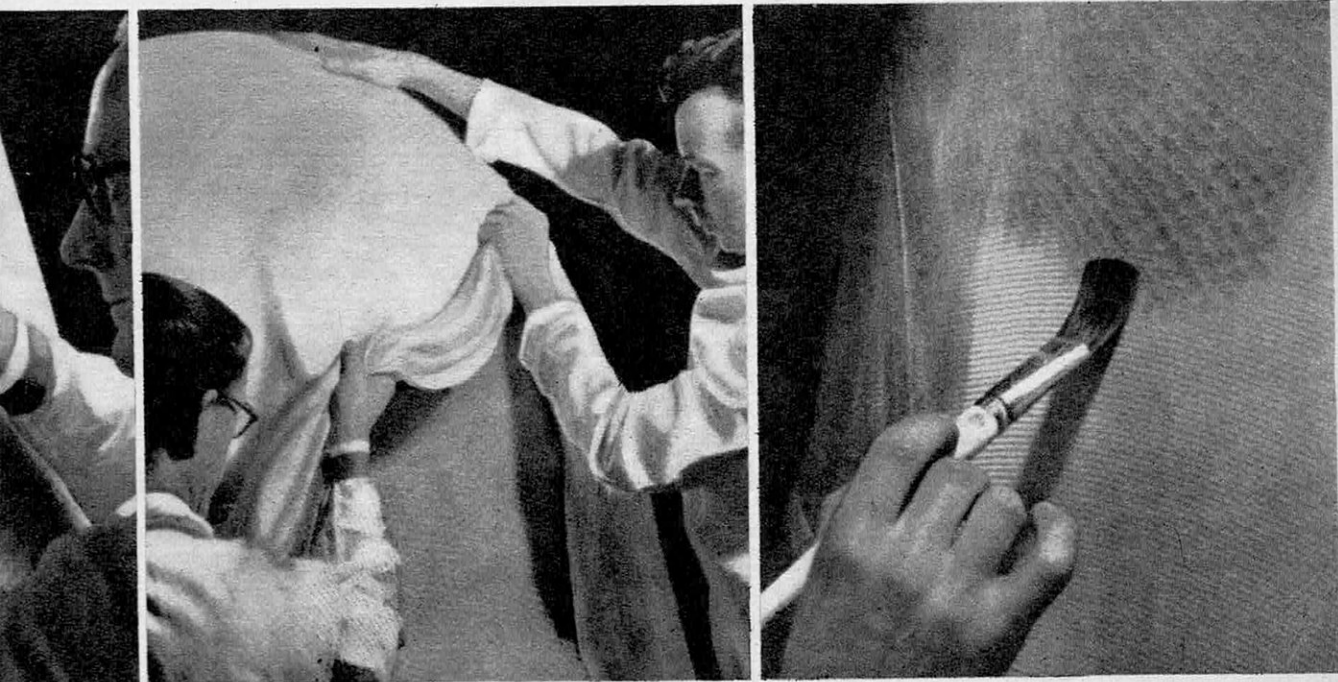
Enfin, parmi les produits considérés habituellement comme thermoplastiques, on peut citer le polyméthacrylate de méthyle (Plexiglas) et même, dans une certaine mesure, le chlorure de polyvinyle dur, non plastifié.

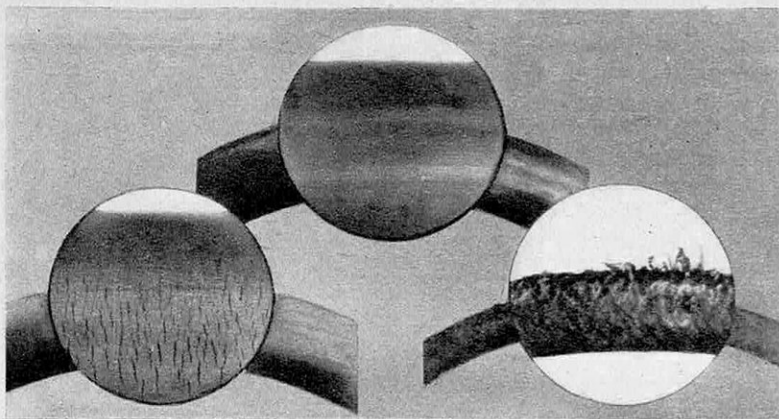


● Le joint de ce fer électrique a été réalisé en élastomère de silicone pour lui assurer une longue résistance à la vapeur d'eau sans diminution de l'isolement.

Toutes ces matières, surtout les premières citées, sont souvent utilisées en haute fréquence pour fabriquer des pièces dures qui, sans servir à proprement parler d'isolants ou de diélectriques (auquel cas on préfère employer le polystyrène), se trouvent néanmoins dans des champs de haute-fréquence parfois très intenses comme dans certains émetteurs de radio. Des isolants ordinaires risqueraient alors de s'échauffer et on pourrait même craindre des risques d'incendie.

Signalons aussi l'emploi de résines phénoplastes pour agglomérer tout en les isolant les uns des autres les grains de poudre de fer employés dans les « pots » de self en téléphonie et en radio. Dans un ordre d'idées analogue on peut aussi citer les substances anti-radar utilisés





Safic - du Pont de Nemours

● Ces photographies illustrent bien la résistance du caoutchouc synthétique Néoprène aux intempéries. Après six années d'exposition aux agents atmosphériques sur un toit, la gaine d'une canalisation électrique en Néoprène (au centre) n'accuse aucune usure anormale, alors que le caoutchouc ordinaire (à gauche) manifeste des craquelures; quant à la tresse classique en coton imprégné (à droite) elle est pratiquement désagrégée.

pendant la guerre pour camoufler, sinon les sous-marins dans leur ensemble, au moins leurs périscopes. Il s'agissait des mélanges de caoutchouc et de poudre de fer grâce auxquels on obtenait un ensemble convenable de propriétés électriques (isolantes) et magnétiques.

ISOLANTS MOYENS POUR L'ELECTROTECHNIQUE COURANTE

Ils comprennent la plupart des matières plastiques, de compositions et de types les plus variés : thermodurcissables (la plupart des phénoplastes et aminoplastes), thermoplastiques (chlorures, chloroacétates, acétates et acétals de polyvinyle, polyamides, etc.), dérivés cellulosiques divers, polyesters, caoutchoucs naturels et de synthèse, etc. Tous ces produits ont non seulement des pertes élevées en haute et parfois même moyenne fréquence, mais encore le plus souvent une certaine hygroscopicité. De plus, on leur mélange en général des charges, colorants, stabilisants et autres adjuvants dont l'effet sur les propriétés électriques peut être très important.

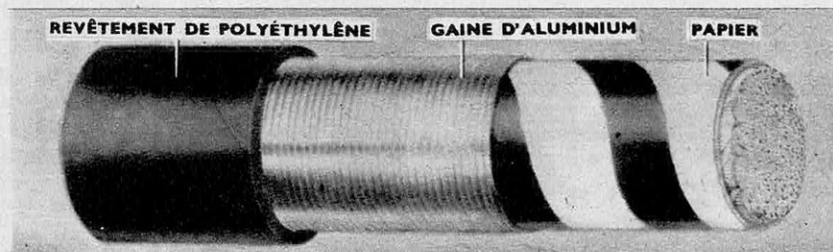
Il n'est guère de matière plastique de ce type pour laquelle n'existent des usages dans l'industrie électrique quand ni la fréquence ni la tension ne sont élevées.

Parmi les produits thermodurcissables, on emploie les phénoplastes de préférence aux aminoplastes, moins bons isolants. Nous avons

indiqué qu'ils ont en grande partie supplanté l'ébonite pour la fabrication de panneaux et supports isolants. Pour l'imprégnation d'enroulements isolants (moteurs, génératrices, transformateurs), on continue largement à utiliser des vernis polymérisables du genre des vernis gras à côté de phénoplastes ou de résines de polyesters. Le papier et le carton imprégnés, surtout de résines phénoplastes, continuent à être très employés.

Parmi les thermoplastiques, les polyamides sont utilisées malgré leur hygroscopicité et leur prix de revient élevé pour moulage des supports et pièces diverses de forme un peu compliquée. On a tenté souvent, mais jusqu'ici sans résultats pleinement satisfaisants en raison de leur mauvaise tenue aux intempéries, de les employer pour des gaines ou enveloppes souples de câbles. Dans cette dernière application, le chlorure de vinyle concurrence de plus en plus le caoutchouc naturel sur lequel il présente certains avantages aux points de vue résistance aux intempéries, ininflammabilité, facilité de coloration, etc. Malheureusement, dès 50 à 60° C, ses propriétés deviennent souvent bien mauvaises.

La valeur élevée des pertes en haute fréquence, loin d'être toujours défavorable, peut faciliter la mise en œuvre d'isolants de ce type. C'est ainsi qu'on peut cuire très rapidement des produits thermodurcissables dans un four haute fréquence ou souder facilement un produit souple, comme un chlorure de poly-



Bakelite Co

● Dans un câble téléphonique à très nombreuses « paires » maintenues par un enroulement de papier, la gaine d'aluminium est recouverte de polyéthylène extrudé très résistant à l'abrasion, aux agents chimiques, présentant une grande flexibilité.

vinyle, dans une machine appropriée, entre deux mâchoires entre lesquelles est établie une tension haute fréquence.

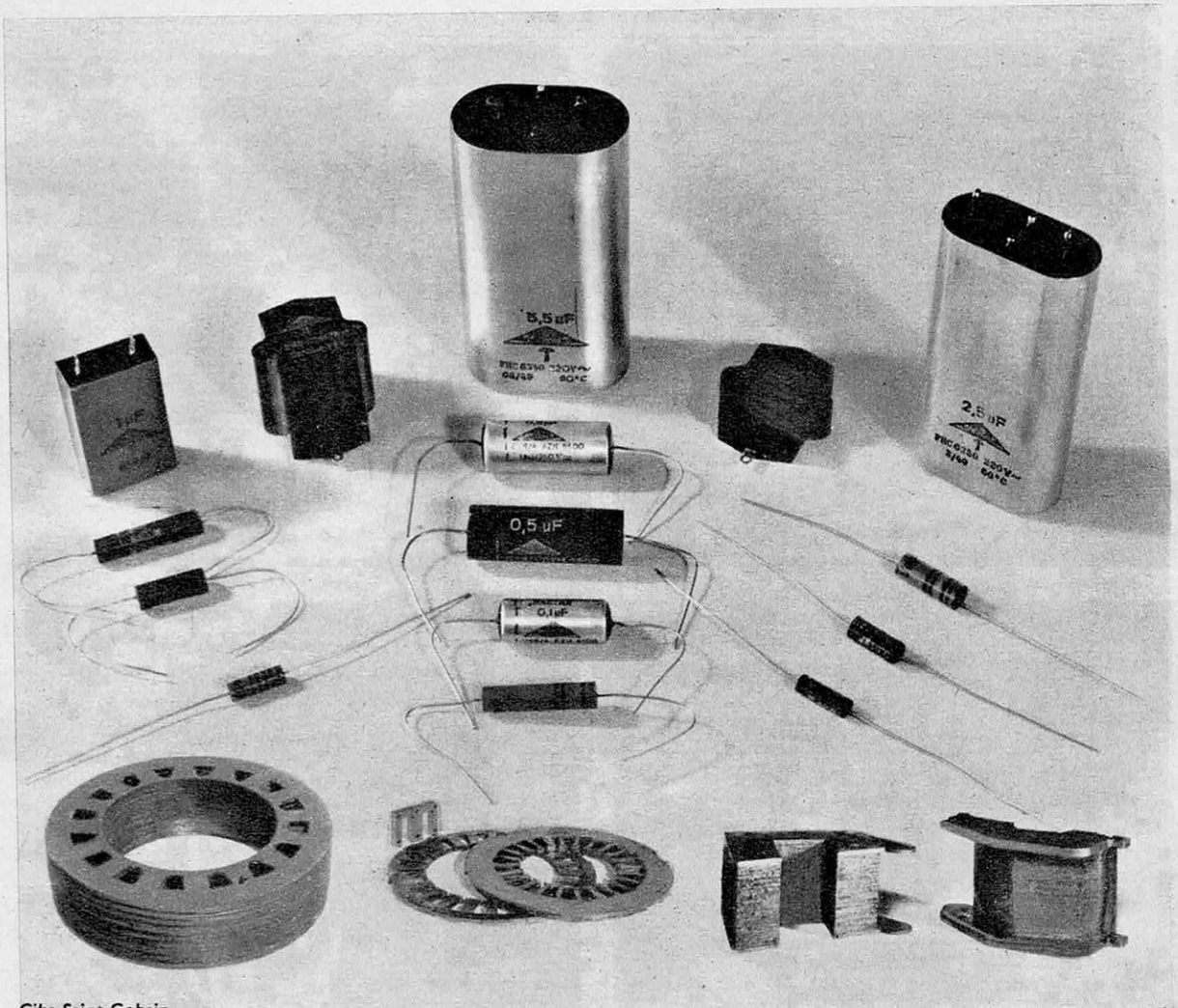
LES PLASTIQUES CONDUCTEURS

Certains produits durs (aminoplastes ou phénoplastes), flexibles (acétochlorures de polyvinyle) ou élastiques (Néoprène) ont par eux-mêmes de mauvaises qualités isolantes. Si on peut arriver à améliorer leur résistivité grâce à des charges et adjuvants convenables, il peut être au contraire intéressant de les rendre franchement conducteurs en les chargeant avec des poudres conductrices (certains noirs de carbone graphités ou, plus rarement, des poudres métalliques). Ils ont reçu quelques applications intéressantes, en particulier pour

l'élimination des charges statiques dans les tuyaux de pompes à essence, les courroies de transmission, les pneus d'avions, etc. On a aussi fait des gaines conductrices qui remplacent avantageusement la protection électrique par tresse métallique dans certains câbles (câbles de mine). On a proposé récemment en France d'utiliser dans divers dispositifs (pick-up, appareils de mesure, etc.) les variations de résistance au contact entre un morceau de caoutchouc et une électrode métallique.

On peut aussi joindre à ces applications celles des résines phénoplastes pour agglomérer des poudres conductrices de carbone dans la fabrication de balais et frotteurs de machines tournantes, de charbons d'arc, etc.

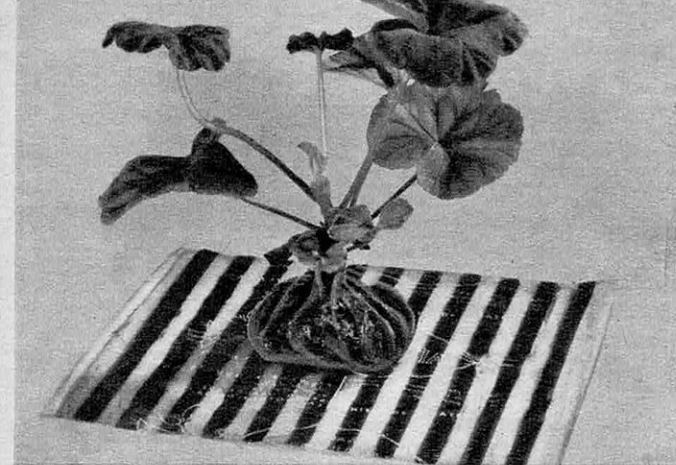
P. Gréoux.



Ciba-Saint-Gobain

● Les nouvelles résines éthoxylines présentent d'intéressantes qualités à la fois mécaniques et diélectriques. Parmi les produits commerciaux de ce type,

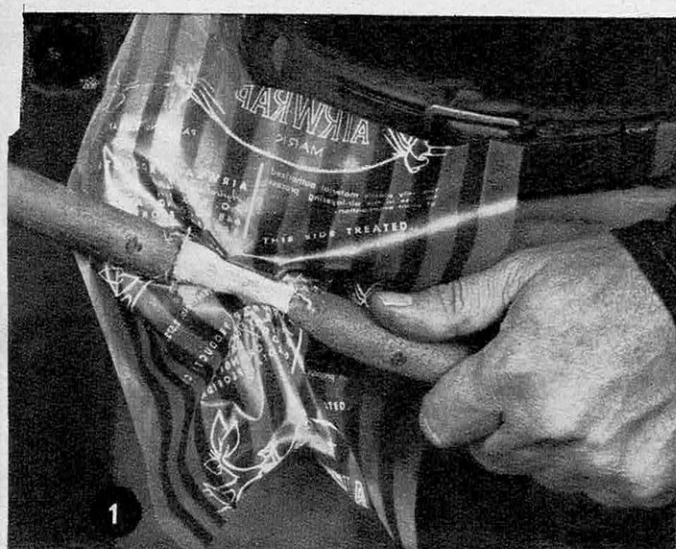
les Araldites trouvent de larges applications pour le collage des tôles d'induits ou de noyaux de fer doux et comme masses de remplissage de condensateurs.



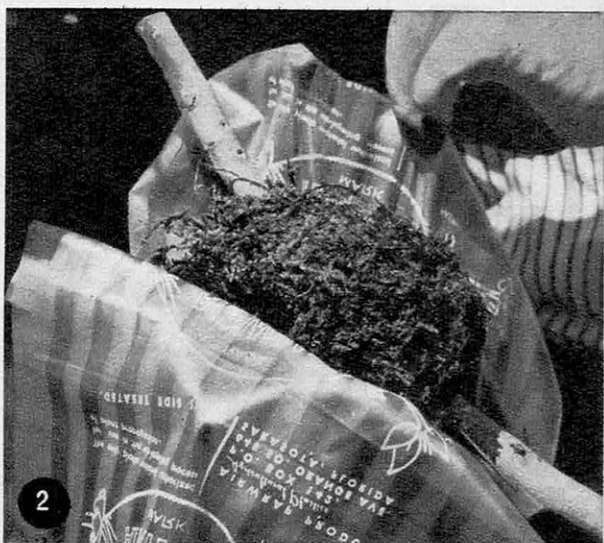
Airwrap Agri-Plast Co

● Des boutures sont obtenues en entourant de mousse humide la cassure d'un rameau. L'ensemble est posé sur une feuille de chlorure de vinyle enduite d'hor-

mones de croissance. Puis la feuille plastique rabattue forme une poche autour de la mousse, conservant l'humidité et permettant la respiration des tissus.



1



2



3

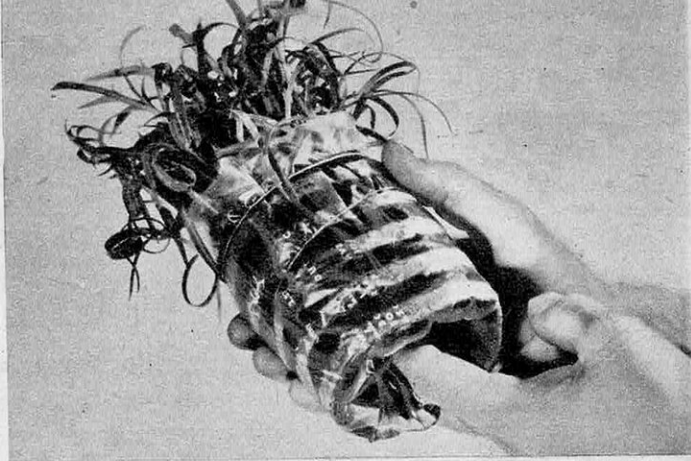


4

Airwrap Agri-Plast Co



Airwrap, Agriplast Co



● Les mêmes feuilles de plastique permettent de conserver dans un état de fraîcheur remarquable les jeunes plants pour le stockage ou le transport. Les

plants sont disposés côte à côte, leurs extrémités alignées suivant une médiane de la feuille. Celle-ci est alors repliée, enroulée et ficelée par un élastique.

MATÉRIAUX NOUVEAUX au jardin et aux champs

L'agriculture englobe des activités diverses : agriculture proprement dite ou grosse production végétale, horticulture et culture maraîchère, élevage ou production animale, arboriculture, viticulture, sylviculture, qui toutes, visant à l'entretien, au développement et à la multiplication de la vie, ont d'essentiels besoins communs d'eau, de lumière, de chaleur.

C'est surtout dans ce sens que les matières plastiques ont pu servir l'agriculture, plus particulièrement en ce qui concerne les transports d'eau et de liquides ainsi que la rétention de l'humidité pour circonscrire une atmosphère saturée, parfois lumineuse. A cela s'est ajouté un rôle de protection du travailleur, contre les liquides, les frottements et les chocs.

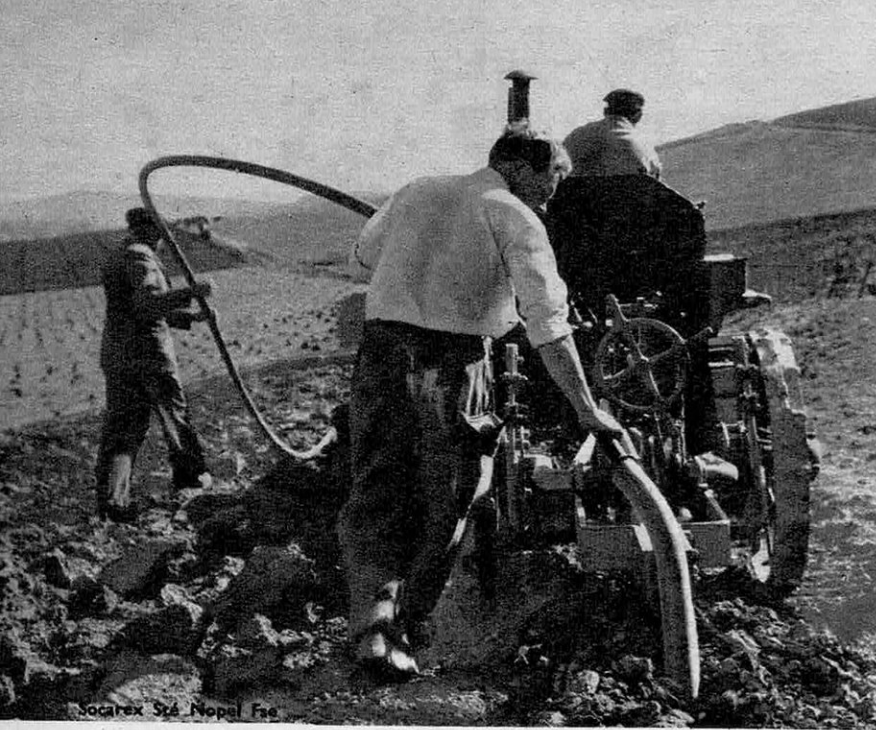
← Une feuille de plastique enduite sur une face d'hormones activant la croissance des racines permet d'obtenir en deux mois un jeune arbre par marcottage. Une branche de l'arbre « mère » est grattée ou entaillée, frottée avec les produits déposés sur la feuille plastique (1), entourée de mousse (2) et emmaillottée avec le film (3). Les racines ne tardent pas à se développer, on sectionne la branche et on la plante (4).

Enfin, au-delà des plastiques, certains sous-produits de leur fabrication semblent appelés à jouer un rôle considérable en agriculture pour le conditionnement et la stabilisation des sols. C'est le cas du *Krilium*, polyuronide dérivé du Nylon, qui, sans valeur fertilisante propre, améliore grandement le processus naturel biochimique de la fertilité, en modifiant la granulométrie de la terre arable de la même façon que l'humus, par son pouvoir collant qui agglutine les particules minérales.

L'imperméabilité, la résistance à l'absorption des liquides, sont les caractéristiques qui limitent le choix des matières plastiques destinées aux usages agricoles. Il s'y ajoute parfois la perméabilité aux gaz, la transparence. Les matières les plus couramment employées sont le chlorure de polyvinyle, le méthacrylate, le polyéthylène, accessoirement le Plexiglas.

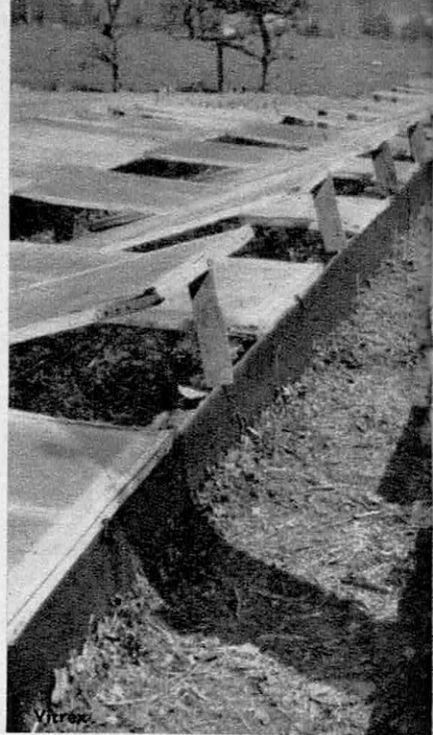
D'autres matières sont employées à l'étranger. Le Service des forêts de Floride, pour irriguer une pépinière lui appartenant, a utilisé des tuyaux en copolymères de styrène, pour une valeur de 20 000 dollars.

L'amenée et la distribution d'eau potable, et même non potable quand il s'agit d'irrigation,



Socorex S.A. Nopel Frs

● Ce tuyau en polyéthylène est posé sans tranchée à la charrue sous-soleuse. Guidé par le tube métallique, aucun effort du tracteur ne s'exerce sur lui.



Vitrex

● Ces châssis de couche sont couverts de feuilles d'acétate de cellulose armées

dans tous les villages, hameaux, écarts, fermes, points d'utilisation, est le problème capital en France pour l'avenir, la productivité et le rendement de l'agriculture. Sa solution rapide, parce qu'économique, réside dans l'emploi généralisé du tuyau de matière plastique semi-rigide, dont les diamètres actuels en France ne conviennent pas pour les artères principales des adductions, mais suffisent d'autant mieux aux hameaux, écarts et fermes, que leur débit est accru de 25 % par rapport aux autres tuyaux, en raison de leur âme parfaitement lisse. Aux États-Unis, on fabrique maintenant des tuyaux en polyester armé de grand diamètre. Ces tuyaux sont aussi employés pour les tubages de puits artésiens.

PIPE-LINES PLASTIQUES POUR L'AGRICULTURE

L'économie résulte d'abord de la légèreté et de la présentation en bobines, qui facilitent le transport et en réduisent le coût. Ensuite de la technique de pose, très appropriée aux conditions rurales, qui n'exige aucune opération spécialisée, ni soudure, ni filetage, les raccords distants de 150 à 200 mètres s'effectuant sur boisseaux bi-tronconiques par colliers de serrage ou très simplement à collet-battu. Enfin, ces tuyaux, dans la plupart des terrains, peuvent s'enterrer à 80 cm de profondeur au moyen d'une charrue-taube tirée par un tracteur suffi-

samment puissant, ce qui supprime la plus grande part des frais élevés de terrassement.

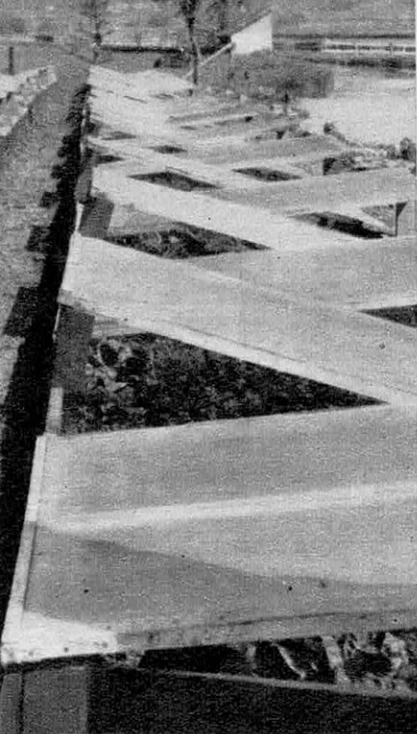
Le tuyau plastique semi-rigide résiste dans la terre, comme hors de terre, à toutes les pressions ou corrosions et sa durée paraît considérable, l'expérience étrangère en fait foi. Il se prête à tous les raccordements et à toutes les distributions, celles-ci étant réalisées avec la plus grande facilité suivant les tracés complexes des bâtiments anciens et jusque dans les herbages. Enfin, les tuyaux plastiques souples permettent de raccorder les prises d'eaux aux appareils automatiques d'arrosage de l'horticulture et à ceux d'irrigation par aspersion, dont l'usage devient courant en agriculture.

Il est même question de tuyaux semi-rigides perforés régulièrement de trous, destinés à pourvoir aux besoins du drainage et de l'irrigation souterraine.

À la ferme, les tuyaux plastiques semi-rigides et souples servent, dans des qualités particulières de « pipe-lines », pour le transport du vin et, comme dans certaines exploitations étrangères, du lait.

Le vignoble de Moët et Chandon, à Ay, a été équipé avec ces tuyaux enterrés pour le transport automatique, aux points de chargement des pulvérisateurs, des solutions cupriques destinées à combattre le mildiou. La première tranche de l'installation a donné de tels résultats qu'elle vient récemment d'être étendue.

Citons encore l'utilisation des tuyaux plasti-



Monsanto Chemical Co

de fil d'acier, très légères et résistantes, perméables au rayonnement ultra-violet.

● L'examen périodique d'une meule abritée sous une housse de chlorure de vinyle. Elle a été couverte en été, et a pu passer tout l'hiver sans altération.

ques dans les pulvérisateurs et pour la distribution des gaz propane et butane très employés à la ferme.

NOUVELLE MÉTHODE DE MARCOTTAGE

En 1947, en Floride, le Colonel Grove reconnut que le film transparent de polyéthylène était la matière idéale pour confiner l'atmosphère saturée d'humidité dans les conditions les plus propices à la vie végétale. L'idée fut reprise en 1950 par John Creech du Département Fédéral de l'Agriculture qui, avec plein succès, multiplia des rhododendrons par enracinement dans l'air sous film plastique.

On sait que les rameaux coupés de quelques plantes, par exemple les lauriers roses, émettent des racines dans l'eau pure, en présence des rayons solaires. D'autres espèces au contraire ne supportent pas ce traitement, qui les fait pourrir, et ne se prêtent pas davantage au bouturage en pleine terre. La technique nouvelle réalise le marcottage ou le bouturage, suivant les espèces, non plus dans l'eau ni dans la terre, mais dans une atmosphère saturée sous film permettant l'accès de la lumière, en présence d'une hormone artificielle, du type « rootone », qui favorise l'émission de racines.

Le marcottage s'exécute sur une tige ou branche du pied mère. Celle-ci, au point choisi, est grattée ou entaillée pour application ou

insertion de la petite quantité d'hormone en poudre qui rendra les tissus spongieux. La blessure ainsi traitée est entourée d'un pansement de mousse humide du type sphaigne, lui-même inclus dans une feuille de film spécial, transparent, imperméable à l'eau, mais poreux cependant aux gaz oxygène et carbonique. Deux ligatures élastiques l'assujettissent sur la tige en haut et en bas. Au bout de quelques jours, semaines ou mois, suivant la nature du végétal, les racines poussent et sont bientôt assez importantes pour assurer la reprise. Il n'y a plus qu'à démailloter, sectionner au-dessous et planter. Ce procédé permet d'obtenir des plants qui par semis auraient exigé cinq ou dix ans pour atteindre cette taille.

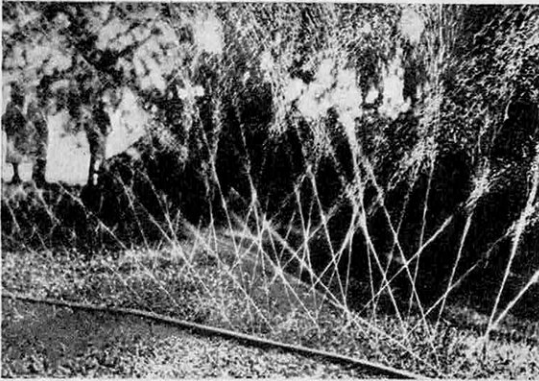
LE BOUTURAGE

La technique du bouturage n'est pas différente. Les grosses boutures sont faites individuellement comme les marcottes. Pour les petites boutures, après qu'elles ont été détachées des plantes mères, la section est poudrée d'hormone. Puis, le film étant posé sur une table, on le recouvre de mousse humide, sur quoi les boutures sont rangées, leur pied s'alignant au milieu de la feuille. Celle-ci est alors repliée. On roule le paquet en botte et une seconde feuille empêche l'évaporation par les feuilles.

Pour les mêmes raisons, le film aide aux germinations délicates, qui s'effectuent en pots ou



Andrews Union Carbid



terrines. Le film est tendu au-dessus du semis, sur l'orifice, et fixé par un anneau élastique, comme la peau d'un tambour.

TRANSPORT DES PLANTS

De la même manière, le film plastique est un auxiliaire précieux pour le transfert des plants, dont il assure la parfaite conservation et reprise en dépit de longs transports. Toutes les entreprises d'horticulture et de pépinière de premier ordre l'ont adopté. En employant sous film de la mousse stérilisée et de l'eau distillée, il devient possible d'expédier des végétaux dont les racines sont complètement débarrassées de terre, comme l'exigent les règlements phytosanitaires de nombreuses nations.

Une curieuse application consiste à envelop-

← Ce tuyau d'arrosage en chlorure de vinyle est constitué par deux tubes soudés et percés de trous. Vide, il est plat comme un ruban et s'enroule sans effort sur un moulinet très léger. Alimenté à la pression ordinaire de l'eau, il arrose une largeur de plus de 6 m.

per des plantes sous film, toujours dans la mousse qui maintient l'humidité autour des racines, pour les entreposer dans un frigorifique. Sans qu'elles subissent aucune altération, leur vie se trouve ralentie et, le moment venu, en les replaçant dans des conditions de vie active, voire forcée, la floraison ou la fructification est obtenue à jour fixe.

MATURATION DES FRUITS CULTURES SANS SOL

Le film plastique, par ses qualités, semble appelé à jouer un rôle important dans la protection et la maturation des fruits sur l'arbre. Il constitue évidemment le plus merveilleux des sacs « cristal », infranchissable à l'eau et aux insectes, pénétrable à la lumière et à la chaleur qu'il accumule, autorisant les échanges gazeux indispensables.

Les Britanniques ont utilisé le polyéthylène pour la fabrication de « tables d'eau » ou bacs destinés à la culture des tomates sans sol ou sur support stérile de gravier. Le contrôle de la végétation serait facilité.

Des liens en matières plastiques sont destinés au ligaturage des plantes sur tuteurs. Leurs avantages sont qu'ils s'attachent facilement sans perte de temps et qu'ils ne servent pas d'abri à l'humidité et aux cryptogames dont elle favorise la croissance.

VÊTEMENTS PROTECTEURS

Les fermiers américains emploient largement les gants en matière plastique souple soudée électriquement, leurs compagnies d'assurance leur ayant imposé la sage précaution de travailler gantés. L'agriculture étant devenue une industrie qui emploie de plus en plus des produits chimiques toxiques ou corrosifs sous forme de solutions et de poudres, aura intérêt à utiliser de plus en plus les tabliers et survêtements en plastique, employés dans les industries où on manipule des produits toxiques.

Enfin le Plexiglas convient particulièrement pour les pare-brise et vitres latérales des cabines destinées à protéger les conducteurs de tracteurs agricoles, en raison de son peu de fragilité et de l'obligation faite par le code de la route d'employer des matières transparentes n'empêchant pas la visibilité en cas de bris.

J. Engelhard

ingénieur technique d'Agriculture

Cette bibliographie établie d'après le stock d'ouvrages sélectionnés de notre librairie, ne représente qu'une partie des ouvrages figurant dans notre catalogue général (3^e édit. 1954).

OUVRAGES GÉNÉRAUX

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE CHIMIE GÉNÉRALE, A LA LUMIÈRE DES THÉORIES MODERNES (Pascal P.).

Evolution des idées sur la nature de la matière. La structure lacunaire et discontinue des choses. Structure de l'atome matériel. Modification de la structure nucléaire. Structures moléculaires et ioniques. Macro-structures. Mécanisme du groupement des atomes et des ions. La cinétique chimique. Evolution et équilibre des systèmes chimiques. Représentation graphique des systèmes. Etude particulière des solutions liquides. Systèmes dispersés. 550 p. 16 x 24, 243 fig., 7 pl. hors-texte documents fotogr., 1953. **3.600 »**

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE (Karrer P.). Traduit de la 10^e édition allemande par P. Grandjean. **Composés aliphatiques.** Hydrocarbures et composés à une fonction monovalente, divalente, trivalente. Composés à fonctions tétravalentes. Composés à deux fonctions. Composés renfermant trois fonctions ou davantage. **Composés carbocycliques.** Composés aromatiques : hydrocarbures et dérivés à une fonction monovalente : composés à fonctions divalentes et trivalentes ; dérivés pyroniques, colorants indigoïdes ; quinones. Composés alicycliques. **Composés hétérocycliques.** Composés hétérocycliques simples à caractère plus ou moins aromatique. Alcaloïdes. **Composés organiques renfermant de l'hydrogène lourd et de l'oxygène lourd.** Tableaux. 960 p. 16x25, 1948, relié **5.600 »**

PRÉCIS DE CHIMIE ORGANIQUE (Grignard V. et Colonge J.). Hydrocarbures : hydrocarbures aliphatiques, hydrocarbures cycliques. Dérivés halogénés des hydrocarbures. Composés organométalliques. Fonction alcool. Fonction phénol. Thioalcools et thiophénols. Fonction aldéhyde. Fonction cétone. Glucides. Fonction cétène. Fonction acide. Fonction amine. Enchaînements carbone-azote non saturés. Enchaînements azotés. Fonction amide. Protides. Composés organiques du silicium. Silicones. Cycles hétérogènes. 896 p. 16x24. 3^e édit. 1949 **3.500 »**

LES GRANDES FONCTIONS DE LA CHIMIE ORGANIQUE ET LEURS PRINCIPALES APPLICATIONS (Willemar A. et Chauv R.). Hydrocarbures. Hétérocycles. Dérivés halogénés. Nitriles. Dérivés organo-métalliques. Dérivés organo-métalloïdiques. Dérivés nitrés, sulfonés. Alcools. Esters. Phénols. Ether-oxydes. Thioalcools ou mercaptans. Thiophénols. Thioéthers ou sulfures. Aldéhydes. Cétones. Acétals. Quinones. Glucides. Amines. Diazoïques et azoïques. Acides. Amides. Imides. Alcaloïdes. Enzymes, vitamines, hormones. Antibiotiques naturels. 880 p. 16x25, nbr. fig. hors texte, 1952, relié toile **5.800 »**

PLASTIQUES ARTIFICIELS ET RÉSINES SYNTHÉTIQUES (Main W. et Chaplet A.). Agglomérés de sciure, de liège. Bakélite et autres phénoplastes. Celluloïd et substituts. Galalithe et autres plastiques casinés. Ebonite. Fibre. Pollopas et autres aminoplastes. Papier maché et carton-pierre. Polyamides. Plexiglas, rhodoid et autres acétocelluloses. Vinylites et autres plastiques vinyliques, etc. 257 p. 14x21,5, 40 fig., 1952 **1.500 »**

MATIÈRES PLASTIQUES. Les principales matières plastiques, caractéristiques et utilisations (C.T.E.O.), par un groupe d'ingénieurs. Galalithe. Celluloïd. Acétate de cellulose. Résines vinyliques, acryliques Phéroplastes. Aminoplastes. Polyéthylène et Polystyrène. Matières stratifiées. Silicones. Ebonite Super-polyamides. 294 p. 13,5 x 21, 35 fig. 1953. **1.500 »**

LE PRÉSENT ET L'AVENIR DES MATIÈRES PLASTIQUES (Delorme J.). Fabrication des matières plastiques. Utilisations des matières plastiques. 300 p. 16 x 23, 40 fig. 2^e édition entièrement revue et augmentée. 1954. **1.200 »**

MATIÈRES PLASTIQUES POUR USAGES INDUSTRIELS (Plastics for Industrial Use) (Sasso J.). Traduit par Robert Desvarreux-Larpenteur, ing. des A. et M. 242 p. 14 x 22, 97 fig., 45 tabl., 1947. **770 »**

INTRODUCTION A L'ÉTUDE DES MATIÈRES PLASTIQUES (Meyer M.). Elaboration et propriétés. Constitution chimique. Charges et plastifiants. Essais. Tableaux des diverses matières plastiques. Mise en forme. Choix d'une matière plastique. Adhésifs. Applications. 150 p. 14 x 22, 56 fig., 1 dépliant, 1948. **620 »**

LES MATIÈRES PLASTIQUES (Gossot J.). Production. Présentation et utilisations. Technologie et contrôles. 212 p. 11 x 18, 73 fig., 1954. **590 »**

L'ÈRE DES MATIÈRES PLASTIQUES (Fournier M.). Fabrication des matières plastiques. Monographies des matières plastiques. Mise en œuvre et applications. Matières plastiques et économie. 262 p. 14 x 22, 34 fig., 20 tabl., 1951. **560 »**

LE RÈGNE DE L'ARTIFICIEL (Chaplet A.). Quelques éléments artificiels. Vêtir ceux qui sont nus. Home, sweet home. Conquête de la force L'artificiel au service de l'intelligence L'artifice à l'atelier et à l'usine. L'artifice à la ferme. Lorsque le naturel n'est plus que souvenir... lendemains artificiels. 189 p. 14 x 19, 28 fig., 4 pl. hors-texte, 1951. **420 »**

LES MATIÈRES PLASTIQUES USUELLES (Toureau M.). Les différentes matières plastiques. Travail des matières plastiques en feuilles, tubes et joncs. Moulage des matières plastiques en poudre. Moulage par injection. 144 p. 13,5 x 18, 1946. **180 »**

LES NOUVEAUX MATÉRIAUX DE SYNTHÈSE AMÉRICAIN (Simonds H.-R.). Traduit de l'américain par Génin G. Les fabrications les plus récentes. Nouveaux produits Fibres nouvelles. Nouveaux adhésifs. Applications nouvelles du bois et du papier. Techniques et utilisations nouvelles. Propriétés et identifications des matières plastiques. 412 p. 14 x 22, 45 fig., 1948. **1.230 »**

FRANCE-PLASTIQUES 1954. Annuaire officiel des matières plastiques et naturelles connexes. Matières premières. Equipement. Transformateurs. Objets et fabrications. Pièces industrielles Marques. Répertoire. Documentation française et étrangère. 906 p. 21 x 27. **1.950 »**

ENCYCLOPÉDIE FRANÇAISE DES MATIÈRES PLASTIQUES 1954. Introduction. Matériaux de base. Matières plastiques. Formes répandues de demi-produits. Essais, normalisation. Tables des caractéristiques et formules. Méthodes de transformation, matériels. Applications. Renseignements professionnels. Répertoires. 500 p. 24 x 32. **2.950 »**

UTILISATIONS-APPLICATIONS

APPAREILLAGE ET USINAGE DES MATIÈRES PLASTIQUES (Lescuyer J.). Conditions de travail. Equipements divers. Préparations des masses et poudres à mouler. Matériel pour : enductions, imprégnations. Vernissage et doublage. 436 p. 14 x 22, 349 fig., 1947. **1.850 »**

LE MOULAGE DES MATIÈRES PLASTIQUES A BASE DE RÉSINES THERMODURCISSABLES (Collin R.). Résines synthétiques thermodurcissables. Moules. Dessins des pièces moulées. Fabrication des moules métalliques. Méthodes de moulage. Presses à mouler. Finition des pièces. 230 p. 13,5 x 21,5, 203 fig., 2^e édit. revue et augmentée, 1951. 940 »

SOUDURE DES PLASTIQUES (Haïm G. et Zade H.-P.). L'assemblage par soudure. Buts et limites. Méthodes et procédés : Soudure par gaz chauds, par outils chauffants, par haute-fréquence. 200 p. 16 x 25, 89 fig., 26 tabl., 1951, relié toile 1.130 »

L'EXTENSION DES MATIÈRES PLASTIQUES DANS LE BATIMENT (Burette P. et différents auteurs). Matériaux de construction « plastiques ». Utilisation en décoration, dans les Beaux-Arts, l'éclairage, l'ameublement. Applications dans les travaux publics. Prévention contre le feu dans l'industrie des matières plastiques. 308 p. 16 x 25, 67 grav. 1954. 1.600 »

L'IMPORTANCE DES MATIÈRES PLASTIQUES EN ELECTROTECHNIQUE (Bohn M. et différents auteurs). Propriétés électriques. Isolants en radioélectricité et pour câbles. Accumulateurs et piles Diélectriques pour condensateurs. Cires et huiles isolantes. Charbons artificiels et noyaux magnétiques. 420 p. 16 x 25, 133 grav. 1954..... 1.620 »

LES POSSIBILITÉS DES MATIÈRES PLASTIQUES DANS LES INDUSTRIES MÉCANIQUES (Amouroux P. et différents auteurs). Propriétés mécaniques. Applications dans les industries métallurgiques. Utilisations en mécanique générale, dans l'automobile, dans l'aéronautique et dans l'industrie du cycle. 398 p. 16 x 25, 62 fig., 2^e édit. 1954.... 1.470 »

LES CONQUÊTES DES MATIÈRES PLASTIQUES EN MÉDECINE ET EN CHIRURGIE (Delorme J. et Laroux P.). Emplois des plastiques dans les hôpitaux, en pharmacie. Traitements médicaux. Chirurgie. Art dentaire. Prothèse et orthopédie. Enseignement et recherche médicale. Toxicologie des matières plastiques. Documentation des brevets classés méthodiquement. 220 p. 16,5 x 24, 35 fig., 1950..... 1.000 »

LES DÉBOUCHÉS DES MATIÈRES PLASTIQUES DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE (Brunerie G. et différents auteurs). Emploi des matières plastiques : Résistance à la corrosion. Appareillage chimique. Epuration des eaux. Fabrication des détergents, savons, produits d'entretien. Fabrication des colorants, poudres, carburants. Bibliographie des brevets. 324 p. 16 x 25, 26 fig., 2^e édit., 1954..... 1.410 »

LE ROLE DES MATIÈRES PLASTIQUES DANS LE TEXTILE ET LE CUIR (Tatu H., Fournier M. et Delorme J.). Les nouveaux produits, de synthèse : leurs propriétés, leurs possibilités. Apprêts, mordants pour teinture, pâtes d'impression, agents mouillants. Simili-cuir, tissus plastiques. 272 p. 16 x 25, nbr. fig. 1954..... 1.600 »

TOXICOLOGIE DES MATIÈRES PLASTIQUES ET DES COMPOSÉS MACROMOLÉCULAIRES (Lefaux R.). 144 p., 17,5 x 23, 1952..... 785 »

OUVRAGES SPÉCIAUX

AMINOPLASTES (Talet P.). Matières premières. Technique de la condensation. Produits coulés. Poudres à mouler. Vernis. Enduits et revêtements. Imprégnations, masses stratifiées, agglomérés. Application à l'industrie textile. Colles. Utilisations diverses. Aminoplastes modifiés. Condensations dans lesquelles l'urée se trouve remplacée par un autre composé azoté. Condensation de l'urée avec des aldéhydes autres que l'aldéhyde formique. Identification et dosage des résines aminoplastes. 262 p. 14 x 22, 33 fig., 8 tabl., 2^e édit., 1951..... 910 »

MACROMOLÉCULES (Piganiol P.). Physique et structure des plastiques. Structure de la matière. Comportement des macromolécules. Propriétés diverses. 273 p. 14 x 22, 144 fig., 1947..... 910 »

MACROMOLÉCULES ET LES MATIÈRES PLASTIQUES (Duclaux J.). La Notion de grosse molécule. Macromolécules obtenues par polymérisation, par condensation. La macromolécule en solution. Dispersion. Gonflement. Les produits industriels. 196 p. 12 x 19, 1950..... 480 »

LES VINyliques D'AUJOURD'HUI (Gibello H.). Préparation des composés vinyliques monomères. Polymérisation des composés vinyliques. Pratique de la polymérisation des composés vinyliques. Dérivés chimiques des polymères. Propriétés et usages des composés vinyliques. Principales applications industrielles des résines vinyliques. Conclusion. 476 p. 14 x 22, 35 fig., 3^e édit., 1953, relié toile..... 2.780 »

RÉSINES ALKYLDES-POLYESTERS (Bourry J.). Etudes théoriques. Formation, obtention et comportement des polyesters. Utilisations pratiques générales des polyesters. Matières premières : obtention et caractéristiques. Méthodes d'analyse et de contrôle. 364 p. 14 x 22, 14 fig., 1952, relié. 2.450 »

SOLVANTS ET PLASTIFIANTS (Guinot H.). Propriétés générales. Utilisations générales. Les plastifiants. Propriétés particulières : hydrocarbures, dérivés chlorés des hydrocarbures, alcools, éthers des alcools, acétone, esters, plastifiants. 402 p. 14 x 28, 48 fig., 8 tabl., 1948..... 1.490 »

INTRODUCTION A LA CHIMIE DES SILICONES (Rochow E.). Composés par covalence du silicium. Composés organosiliciques monomères. Types de polymères organosiliciques. Propriétés des silicones polymères proprement dites. Films hydrofuges de produits organosiliciques. Les silicones au point de vue industriel. Méthodes analytiques. 128 p. 16 x 25, 2 fig., 1952..... 810 »

LES DÉRIVÉS CHIMIQUES DU CAOUTCHOUC NATUREL (Le Bras J. et Delalande A.). Leur chimie, leur fabrication, leurs applications multiples. 486 p. 14 x 22, 47 fig., 1950..... 2.060 »

DEMAIN, L'AGE DU BOIS (Glesinger E.). Le bois. Sa production. Le sucre de bois. La cellulose. La lignine. Les matières plastiques. Les bois améliorés. Les produits chimiques. Le gaz de bois. 247 p. 14 x 19, 1951..... 450 »

LE BOIS MATIÈRE PREMIÈRE DE LA CHIMIE MODERNE (Guillemonat A.). Les constituants communs du bois Les constituants particuliers. L'analyse du bois. Industries dérivées du bois. 135 p. 13 x 21, 19 fig., 2^e édit., 1951..... 500 »

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE PHYSIQUE DES FIBRES CELLULOSIQUES (Hermans P.-H.). Partie théorique. Matériaux fibreux utilisés. Etudes sur l'absorption, la densité, la réfraction et la double réfraction. Etude aux rayons X sur l'orientation. Etude aux rayons X de la cristallinité. Partie expérimentale. 254 p. 14 x 22, 61 fig., 3 p., 1952. 1.540 »

LES MÉTHODES DE LA CHIMIE DE LA CELLULOSE, (Dorée Ch.). Cellulose. Dérivés de la cellulose. Recherches sur les celluloses dites composées. 578 p. 16 x 25, 82 fig. 1949, relié..... 2.780 »

DÉRIVÉS CELLULOSIQUES (Champetier). La cellulose. Etat naturel, isolement. Caractères analytiques. Constitution et structure de la cellulose naturelle. Propriétés générales des dérivés celluloses. Celluloses dispersées, gonflées et régénérées. Les nitro-celluloses. Les acétates de cellulose. Esters celluloses divers. Esters mixtes. Les éthers celluloses. 270 p. 14 x 22, 36 fig., relié toile, 2^e édit., 1954... 1.960 »

UNE DOCUMENTATION INDISPENSABLE

Notre catalogue général (3^e édit. 1954), 4.000 titres d'ouvrages techniques et scientifiques sélectionnés, 330 p., 13,5 x 21 : Franco : 150 fr.

Ajoutez 10 % du montant total de votre commande pour frais d'expédition.
C. C. P. Paris 4192-26. - Il n'est fait aucun envoi contre remboursement.

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, PARIS-9^e

Une documentation permanente

INDUSTRIE DES PLASTIQUES MODERNES

REVUE MENSUELLE

Spécimen gratuit sur demande

●

ENCYCLOPÉDIE FRANÇAISE DES MATIÈRES PLASTIQUES

2^{ème} édition 1955 (550 pages)

●

40, RUE DU COLISÉE — PARIS - VIII^e — BAL. 77-50

MATIÈRE THERMOPLASTIQUE
TRANSPARENTÉ comme le CRISTAL

PLEXIGLAS

en PLAQUES, BATONS, FEUILLES ONDULÉES

Se réalise également en

- TRANSPARENT TEINTÉ
- TRANSLUCIDE DIFFUSANT
- OPAQUE DE COULEUR
- ASPECT NACRÉ

ALSTHOM

38, AVENUE KLÉBER - PARIS-XVII^e - TÉL. : PASSY 00-90

Service Commercial : 24, RUE DES PETITS-HOTELS, 24

PARIS (10^e) - TÉLÉPHONE : TAI. 97-12

**DANS TOUTES LES PIÈCES
DE LA MAISON...**



**DANS TOUS LES IMMEUBLES
DE LA VILLE :
HABITATIONS, BUREAUX, USINES**

**UTILISEZ
LES TAPIS PLASTIQUES**

GERFLEX

**CONFORTABLES
DÉCORATIFS
INUSABLES
FACILES A ENTREtenir**

ÉCONOMIQUES : GERFLEX Normal (1 mm d'épaisseur) ne coûte que 1000 francs le m².

- GERFLEX se découpe avec des ciseaux. Il se pose facilement sans collage à l'aide de bandes adhésives. Mais si l'installation exige un collage, votre fournisseur s'en chargera.
- 24 coloris unis et marbrés donnent des possibilités illimitées de décoration

GERFLEX

69, RUE DU 4-AOÛT. VILLEURBANNE. Vi 83-96
66, RUE DE MIROMESNIL, PARIS-8^e. LAB 66-30

En vente dans
les maisons
spécialisées