

ENCYCLOPÉDIE DU CAOUTCHOUC
- ET DES MATIÈRES PLASTIQUES -

LE
CAOUTCHOUC DURCI

par

A.-D. LUTTRINGER

Ingénieur-Chimiste, Docteur ès-Sciences

Rédacteur en Chef de la Revue Le Caoutchouc et la Gutta-Percha



A.-D. CILLARD, Editeur

49, Rue des Vinaigriers -- PARIS X^e

DÉCHETS DE CAOUTCHOUC

Classage spécial de Déchets de Caoutchouc pour
toutes les Industries employant le Caoutchouc

Téléphone :
GUTENBERG 78 48

GABRIEL WATTELEZ
94, Rue Saint-Lazare, PARIS

Adresse Télégr. :
WATTELEZAW-PARIS

Entrepôts : **ASNIÈRES, POISSY, LIMOGES**

WATTELEZ

— MAISON FONDÉE en 1885 par R. WATTELEZ —

CAOUTCHOUC

= RÉGÉNÉRÉ =

COLOMBES
— (Seine) —



— *Télegr. :* —
WAGRAM 86-78
COLOMBES 18

USINES COLOMBES (Seine) —



LE PALAIS près **LIMOGES**
- Haute-Vienne -

SEULES USINES EN FRANCE

ne fabricant exclusivement que le

CAOUTCHOUC RÉGÉNÉRÉ

ENCYCLOPÉDIE DU CAOUTCHOUC
- ET DES MATIÈRES PLASTIQUES -

LE
CAOUTCHOUC DURCI

par

A.-D. LUTTRINGER

Ingénieur-Chimiste, Docteur ès-Sciences

Rédacteur en Chef de la Revue Le Caoutchouc et la Gutta-Percha



A.-D. CILLARD, Editeur

49, Rue des Vinsigriers — PARIS (X^e)

AVANT-PROPOS

La littérature relative au caoutchouc durci est excessivement restreinte ; il n'existe pas d'ouvrage spécialement consacré à cette matière, si importante par ses applications. On trouvera un chapitre sur le caoutchouc durci dans les livres généraux sur le caoutchouc, de JACOBS, de GOTTLÖB, de HEIL et ESCH, de DITMAR.

Les renseignements développés sur le caoutchouc durci ont paru dans les Revues spéciales consacrées au caoutchouc, et notamment dans : Le Caoutchouc et la Gutta-Percha, The India Rubber Journal, The India Rubber World, The Rubber Age, Gummi-Zeitung.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de rassembler toute cette documentation et que l'on pourrait ainsi rendre service aux techniciens de cette industrie. C'est le but de ce livre.

Ce volume fait partie de l'Encyclopédie du Caoutchouc et des Matières Plastiques. Ce fait explique qu'on n'y trouvera pas les informations traitées dans d'autres volumes de cette encyclopédie, parus ou à paraître. Nous avons ainsi évité le double emploi et les redites, de même qu'un développement exagéré du livre que nous présentons aujourd'hui. En cas de besoin, les lecteurs n'auront donc qu'à se reporter aux autres volumes de l'Encyclopédie.

Ce volume est destiné avant tout aux techniciens et aux praticiens. Nous avons donc limité les principes théoriques au strict minimum. Nous avons d'ailleurs ajouté, à la fin du volume, une liste d'ouvrages sur le caoutchouc, que l'on pourra consulter avec fruit.

Paris, novembre 1926.

A.-D. L.

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Par action du soufre sur le caoutchouc brut à température élevée, on obtient le *caoutchouc vulcanisé*. Les propriétés physiques du caoutchouc vulcanisé sont déterminées, pour une grande part, par la quantité de soufre combinée avec le caoutchouc.

Quelles que soient les conditions employées, il n'est pas possible d'obtenir un produit vulcanisé contenant plus de 32 % de soufre combiné. Cette composition :

Caoutchouc	68 parties,
Soufre	32 —

correspond à la formule $(C_5 H_8 S) x$. La matière ayant cette composition est le *caoutchouc durci théorique*.

Les articles de caoutchouc durci de la meilleure qualité (peignes) répondent sensiblement à cette composition et ne contiennent guère, à côté de ce sulfure, que les substances accompagnant le caoutchouc naturel, c'est-à-dire des résines et des matières albuminoïdes.

On peut obtenir un caoutchouc durci satisfaisant, contenant une quantité de soufre combiné notablement inférieure à ce maximum.

En outre, les qualités courantes et inférieures de caoutchouc durci contiennent une proportion notable de substances et de charges, ajoutées en vue d'obtenir des propriétés spéciales, et surtout pour des raisons d'économie.

*
* *

Le *caoutchouc durci* est également appelé *ébonite* ou *vulcanite*, deux termes d'origine anglaise, dérivant, le premier d'*ebon* (ébène), et le second de *vulcanisation*.

Ces termes d'*ébonite* et de *vulcanite* sont employés, en Angleterre, comme synonymes de *caoutchouc durci* (*hard rubber*) ; en France, la dénomination d'*ébonite* est parfois réservée plus particulièrement au caoutchouc durci noir poli.

Le terme allemand le plus courant est *Hartgummi*.

*
**

La fabrication du caoutchouc durci est tout à fait différente des autres branches de l'industrie du caoutchouc. Dans les usines fabriquant à la fois le caoutchouc souple et le caoutchouc durci, les deux fabrications sont, en général, presque complètement séparées.

La fabrication du caoutchouc durci est caractérisée par les points particuliers suivants :

- 1° Teneur en soufre plus élevée des mélanges ;
- 2° Durée de vulcanisation beaucoup plus longue ;
- 3° Emploi de feuilles d'étain pour le moulage ;
- 4° Travail mécanique spécial du caoutchouc durci.

Les propriétés physiques du caoutchouc durci, différentes de celles du caoutchouc souple, nécessitent, en effet, une installation complète pour le travail ultérieur et le finissage.

En outre, la fabrication du caoutchouc durci nécessite des précautions spéciales : le caoutchouc brut doit être lavé avec un soin particulier et être absolument sec, le soufre et les charges doivent être bien secs et finement pulvérisés, le mélange doit être travaillé jusqu'à homogénéité complète.

*
**

La théorie de la vulcanisation ne sera pas discutée ici ; on trouvera les renseignements nécessaires dans les ouvrages théoriques spéciaux ; nous nous bornerons ici à relater certains points indispensables pour la bonne compréhension de la fabrication du caoutchouc durci.

Il n'y a pas de ligne de démarcation entre le caoutchouc souple et le caoutchouc durci, et il est possible d'obtenir toute une gamme de produits vulcanisés, possédant des propriétés intermédiaires.

C.-O. Weber a pu isoler le produit final $(C_{10} H_{16} S_2)_n$, tandis qu'on n'a pas pu isoler de produits intermédiaires. La formation et la composition du produit final ont été confirmées par Spence et Young et par Hinrichsen et Kindscher.

La formation du caoutchouc durci est accompagnée du dégagement de très petites quantités d'hydrogène sulfuré ; les composés formés sont donc essentiellement des dérivés d'addition. Il est possible que ces petites quantités d'hydrogène sulfuré proviennent d'une faible substitution dans l'hydrocarbure caoutchouc, ce qui n'est pas surprenant dans les conditions de température et de durée employées dans la fabrication du caoutchouc durci.

Il est d'ailleurs probable que la substitution s'effectue dans la portion insoluble du caoutchouc, plutôt que dans l'hydrocarbure de caoutchouc lui-même. C.-O. Weber a montré qu'en soumettant un mélange de la portion insoluble du caoutchouc et de soufre à des températures supérieures à 135° , il y a substitution, avec dégagement d'hydrogène sulfuré. Cette substitution est beaucoup moins prononcée et s'effectue plus lentement que l'addition de soufre dans la molécule du caoutchouc. Pour cette raison, la formation d'hydrogène sulfuré peut à peine être remarquée dans la fabrication des articles en caoutchouc souple, dans les conditions ordinaires.

On a vu que le caoutchouc durci représente la limite supérieure de la réaction entre le caoutchouc et le soufre ; le degré d'addition est indépendant de la quantité de soufre, à condition que ce dernier soit en excès. Il n'y a, pratiquement, pas de différence, que l'on emploie 50, 75 ou 100 parties de soufre pour 100 parties de caoutchouc. Après vulcanisation et élimination du soufre libre par extraction acétonique, le soufre est sensiblement le même :

Mélange :	i	ii	iii
Para fin	100	100	100
Soufre	50	75	100
Conditions de vulcanisation :			
Durée	12 h.	9 h.	8 h.
Température	138°	140°	140°
Soufre combiné	33,08 %	33,11 %	32,64 %

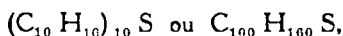
Ces chiffres sont très voisins de la quantité théorique de soufre dans le composé $C_{10}H_{16}O_2$:

$$S = 32 \%$$

Si on prolonge considérablement la vulcanisation des échantillons ci-dessus, la teneur en soufre combiné des produits obtenus croît progressivement, mais très lentement ; dans ces conditions, le dégagement d'hydrogène sulfuré devient plus prononcé, à mesure que le temps augmente. En même temps, la qualité des produits vulcanisés baisse très rapidement : la couleur devient de plus en plus brun grisâtre, la résistance et la dureté diminuent, les produits deviennent cassants et finalement poreux.

L'addition de soufre semble donc bien avoir atteint sa limite supérieure pour le disulfure $(C_{10}H_{16}S_2)_n$, contenant 32 % de soufre.

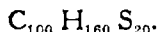
Comme la modification importante, due à la vulcanisation dans la fabrication du caoutchouc souple, commence à apparaître pour une teneur de 2 à 2,5 % de soufre combiné, on peut admettre que cette teneur représente la limite inférieure des sulfures de caoutchouc possibles. Cette teneur correspond à la composition



pour laquelle

$$S = 2,35 \%$$

Le disulfure du caoutchouc durci aurait alors la composition



Il y a un point critique dans la vulcanisation du caoutchouc durci, et si la vulcanisation est interrompue avant ce point, on obtient un produit flexible, ayant la consistance du cuir. Si on poursuit la vulcanisation au-delà de ce point, il y a une augmentation brusque de la résistance à la traction et une réduction dans l'allongement final, en même temps qu'un durcissement du caoutchouc (1). La résistance à la traction passe, par exemple, de 500 à 5.500 lb. par pouce carré dans les dix minutes avoisinant le point critique.

(1) W.-E. GLANCY, *Ind. Eng. Chem.*, 16, 359 (avril 1924).

Lorsque la proportion de soufre augmente, on atteint un point pour lequel une nouvelle augmentation de soufre ne produit plus d'augmentation de la résistance à la traction, mais produit un affaiblissement réel dû à la dilution.

G.-S. Whitby et R.-S. Jane (1) ont repris l'étude de la réaction entre le caoutchouc et le soufre. La vulcanisation a été effectuée à différentes températures, dans des conditions variables, avec du caoutchouc pauvre en matières albuminoïdes et avec du caoutchouc ordinaire, avec et sans accélérateurs. Quel que soit l'excès de soufre (même 1.000 %), ou quelle que soit la durée du chauffage, le produit insoluble dans l'acétone ne contient jamais plus de 32 % de soufre. L'extraction prolongée par l'alcali alcoolique élimine progressivement le soufre.

A.-A. Parkes (2) a étudié les réactions thermiques produites pendant la vulcanisation. La combinaison du caoutchouc et du soufre est accompagnée d'un léger dégagement de chaleur dans les premières phases, mais une réaction exothermique énergique a lieu pendant la dernière phase de vulcanisation (que le mélange soit accéléré ou non) pouvant élever la température du mélange de 100 à 150° au-dessus de la température de vulcanisation, dans des conditions convenables. Cette réaction ne commence pas, tant qu'il n'y a pas combinaison de 4 à 5 parties de soufre avec 100 parties de caoutchouc. Lorsqu'elle est terminée, le produit obtenu est complètement différent d'un caoutchouc vulcanisé ordinaire. La réaction ne peut pas s'effectuer en absence de soufre non combiné ; une fois amorcée, il y a dégagement abondant d'hydrogène sulfuré.

Pour des mélanges contenant 10 % ou davantage de soufre, la température, à l'intérieur de la masse, ne s'élève pas d'une manière constante jusqu'à la température de vulcanisation, mais présente un point d'arrêt au voisinage de 100°, dû principalement à des variations dans le soufre.

L'effet calorifique maximum a été obtenu pour les proportions :

Caoutchouc (crêpe pâle)	79
Soufre	21

(1) *Trans. Royal Soc. Can.*, 20, 121 (1926).

(2) *J. Soc. Chem. Ind.*, 1926, 142 T.

L'élimination de la résine retarde le départ de la réaction, mais, dans certains cas, on obtient finalement un dégagement de chaleur plus grand.

D'après ces résultats, l'auteur explique la tendance du caoutchouc durci à gonfler ou à devenir poreux, si l'on n'emploie pas de conditions de vulcanisation spéciales, par la température élevée qui se développe à l'intérieur du caoutchouc durci et le dégagement d'hydrogène sulfuré. Il estime qu'on pourrait trouver des moyens permettant de réduire sensiblement le temps de vulcanisation du caoutchouc durci, sans nuire aux services qu'on attend de cette matière.

*
**

Le produit final ($C_{10}H_{18}S_2$) n est le seul produit de combinaison du caoutchouc et du soufre qui ne soit pas discuté et qui ait été isolé. Il est curieux de constater que la plupart des auteurs de travaux sur le caoutchouc opèrent sur du caoutchouc souple, dont la composition ne répond à rien, alors qu'il serait rationnel d'opérer sur le composé défini ultime. Ne devrait-on, pour les accélérateurs, par exemple, étudier leur action dans la formation du produit final ? De ce point de vue, le travail de W.-E. Glancy, D.-D. Wright et K.-H. Oon (1), sur l'effet de divers accélérateurs sur un mélange de caoutchouc durci, donne des conclusions intéressantes.

Les auteurs ont étudié les mélanges suivants :

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
Feuille fumée	70	70	70	70	70
Soufre	30	30	30	30	30
Diphénylguanidine	—	1,4	—	—	—
Ethylidène-aniline	—	—	1,4	—	—
Hexaméthylènetétramine	—	—	—	1,4	—
Disulfure de tétraméthylthiurame	—	—	—	—	0,7

Vulcanisation en moules à la presse à 170°.

Temps : 15 à 120 minutes.

(1) *Ind. Eng. Chem.*, 18, 73 (1926).

On a déterminé le coefficient de vulcanisation et la résistance à la traction :

Coefficients de vulcanisation :

Temps de vulcanisation (minutes).	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
10	—	29,93	—	—	—
12	—	30,23	—	—	—
15	6,57	34,87	33,98	22,22	27,44
30	27,57	40,37	37,90	35,75	38,18
35	32,89	—	—	—	—
40	34,50	—	—	—	—
45	37,42	40,93	39,98	37,24	39,93
60	38,10	41,06	40,32	38,77	41,17
75	39,17	41,34	40,60	39,60	42,60
90	39,93	41,71	41,21	40,07	42,27
120	40,86	41,72	40,96	40,43	42,44

Résistance à la traction :

(Kg./cm²).

Temps de vulcanisation (minutes).	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
10	—	191,2	—	—	—
12	—	410,5	—	—	—
15	26,15	489,6	354,9	11,89	31,78
30	40,70	527,0	474,3	130,4	487,6
35	315,6	—	—	—	—
40	472,8	—	—	—	—
45	503,7	519,2	532,3	389,1	535,9
60	535,3	577,6	535,7	439,4	549,4
75	549,6	589,2	520,4	506,7	581,1
90	577,3	579,7	554,6	486,4	572,0
120	584,1	582,8	537,5	519,2	563,1

Le mélange n° 1 (non accéléré) était encore souple au bout de 30 minutes de vulcanisation, malgré un coefficient de vulcanisation de 27,57.

Dans une autre série d'essais, un mélange ayant un coefficient de 23,5 était encore souple au bout de 3 heures. Cette quantité de soufre combiné correspond à $C_{10}H_{16}S$. Il est probable qu'il n'y a pas de formation de disulfure tant que chaque groupe $C_{10}H_{16}$ ne s'est pas combiné avec un atome de soufre.

La résistance à la traction maximum du mélange accéléré à l'hexaméthylènetétramine est inférieure à celle du mélange non accéléré et des autres mélanges accélérés. L'hexaméthylènetétramine facilite la combinaison du caoutchouc et du soufre au début de la réaction, mais elle semble empêcher, dans les derniers stades, l'accroissement habituel de la résistance à la traction.

Il serait intéressant de répéter ces expériences en présence d'oxyde de zinc et en faisant varier les conditions de température.

Les conclusions des auteurs sont les suivantes :

1° Il y a des modifications rapides dans les propriétés physiques d'un mélange de caoutchouc et de soufre, lorsque le coefficient de vulcanisation atteint approximativement 23,5, ou, apparemment, lorsque chaque groupe $C_{10}H_{16}$ a fixé un atome de soufre pour former un monosulfure $C_{10}H_{16}S$.

2° Un accélérateur actif du caoutchouc durci accélère la vitesse de combinaison du soufre avec le caoutchouc, sans augmenter sensiblement la résistance à la traction du produit final.

3° Chaque accélérateur a une influence particulière et peut être considéré comme un « régulateur » de la vitesse de combinaison du soufre avec le caoutchouc.

4° Dans la formation du caoutchouc durci, le volume du produit final est plus petit que le volume des composants.

*
* *

W.-J.-S. Naunton (1) a étudié l'emploi de quelques super-

(1) *I. R. I. Transactions*, 2, 37 (1926).

accélérateurs dans le caoutchouc durci. Les accélérateurs choisis ont été expérimentés dans les mélanges suivants :

MÉLANGE A

Feuille fumée	46
Poudre caoutchouc durci (140 mesh) ..	47
Soufre	24
Huile cuite (indice acidité: 11,3)	2
Accélérateur	0,5

MÉLANGE B

A + Oxyde de zinc : 1 % du caoutchouc.

Dans chaque cas, le mélange total a été divisé en 5 parties égales, et la quantité d'accélérateur nécessaire a été ajoutée sur le mélangeur. Le mélange a été tiré en feuilles d'environ 1 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur, et sept feuilles ont été réunies en une plaque et vulcanisées en moule, pendant 15 minutes, à une pression de 40 lbs. Les feuilles ont été ensuite retirées des moules, enveloppées dans des feuilles d'étain et soumises à la vulcanisation suivante à la vapeur directe :

Montée à 40 lbs.	45 minutes.
Cuisson à 40 lbs.	120 —
Cuisson à 50 lbs.	60 —

Après vingt-quatre heures de repos, on a découpé des éprouvettes dans les plaques, dans le sens du tirage en feuilles (section $6 \times 6 \frac{m}{m}$), et on a déterminé la résistance à la traction à une température de 22°. Quatre éprouvettes ont été essayées dans chaque cas ; les résultats concordent bien.

ACCÉLÉRATEUR	PARTIES pour 46 f. fum.	RÉSISTANCE KG/CM ²	
		Mélange A	Mélange B
Diéthyldithiocarbamate de zinc.....	0,50	304	356
Diéthyldithiocarbamate de diéthylammonium.	0,50	325	401
Pentaméthylène dithiocarbamate de pipéridine.	0,50	587	500
Disulfure de tétraéthylthiurame.....	0,50	359	446
Accélérateur résineux	1,50	603	605

Les essais de traction donnés ci-dessus sont du même ordre que des essais de flexion effectués en chargeant des éprouvettes fixées à l'une des extrémités. Une résistance à la traction inférieure à 400 kg/cm², déterminée par la méthode de l'auteur, représente un produit trop pliable pour être d'un usage pratique.

Parmi les super-accélérateurs, le pentaméthylènedithiocarbamate de pipéridine est, sans aucun doute, le plus efficace. Le tableau ci-dessus comprend un membre d'une catégorie d'accélérateurs, très populaire en Amérique, les résines aldéhyde-aminiques. Ces accélérateurs sont plus actifs que la diphénylguanidine, par exemple, mais moins actifs que les super-accélérateurs vrais. Ils sont employés aux Etats-Unis dans les mélanges de caoutchouc durci, pour plusieurs raisons : leur nature résineuse, le bas prix par unité d'accélération, et probablement parce qu'elles représentent des substances polymérisées, c'est-à-dire chimiquement inertes, qui ont vraisemblablement moins d'action sur les propriétés électriques du caoutchouc durci fini.

*
**

La fabrication des articles en caoutchouc durci comprend plusieurs branches distinctes, qui seront étudiées séparément :

- Fabrication des plaques, bâtons et tuyaux ;
- Articles moulés (polis ou bruts) ;
- Bacs, revêtements, etc., etc.

CHAPITRE II

HISTORIQUE

Le caoutchouc durci est aussi ancien que le caoutchouc vulcanisé souple et son histoire ne peut pas en être séparé. La découverte de la vulcanisation date de 1839 et est due à Charles Goodyear. Ce dernier cherchait depuis quelques années à améliorer le caoutchouc brut et l'avait mélangé avec du noir de fumée, de la magnésie et de la térébenthine.

Ce n'est qu'en 1838 que Charles Goodyear eut l'idée d'employer le soufre. A cette époque, il fit la connaissance de Nathaniel Hayward, ancien contremaître d'une usine de caoutchouc. Hayward était un praticien, qui s'était approché de la vulcanisation, mais sans la trouver. Sa contribution dans la découverte était un procédé de durcissement partiel du caoutchouc en répandant du soufre sur l'article en caoutchouc brut et en faisant sécher au soleil. Son brevet, pris en 1839, fut acheté par Goodyear (1).

La découverte de la vulcanisation proprement dite par la chaleur, par Charles Goodyear, date de janvier 1839.

C'est Thomas Hancock qui eut le premier l'idée de la fabrication industrielle du caoutchouc durci ; le procédé d'obtention de cette matière fut décrit dans son premier brevet relatif à la vulcanisation, qui date du 21 novembre 1843.

Voici le passage du brevet de Hancock : « A des températures plus élevées, ou en maintenant plus longtemps à des températures élevées, le caoutchouc se transforme progressivement et devient finalement noir, avec un aspect rappelant la corne, se coupant comme cette dernière ».

En 1846, Hancock prit un brevet pour la vulcanisation du caoutchouc dans des moules, etc., et indiqua, dans cette spécification,

(1) W.-C. GEER. — *The Reign of Rubber*, New-York, 1922, page 22.

le caoutchouc durci comme l'un des matériaux pouvant servir à la confection de ces moules. Cet emploi constitue la première application effective du caoutchouc durci, en vue d'un but particulier, qui ait été décrite.

Hancock avait prévu les applications nombreuses du caoutchouc durci ; il est intéressant de citer sa description (1) :

« Le caoutchouc vulcanisé durci a été appliqué à de nombreux usages : peignes, manches de couteaux et autres, panneaux décoratifs pour voitures et meubles, robinets, tubes, corps de pompe, pistons et valves pour l'industrie chimique ; ces objets peuvent être travaillés au tour et filetés de la même manière que dans le cas du bois, de l'ivoire ou du métal. J'ai fait fabriquer également quelques flûtes en caoutchouc durci, la couleur est noir jais, le poli ressemble à celui de l'ébène ; les sons sont égaux à ceux des meilleures flûtes et sont obtenus avec plus de facilité par le joueur. J'ai livré la matière première au fabricant de flûtes, sans instructions ; la fabrication a été effectuée par la pratique ordinaire.

« Ce brevet, relatif au moulage et à l'obtention de formes permanentes par la vulcanisation, a, en fait, attiré l'attention sur le caoutchouc durci ; des articles innombrables ont été obtenus et peuvent être fabriqués d'après ce brevet...

« Nous avons fourni cette matière par tonnes aux fabricants de peignes, qui l'aiment non seulement parce qu'ils obtiennent un article de vente facile, mais encore parce que cette matière est livrée en grandes plaques ayant l'épaisseur voulue, donnant beaucoup moins de déchet que lorsqu'on emploie les matières premières de petites dimensions, corne, écaille, etc...

« Le tourneur, le graveur, le fabricant de peignes et la plupart des autres artistes et mécaniciens, n'ont qu'à appliquer leurs méthodes et leurs outils ordinaires employés pour le bois, l'ivoire, le métal et d'autres substances. C'est un bon substitut pour les baleines et les cannes et pour des articles plus délicats, tels que les bracelets, les montures d'or et d'argent, les plumes et porte-plumes, les cadres de tableaux ; on peut

(1) *The Origin and Progress of the Caoutchouc or India Manufacture in England*, Londres, 1857 ; réimpression, 1920.

passer de ces objets à l'opposition extrême et, si la matière était économique ou présentait des avantages, elle pourrait servir à construire des maisons, des bateaux, des wagons, des charrettes et presque toutes les choses actuellement construites en bois, que je ne mentionne que pour montrer l'universalité de son application, etc. ».

On voit que le caoutchouc durci date de la même époque que le caoutchouc souple, mais il ne semble pas que les essais de Hancock, de 1843, aient conduit à une fabrication industrielle.

Toutefois, en 1851, Hancock présenta à l'Exposition du Crystal Palace un grand nombre d'objets en caoutchouc durci : sièges, bureaux, instruments de musique, cannes, peignes, boutons, manches de couteaux, etc.

Vers la même époque, en 1851, Nelson Goodyear (1), frère de Charles, prit un brevet et obtint une matière utilisable. Ses premiers mélanges avaient une composition assez compliquée et contenaient des substances ne jouant absolument aucun rôle.

Il chauffait pendant six heures, à 160°, un mélange de caoutchouc, de soufre, de craie, de magnésie, de gomme-laque, de sels de plomb ou de zinc. Il essaya également d'obtenir un caoutchouc durci par addition de goudron de houille.

Peu à peu, Goodyear arriva à un produit ne contenant que du caoutchouc et du soufre, comme le caoutchouc durci de première qualité actuel. C'est en 1852 qu'il prit un brevet pour une matière à peignes, constituée uniquement par du caoutchouc et du soufre chauffés à 165°, et laminée en bandes. L'addition de soufre allait jusqu'à 50 %, la température était maintenue pendant quatre heures. De cette époque datent des brevets pour la fabrication de manches de parapluies, de cannes, etc.

Le choix des matériaux appropriés pour envelopper le caoutchouc plastique avant vulcanisation présentait des difficultés. En 1854, la découverte, par Otto-P. Meyer, de l'emploi des feuilles d'étain, résolut le problème ; ce procédé est encore appliqué actuellement.

Hancock (2) avait appelé « *change* » (modification) le phénomène qui se produisait par le chauffage du caoutchouc avec le soufre ; en

(1) U. S. P., 8.075 (1851).

(2) *Loc. cit.*

discutant la question d'une dénomination plus déterminée avec ses amis, M. Brockedon proposa le terme de *vulcanisation* (dérivé de *Vulcain*), qui fut adopté.

*
* *

Les recherches historiques relatives à l'origine d'une découverte et à la détermination du « premier inventeur », sont toujours très complexes.

Il est possible et probable que du caoutchouc durci ait été obtenu bien antérieurement à l'époque de Goodyear et de Hancock. B.-D. Porritt et H. Rogers (1) ont attiré l'attention sur un article prophétique très ancien, pratiquement inconnu, qui non seulement a prévu clairement un grand nombre des applications actuelles du caoutchouc, mais a encore signalé le fait que du caoutchouc durci a été préparé au moins cinquante ans avant l'expérience historique dans laquelle Hancock essaya l'effet de l'immersion de bandes de caoutchouc brut dans le soufre fondu, et trouva que, par traitement prolongé, ces bandes se transformaient en une matière cornée noire.

En 1790, James Anderson, LL. D., F. R. S., écrivain écossais, traitant de questions d'économie politique et d'agriculture, créa un périodique intitulé *Bee, or Literary Weekly Intelligencer*, publié régulièrement à Edimbourg jusqu'en 1793, époque à laquelle il fut supprimé, à la suite de la publication de quelques articles politiques qui déplurent au gouvernement du moment (2). Dans le numéro du 23 mars 1791 de ce journal, parut un article sous le titre : « Sur les emplois du caoutchouc ou gomme élastique dans les arts et manufactures, avec un exposé des procédés d'obtention et de fabrication ». Cet article fut reproduit, en 1836, par le *Mechanics' Magazine* et, plus récemment, dans le numéro de l'*India Rubber Journal* publié à l'occasion de son quarantenaire (3), numéro contenant aussi l'article mentionné de

(1) *India Rubber Journal*, 68, 274 (1924).

(2) *Dict. Nat. Biog.*, I, 381 (1885).

(3) *India Rubber Journal*, 68, 265 (1924).

B.-D. Porritt et H. Rogers. Cet article contient le paragraphe suivant :

« Il y a plusieurs années, M. Bergius, de Stockholm, fit quelques expériences sur cette substance, dans la marmite de Papin. En la soumettant de cette manière à un degré de chaleur intense, on dit qu'elle a été transformée en une substance ressemblant à la corne, dure, élastique. Je n'ai pas entendu dire que ces expériences aient été répétées; mais si de nouveaux essais démontraient que cette substance en est invariablement le résultat, l'utilité de cette substance serait étendue bien au-delà des limites que nous avons imaginées jusqu'à présent; mais, dans l'état d'incertitude qui règne actuellement à ce sujet, il serait prématuré d'en dire davantage ».

Peter-Jonas Bergius était professeur de médecine et de pharmacie au Carolinisches Institut de Stockholm et l'auteur de nombreux articles sur des questions médicales et botaniques. B.-D. Porritt et H. Rogers ont recherché les travaux publiés par Bergius, mais n'ont pas trouvé d'article relatif à l'essai sur le caoutchouc mentionné par le Bee, ou donnant plus de renseignements sur les conditions employées. On se trouve donc devant la simple affirmation qu'avant 1791 une substance ressemblant à la corne, dure, élastique, a été préparée par chauffage du caoutchouc.

Peut-on admettre, en l'absence de toute mention de soufre, que cette substance était du caoutchouc durci ? Pour répondre à cette question, il faut se reporter à l'état des connaissances qui existait il y a plus de 130 ans, alors que la chimie était dans l'enfance.

Il paraît fortement improbable qu'une personne non familiarisée avec la matière bien connue actuellement sous le nom de caoutchouc durci, aurait prévu qu'un produit souple, élastique, comme le caoutchouc, pouvait être transformé en une « substance dure, ressemblant à la corne » ; d'un autre côté, il est presque inconcevable qu'en chauffant le caoutchouc quelqu'un ait pu être amené à faire la déclaration attribuée à Bergius.

On n'a trouvé aucun rapport sur les résultats des essais qui ont été effectués, sans aucun doute, à cette époque, pour confirmer l'obser-

vation de Bergius ; Thomas Hancock (1) signale toutefois que, vers 1820, il a chauffé du caoutchouc de la manière décrite, et a trouvé que « le seul résultat était la production d'un fluide épais ayant l'aspect de la mélasse ».

Nous pensons donc, comme Porritt et Rogers, qu'il semble très probable que Bergius, antérieurement à 1791, a préparé accidentellement un échantillon de caoutchouc durci par chauffage du caoutchouc en présence de soufre, mais que, ou bien il ne s'est pas rendu compte que la modification était due au soufre, ou bien il a négligé de mentionner l'emploi de cet ingrédient essentiel en communiquant la découverte à d'autres personnes.

Il est vain de discuter sur l'effet de cette omission sur l'histoire de l'industrie ; elle a eu probablement moins de conséquence que l'on peut le supposer à première vue, puisque la découverte était, de toute façon, prématurée ; le développement de l'industrie n'a été possible que par la mise au point du matériel et de l'outillage mécaniques nécessaires au traitement ; de ce point de vue, les services rendus par Hancock sont considérables.

(1) *Loc. cit.*

CHAPITRE III

PROPRIÉTÉS DU CAOUTCHOUC DURCI

Le caoutchouc durci est une matière cornée, dure, possédant une certaine élasticité.

Le caoutchouc durci de bonne qualité, non coloré par addition de pigments, est noir ; sa cassure est noir brillant ; broyé, il donne une poudre jaune brunâtre.

Sa densité moyenne est de 1,20, la limite inférieure étant de 1,14.

Il est très perméable aux rayons calorifiques.

Sa chaleur spécifique est de 0,331249.

Son coefficient moyen de dilatation entre 0° et 18° est de 0,0000636.

Son indice de réfraction atteint 1,56 ; il est presque aussi élevé que celui du flint.

Le caoutchouc durci est inodore (sauf quand on le frotte), non poreux, non absorbant, non hygroscopique. Le tableau suivant donne l'humidité absorbée par le caoutchouc durci, comparativement avec l'humidité absorbée par d'autres isolants électriques de qualité inférieure :

	Dans l'air.	Dans l'eau.
Caoutchouc durci	0,005-0,02 %	0,08-0,11 %
Autres isolants électriques	0,28 -0,49 %	1,42-7,81 %

La résistance à la traction des qualités supérieures est de 6 à 8 et même 10 kgs par $\frac{m}{m^2}$; pour les qualités moyennes, elle est encore de 5 à 6 kgs ; pour les qualités très inférieures, elle peut tomber à 1 kg. La courbe de traction est analogue à celle des métaux.

La résistance à la compression peut varier, suivant les qualités, de 2 à 12 kgs, et l'allongement de 2 à 75 %. Plié, le caoutchouc durci reprend rapidement sa forme, grâce à son élasticité.

La dureté varie du simple au triple.

Le caoutchouc s'amollit, en général, vers 70 ou 80° ; il se comporte ainsi dans l'eau chaude, et devient alors flexible.

Chauffé à une température supérieure à 200°, il se carbonise peu à peu, sans fondre.

Le caoutchouc durci est beaucoup moins attaqué par l'oxygène de l'air et par la lumière que le caoutchouc souple.

Il est très résistant à l'action des dissolvants, des acides et des alcalis. Il gonfle légèrement dans le sulfure de carbone et dans les dérivés du pétrole.

D'après R. Henriquez (1), le caoutchouc durci se dissout dans la paraffine, à une température supérieure à 300°, avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

Le caoutchouc durci s'électrise par frottement ; c'est un excellent isolant ; sa constante diélectrique est comprise entre 2 et 3,5 et diminue avec l'accroissement de fréquence.

Même pour de petites longueurs d'onde, le caoutchouc durci est supérieur aux autres isolants.

Il a une grande résistance spécifique ; une plaque de 1 $\frac{m}{m}$ 9, à une température de 19°, avec une humidité atmosphérique de 48 %, possède une résistance de 4.200×10^9 megohms.

La résistance au percement par l'étincelle électrique est très élevée. Une plaque d'un millimètre d'épaisseur, ne contenant que du caoutchouc para et 35 % de soufre, résiste à 148.000 volts.

D'après C.-C. Paterson, E.-H. Rayner et A. Kinnes (2), l'exposition à la lumière du caoutchouc durci diminue l'isolement en surface, par formation d'acide à la surface.

Les propriétés du caoutchouc durci se modifient peu avec le temps ; il n'y a pas de vieillissement par une après-vulcanisation. L'oxydation ne se produit que lentement et s'effectue généralement sur les charges (huiles, etc.).

Le caoutchouc durci se travaille facilement : il peut être percé, tourné, fileté, scié, sans grand danger de rupture. Il peut acquérir un beau poli. Il n'a pas de tendance à se gondoler.

(1) *Chem. Ztg.*, 16, 1644 (1892).

(2) *India Rubber Journal*, 45, 823 (1913).

Cet ensemble de propriétés : travail mécanique facile, indifférence chimique, pouvoir isolant, justifie les applications variées du caoutchouc durci et explique sa supériorité sur certains de ses concurrents.

Le caoutchouc durci peut être nettoyé et désinfecté facilement ; cette propriété est l'une des raisons de son emploi étendu en chirurgie.

*
* *

Les conditions imposées au caoutchouc durci varient suivant sa destination. Le cahier des charges de la *Marine Américaine* contient les spécifications suivantes :

Le caoutchouc durci doit être fourni sous forme de bandes, de barres ou de tubes ; il doit être lisse, bien plat et poli sur les deux faces. La cassure doit être noire et luisante. Le caoutchouc durci doit avoir une isolation élevée et une grande résistance diélectrique. Il doit pouvoir supporter la vapeur vive à 100°, pendant deux heures.

La *Compagnie du Chemin de Fer de Paris à Orléans* impose les conditions suivantes, dans son cahier des charges (article 9, § 14), aux *sphères en ébonite pour application du réchauffeur Lencauchez*, *vases pour éléments de piles type « Nord »*, *supports de paillettes pour appareils de déclenchements*, etc. :

« L'ébonite employée à la fabrication de ces pièces ne devra pas avoir une densité supérieure à 1.300. Elle contiendra de 8 à 10 % de charge. La proportion de soufre devra être inférieure à 25 %.

CHAPITRE IV

ANALYSE CHIMIQUE

Le poids spécifique d'un échantillon de caoutchouc durci n'est pas un indice de sa pureté, car les charges telles que le kieselguhr, les factices, les cires, les brais, n'élèvent que peu la densité.

Une analyse chimique est donc indispensable pour l'appréciation de la qualité, et nous verrons qu'elle n'est même pas suffisante.

On classe quelquefois les caoutchoucs durcis en première, deuxième ou troisième qualité, suivant la teneur en cendres :

- Première qualité. . . 2 à 5 et même jusqu'à 15 % ;
- Deuxième qualité. . . Jusqu'à 35 % ;
- Troisième qualité. . . Jusqu'à 50.

L'analyse chimique du caoutchouc durci se fait par les méthodes courantes d'analyse du caoutchouc vulcanisé (1), mais il convient de prendre quelques précautions spéciales.

L'échantillon à analyser est réduit en poudre à la râpe.

L'extraction acétonique se fait pendant vingt heures.

L'extraction par la potasse alcoolique, même en l'absence totale de factice, donne un peu de matière saponifiable formée par action du soufre sur les résines.

Les matières minérales sont déterminées par l'analyse des cendres.

On détermine séparément l'antimoine, le mercure et le carbone.

Il n'existe pas de méthode sûre pour le dosage direct de la teneur en caoutchouc ; on déduit cette teneur par différence.

La teneur ainsi obtenue n'est pas une indication certaine de la qualité, la poudre de caoutchouc durci, introduite dans la plupart des mélanges, et le régénéré sont englobés dans la teneur en caoutchouc donnée par l'analyse.

(1) A.-D. LUTTRINGER, *Aide-Mémoire de l'Industrie du Caoutchouc*, p. 167.

L'analyse chimique ne suffit donc jamais pour apprécier la qualité d'un caoutchouc durci.

D'après C.-O. Weber (1), l'*extrait acétonique* du caoutchouc durci est très faible et est constitué principalement par du soufre, dont la quantité exacte est déterminée par oxydation, au moyen de l'acide nitrique fumant, et dosage à l'état de sulfate de baryum.

Si la quantité de matière organique, représentée par la différence entre l'extrait acétonique total et le soufre libre, dépasse 4 %, on peut présumer la présence de résines autres que celles contenues dans le caoutchouc brut. Certaines résines sont solubles, en totalité ou en partie, dans l'acétone, d'autres sont insolubles. Les solubilités peuvent subir des transformations sous l'action des températures élevées en présence d'une grande quantité de soufre.

Les résines à vernis durs, copals, gomme-laque, etc., ne sont que partiellement ou pas solubles dans l'acétone. Pour les séparer, on fait suivre immédiatement l'extraction acétonique d'une extraction par l'épichlorhydrine (P. E. 116-117°) à reflux. On chasse le solvant par distillation au bain d'huile ; on ajoute au résidu de l'alcool que l'on distille deux ou trois fois.

D'après les essais de A. Hutin (2), l'extrait acétonique du caoutchouc durci contient toutes les résines (exemples : gomme-laque, copal, colophane, sandaraque, élémi, kauri, benjoin), *sauf celles qui ont été préalablement soumises à l'action du soufre* (c'est-à-dire vulcanisées). Pour cette raison, et à condition de poursuivre l'extraction acétonique pendant un temps suffisant, A. Hutin ne considère pas comme utile l'extraction à l'épichlorhydrine, que C.-O. Weber emploie ensuite pour extraire les résines que l'acétone n'aurait pu enlever.

Le terpinéol peut jouer le même rôle que l'épichlorhydrine.

Pour déterminer les bitumes, les goudrons et les brais, on peut faire suivre l'extraction à l'épichlorhydrine par une extraction à la pyridine au bain d'huile chauffé à 120°. L'extraction demande une à deux heures ; elle est terminée lorsque la cartouche contenant la substance, colorée en brun au début, est décolorée à nouveau. Il faut éviter une

(1) *The Chemistry of India-Rubber*, p. 259.

(2) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 13, 9024 (1916).

extraction trop prolongée. La solution pyridique est évaporée, dans une capsule tarée, au bain d'huile.

La *caséine*, employée quelquefois comme charge, est décelée par l'essai à la chaux sodée ; on dose l'azote par la méthode de Kjeldahl et on multiplie la teneur obtenue par le facteur 6,7.

La *poudre de liège* est une charge peu commune ; elle est difficile à caractériser. Elle abandonne de 5 à 10 % à l'acétone et de 40 à 50 % à la potasse alcoolique. Les acides gras de cette dernière extraction constituent une masse brune, amorphe, de consistance plus ferme que les acides gras provenant des factices, insoluble dans le pétrole froid, légèrement soluble dans l'éther de pétrole bouillant, qui laisse déposer des cristaux blancs par refroidissement. Après extraction à la potasse alcoolique, la poudre de liège donne un peu de matière soluble dans la lessive caustique, les solutions rouges ainsi obtenues donnent, par neutralisation, un précipité jaune clair insoluble dans l'éther.

CHAPITRE V

ESSAIS MÉCANIQUES

Les essais mécaniques du caoutchouc durci sont indispensables et leurs indications sont souvent plus utiles que les résultats de l'analyse chimique.

Les essais mécaniques se font par les méthodes employées pour d'autres matériaux sur des éprouvettes analogues.

Ces essais comprennent la détermination de la résistance à la traction, de l'allongement et de la résistance à la compression et à la flexion, par le dynamomètre Pierre Breuil (1), et la détermination de la dureté par l'élasto-duromètre Pierre Breuil (2).

H. Brandt (3) a étudié la résistance à la flexion du caoutchouc durci en plaques, obtenues par doublage, soit dans le sens du calandrage, soit dans le sens croisé. Les résultats indiquent que le doublage en croix diminue la résistance.

Des essais comparatifs effectués à 21° et à 95° montrent que l'élévation de température a pour effet de diminuer la résistance.

Suivant la nature des articles et leur destination particulière, on a recours à des essais spéciaux.

Pour les *bacs d'accumulateurs*, par exemple (4), on mesure la déformation à 50° (température maximum dans la décharge des accumulateurs). On prend un bac quelconque du lot et on y fait circuler, d'une manière continue, de l'eau chauffée à 50°. Le bac est entouré par un cadre de 10 à 15 $\frac{m}{in}$ plus grand. Au bout de trois ou quatre heures, on mesure la déformation, c'est-à-dire la diminution de la distance entre la paroi du bac et le cadre à l'endroit le plus étroit.

(1) A.-D. LUTTRINGER. — *Aide-Mémoire pour l'Industrie du Caoutchouc*, p. 147.

(2) A.-D. LUTTRINGER. — *Ibid.*, p. 153.

(3) *Kautschuk*, septembre 1926, p. 213.

(4) K. GOTTLÖB., *loc. cit.*, p. 292.

Dans le cas de certains articles en caoutchouc durci, courbés après vulcanisation, tels que les *tuyaux de pipe*, on chauffe modérément ces articles et on vérifie s'ils ne se redressent pas facilement à chaud.

Pour vérifier la *dureté des cylindres de machines* à écrire, on se sert d'un appareil imaginé par G. Morard (1). Pratiquement, on classe les cylindres de machines à écrire en trois catégories :

Cylindres durs,
— demi-doux,
— doux.

Le degré de dureté varie selon le genre de travaux à effectuer (nombre de copies au carbone, perforation de clichés cire, etc). L'appareil de Morard est à lecture instantanée et s'adapte à toutes les tailles de cylindres dont les diamètres varient entre 20 et 45 $\frac{m}{m}$ environ.

L'organe essentiel est une jauge micrométrique à cadran ; un déplacement de 1 $\frac{m}{m}$ de la pointe correspond à un tour complet du cadran. Le canon de la pointe de la jauge est muni d'une gaine fixe, portant une pointe parallèle à la pointe de la jauge. Cette pointe, dite fixe, est ainsi solidaire du bâti de la jauge. Elle viendra s'appliquer sur la surface du caoutchouc à éprouver à quelques millimètres de distance de la pointe de la jauge. Si cette jauge est appuyée par ses deux pointes, avec une pression donnée, toujours la même, sur la surface du caoutchouc à éprouver, la pointe fixée au bâti de la jauge s'enfonce dans le caoutchouc, d'une quantité d'autant plus grande que ce caoutchouc est plus mou. La pointe mobile, au contraire, n'appuyant sur le caoutchouc qu'avec une pression négligeable, rentre dans la jauge, et son déplacement mesure précisément l'enfoncement de la pointe fixe dans le caoutchouc. Ce déplacement étant indiqué par le déplacement de l'aiguille sur le cadran, une graduation adéquate et déterminée expérimentalement permet de lire l'indication de la dureté.

La came commandée par le levier permet, soit de lever la jauge pour disposer le cylindre à éprouver dans le fer à U servant de

(1) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 203, 10924 (1921).

rainure, soit de l'abaisser pour amener les pointes en contact avec le cylindre et faire l'épreuve. La pression exercée par la pointe fixe de la jauge sur le caoutchouc est constante, puisqu'elle est proportionnelle à la pression exercée par le poids attaché en un point fixe de bielle inférieure du parallélogramme, pression qui est elle-même constante.

On a adopté une pression de 900 grammes environ; on constate sur le cadran de la jauge, pour les duretés extrêmes pratiques des cylindres de machines à écrire, une différence de position de l'aiguille qui atteint 100° environ. Ce grand déplacement de l'aiguille a permis de déterminer trois larges secteurs du cadran, pour lesquels la position de l'aiguille correspond aux trois degrés de dureté.

L'épreuve est très simple : on pose le cylindre à essayer dans la rainure, on abaisse à fond le levier commandant la came, on fait la lecture ; le cylindre est classé en une seconde.

*
* *

Dans le cas des articles destinés à supporter des efforts mécaniques prolongés, on effectue un essai de *vieillessement* (1).

E.-O. Dietrich et H. Gray conseillent de vérifier l'action du vieillissement sur :

La résistance à la rupture,
La résistance au choc,
Le point de ramollissement.

D'après ces auteurs, l'effet du vieillissement accéléré n'est pas dû à une vulcanisation complémentaire, la teneur en soufre libre restant constante.

(1) A.-D. LUTTRINGER. — *Aide-Mémoire*, p. 157.

CHAPITRE VI

ESSAIS ÉLECTRIQUES

Les conditions générales imposées aux isolants sont les suivantes : Ils doivent être des composés chimiques neutres, très stables, résistant à une élévation de température modérée, résistant aux acides et aux alcalis étendus.

Tous les isolants sont de nature colloïdale (à l'exception de l'air). W. H. Nutall explique ce fait de la manière suivante : la conductibilité ne dépend pas seulement de la présence d'ions libres, mais encore de leur mouvement de molécule à molécule ; la résistance à la migration ionique est une fonction du frottement interne ou de la viscosité de la matière. Cette dernière propriété est suffisamment grande pour l'emporter sur la conductibilité spécifique de la substance colloïdale.

Un bon isolant ne doit pas être susceptible de dissociation électrolytique, autrement dit, il doit être aussi exempt que possible d'ions dissociés ; il ne doit pas s'ioniser sous une tension électrostatique ; il doit offrir une résistance mécanique élevée au passage des ions.

Les propriétés mécaniques et électriques du caoutchouc durci, ainsi que la facilité avec laquelle cette substance se laisse travailler, en font un excellent isolant.

Bien entendu, le caoutchouc durci de bonne qualité peut seul convenir comme isolant. Le caoutchouc durci de qualité supérieure, sans charge étrangère, a une densité inférieure à 1,21. On a proposé d'imposer 1,21 comme limite supérieure de la densité. Cette condition empêche l'emploi d'adultérants de densité supérieure, mais n'écarte pas les charges de densité plus faible.

Il n'y a pas d'essai plus sensible que la détermination de la résistance électrique pour rechercher les matières étrangères nuisibles.

Les principaux inconvénients du caoutchouc durci comme diélectrique sont les suivants : le manque de résistance aux tempéra-

tures élevées, sa fragilité, la résistance à l'huile insuffisante, la détérioration à la lumière.

Toutes les qualités de caoutchouc durci se détériorent à la surface par action de la lumière, surtout dans une atmosphère humide.

On peut remédier, dans certains cas, à ce dernier inconvénient, en protégeant le caoutchouc durci par un verre jaune, mais ce moyen n'est pas toujours applicable.

W.-S. Flight a discuté l'emploi des dérivés du caoutchouc comme diélectriques, dans une conférence à l'Institution de l'Industrie du Caoutchouc anglaise (1).

Les isolants en caoutchouc durci peuvent être classés en :

Ebonite,
Stabilité,
Produits divers.

Les meilleures qualités d'ébonite sont relativement chères et ont des propriétés électriques souvent supérieures à celles nécessaires pour de nombreuses applications. Pour ces dernières, on peut employer des qualités inférieures contenant une proportion de charges plus élevée.

Lorsqu'on introduit certaines charges dans un mélange de caoutchouc et de soufre, on obtient des produits du type stabilité, qui peuvent être utilisés à une température plus élevée que les types ordinaires. Malheureusement cet avantage se produit au détriment de la résistance électrique.

Il existe enfin des produits chargés en amiante, résistant à une température élevée, mais ayant une faible résistance électrique. En outre, les propriétés absorbantes de l'amiante empêchent l'emploi de ces produits dans une atmosphère humide.

Les propriétés électriques et mécaniques doivent être permanentes et ne doivent pas s'altérer au cours du service (température relativement élevée, lumière solaire, atmosphère humide). Les produits ne doivent pas être cassants et doivent résister, dans certains cas, à l'action des huiles minérales chaudes.

Lorsque les matériaux doivent résister à une tension très élevée pour une fréquence quelconque (appareils de transmission de T. S. F.

(1) *Second Yearbook of the Institution of the Rubber Industry*, 1923, p. 386.

et appareils à rayons X) ou sont destinés à des instruments très sensibles, une résistance électrique élevée, d'au moins 125.000 volts par $\frac{m}{m}$, et une résistivité de surface et de volume élevée sont de première importance. En ce qui concerne la température, il faut que le produit puisse être employé, dans quelques cas, jusqu'à 50°, et dans d'autres jusqu'à 90°.

Pour les distributeurs de magnétos et pour l'isolement d'autres parties des bobines d'inflammation, la résistance électrique n'a pas besoin d'être aussi élevée. Le caoutchouc durci doit pouvoir supporter une température d'au moins 130° ; toutefois, pour certaines parties, une résistance à 50° suffit. La résistance mécanique doit être élevée (chocs, coups, vibrations, etc.). Les dispositifs d'ignition pour les ballons et les avions doivent travailler avec succès à toute température comprise entre — 40° et + 150°.

Les applications ci-dessus sont données à titre d'exemple ; dans chaque cas, il faut choisir une matière ayant les propriétés mécaniques et électriques désirées, mais il est inutile de prendre une qualité supérieure à celle qui correspond aux besoins.

*
**

L'essai de la résistance électrique se fait avec un courant sinusoïdal, de 50 périodes par seconde. Le voltage est augmenté régulièrement, de façon que la rupture se fasse en une minute. On fait au moins cinq essais pour chacune des conditions dans lesquelles on désire étudier l'isolant.

Le tableau I montre que l'ébonite de qualité supérieure, ne contenant que du caoutchouc Para et du soufre, résiste à la température ordinaire et pour une épaisseur de $0\frac{m}{m} 5$, à 150.000 volts par $\frac{m}{m}^2$. Il n'existe pratiquement aucun autre diélectrique connu ayant une résistance aussi élevée dans des conditions analogues.

Les tableaux II et III donnent les résistivités de volume et de surface de trois caoutchoucs durcis.

Dans le tableau IV sont rassemblées quelques propriétés mécaniques et électriques de l'« ébonite de qualité moyenne » et de la stabilité.

TABLEAU I

Résistance électrique de différents échantillons
de caoutchouc durci.

N° Échantillon	TYPE	ÉPAISSEUR %	CONDITION DE L'ÉCHANTILLON	KILOVOLTS par "		
				40 à 20°	60°	100°
1	Ébonite (amirauté)	0.5	Normal	450	"	"
2	— (qualité moyenne)	0.5	—	36	"	"
3	— (bouton interrupt)	0.5	—	26	"	"
4	— (qualité moyenne)	1.0	—	25	18	"
5	—	2.0	—	18	11	"
6	—	1.0	—	45	"	2
6	—	1.0	Après 24 h immersion dans eau	32	"	"
6	—	1.0	— — saumure	37	"	"
6	—	1.0	— — acide	[5]	"	"
7	Stabilité	1.0	Normal	27	"	12
7	—	1.0	Après 24 h immersion dans eau	22	"	"
7	—	1.0	— — saumure	[5]	"	"
7	—	1.0	— — huile	27	"	"
8	Ébonite (qualité moyenne)	1.0	Normal	29	24	"
8	—	1.0	Après 24 h immersion dans eau	29	"	"
8	—	1.0	— — saumure	35	"	"
8	—	1.0	— — acide	8	"	"
8	—	1.0	— — huile	[30]	"	"

TABLEAU II

Résistivité de volume en megohms par $\frac{1}{\text{cm}^3}$.

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	N° 6 ÉBONITE qualité moyenne	N° 7 STABILITE	N° 8 ÉBONITE qualité moyenne
Normal	5×10^8	1.8×10^8	4×10^8
Après une semaine dans l'eau	5×10^8	2×10^8	5×10^8
— — la saumure	5×10^8	1.8×10^8	5×10^8
— — l'acide	5×10^8	0.5×10^8	5×10^8
— — dans l'huile; à 100°	3.5×10^8	6.3×10^7	5×10^8 (à 50°)
Après six heures dans l'air; à 100°	1×10^8	5×10^8	5×10^8 (à 50°)

TABLEAU III
Résistivité de surface en megohms par $\frac{c}{m^2}$.

ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON	N° 6 ÉBONITE qualité moyenne	N° 7 STABILITE	N° 8 ÉBONITE qualité moyenne*
Normal	16×10^8	500,	44×10^8
Après une semaine dans l'eau	$4,8 \times 10^8$	44×10^8	$0,8 \times 10^8$
— — — la saumure	$4,7 \times 10^8$	2×10^8	23×10^8
— — — l'acide	45×10^8	9	$1,2 \times 10^8$
— — — l'huile ; à 100°	26×10^8	14×10^8	5×10^8 (à 50°)
Après six heures dans l'air ; à 100°	4×10^8	5×10^8	4×10^8 (à 50°)

TABLEAU IV
Propriétés mécaniques et électriques de quelques caoutchoucs durcis.

PROPRIÉTÉS	ÉBONITE qualité moyenne	STABILITE
Résistance à la traction	4 000 lb in ²	3.900 lb in ²
Limite d'élasticité	550 lb/in ²	1.900 lb in ²
Module d'élasticité	455 000 lb in ²	950.000 lb in ²
Facteur de puissance à 20° (fréq. T. S. F.)	0,9 %	"
Pouvoir diélectrique	3,0 %	"
Dilatation thermique	70×10^{-6} (de 20 à 100°)	"
Résistivité thermique	600	"
Facteur de puissance à 20° (fréq. téléph.)	0,4 %	"
Facteur de puissance à 74° (fréq. téléph.)	7,3 %	"

*
**

Lorsqu'on détermine le temps nécessaire pour amener le *percement* de l'isolant examiné, il est indispensable de spécifier les conditions d'essais suivantes :

- Température,
- Pression des électrodes sur le diélectrique,
- Forme et dimensions des électrodes,
- Forme et fréquence de la tension appliquée,
- Accroissement du voltage en fonction du temps d'application.

*
* *

Il y a quelques années, Paterson, Rayner et Kinnes ont entrepris des études sur le caoutchouc durci, à la demande de l'Amirauté britannique. Ces auteurs sont arrivés aux conclusions suivantes (1) :

Les échantillons ne contenant que du para et du soufre ont une résistance au percement supérieure à 140.000 volts par $\frac{m}{m}^2$. Les échantillons fabriqués avec des gommes secondaires donnent 110.000 volts environ. Les échantillons chargés ont tous une résistance plus faible, notamment dans le cas du factice. Le talc est la charge ayant le moins d'effet nuisible, mais il ne permet pas de donner au caoutchouc durci le brillant voulu, que l'on obtient avec le caoutchouc durci pur.

*
* *

On fait également sur les isolants des essais de flexion, de fragilité et d'usinage (2).

(1) *Institution of Electric Engineers; Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 10, 7425 (1913).

(2) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, *ibid.* ; W.-S. FLIGHT, *loc. cit.*

CHAPITRE VII

MATIÈRES PREMIÈRES

Dans ce chapitre, nous passerons en revue les principales matières entrant dans la composition du caoutchouc durci et leurs propriétés particulières. L'énumération de tous les ingrédients susceptibles d'être employés avec leurs propriétés générales, se trouve dans le Répertoire des produits techniques publié ailleurs (1).

CAOUTCHOUC BRUT. — Pour la fabrication des articles de caoutchouc durci de première qualité, il est important de choisir avec un soin particulier le caoutchouc brut, ainsi que, d'ailleurs, toutes les matières premières. Si le caoutchouc brut renferme des grains de sable, des fragments de bois ou d'autres matières étrangères, ces impuretés peuvent être mises à nu au cours du polissage et donner naissance à des irrégularités dans la surface.

Un caoutchouc trop riche en résine est à éviter, car il donne un article poreux.

Le lavage et le séchage du caoutchouc brut se font comme dans le cas du caoutchouc souple, mais avec beaucoup de soins.

Pour la préparation des mélanges, il est recommandable de malaxer le caoutchouc, au préalable, énergiquement et pendant assez longtemps sur des cylindres chauffés ; cette opération a pour but de plastifier le caoutchouc et de faciliter l'incorporation régulière de la grande quantité de soufre et des charges. La répartition homogène du soufre est très importante, si l'on veut éviter l'obtention d'un mélange poreux et tacheté, inconvénient que l'on ne peut pas faire disparaître par une vulcanisation complémentaire, comme dans le cas du caoutchouc souple. Le laminage énergique préalable du caoutchouc provoque, en outre, tout au moins d'après l'avis de certains techniciens, une dépolymérisation facilitant l'absorption du soufre (2).

(1) A.-D. LUTTRINGER. — *Aide-Mémoire pour l'industrie du caoutchouc*, p. 97.

(2) K. GOTTLÖB. — *Technologie der Kautschukwaren*, 2^e édition, Braunschweig, 1925, p. 293.

Avant de consommer un lot de caoutchouc brut, il est avantageux de déterminer par un essai préalable la quantité de soufre nécessaire pour atteindre le degré de vulcanisation désiré et de vérifier comment le produit se comporte au polissage.

On a prétendu quelquefois que le caoutchouc para pouvait seul servir à la fabrication du caoutchouc durci de qualité supérieure, surtout du point de vue diélectrique. Pour répondre à cette affirmation, H.-P. Stevens (1) a cité des échantillons préparés par la North British Rubber C^o, pour le compte du Ceylon Research Rubber Found, avec différentes variétés de caoutchouc de plantation : feuilles fumées ordinaires, feuilles fortement fumées, etc. Tous ces produits résistent à 125.000 volts et ont subi avec succès l'épreuve de l'Amirauté. Les feuilles fortement fumées ont résisté à ce voltage pendant deux minutes.

DÉCHETS DE CAOUTCHOUC. — Il est important de n'employer que des déchets de composition connue.

Il est nécessaire de déterminer la densité, les cendres, l'extrait acétonique, etc.

L'indication de la densité n'est pas suffisante : l'addition des charges légères (Kieselguhr), de factices, de cires, de brais, n'a pas pour effet d'élever la densité ; d'autre part, il est pour ainsi dire impossible d'échantillonner convenablement un lot contenant des débris de toutes grosseurs et de toute origine.

La détermination des cendres est plus efficace. A Hutin (2) recommande de râper quelques centigrammes sur chaque fragment et de répéter 100 fois l'opération, de façon à arriver à quelques grammes d'échantillon total. L'incinération de cet échantillon moyen donnera une indication assez précise.

D'après ce même auteur, les caoutchoucs durcis à beau brillant et à belle cassure ont, en général, de 2 à 5 % de cendres ; cette teneur atteint parfois de 10 à 15 % et même au-delà. La seconde qualité contient jusqu'à 30 à 35 % de cendres. Les caoutchoucs durcis, pour bacs d'accumulateurs, gros articles communs, ont jusqu'à

(1) Discussion à la suite d'une conférence de W.-S. FLIGHT, à l'*Institution of the Rubber Industry* (Second Yearbook, 1923, p. 413).

(2) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 19, 11331 (1922).

50 % de charge siliceuse. Il existe enfin des déchets ayant l'aspect de caoutchouc durci, mais qui ne contiennent pas trace de caoutchouc. A. Hutin (1) cite l'exemple d'un lot de « bavures d'ébonite » ne contenant aucun caoutchouc, à base de gommés-résines, avec 65 % de charge siliceuse.

POUDRE DE CAOUTCHOUC DURCI. — Cette matière première joue un rôle considérable et sera étudiée dans un chapitre spécial (Chapitre VIII).

SOUFRE. — Le soufre devra être tamisé plus finement et plus parfaitement que dans le cas du caoutchouc souple, et devra être exempt de gravier. Il ne doit pas contenir d'acide libre, qui donnerait un produit poreux et diminuerait le pouvoir isolant. La teneur en soufre d'un caoutchouc durci a une grande influence sur la qualité du produit vulcanisé.

RÉGÉNÉRÉ. — On emploie le régénéré flottant ; il doit être absolument exempt de gravier ou de particules métalliques. Il ne doit pas être trop ancien, ni altéré.

Le régénéré obtenu par les procédés à l'acide ou à l'alcali a un léger effet accélérateur. Le régénéré à l'huile, surtout celui fabriqué à l'huile de lin, peut être employé, cette huile exerçant un rôle très utile dans la fabrication.

Le régénéré, employé en quantités limitées, produit une forte augmentation de la résistance à la rupture et une diminution de l'allongement final ; en quantités plus fortes, l'effet produit est inverse (2).

Dans certains mélanges, on emploie jusqu'à 10 parties de régénéré pour une partie de caoutchouc.

FACTICES. — On emploie les factices blancs et les factices noirs, surtout de qualité flottante, en petites quantités. Certaines usines utilisent un factice préparé spécialement, contenant 30 % de soufre, qui rend la matière plus dure et brillante (3).

(1) *Loc. cit.*

(2) W.-E. GLANCY. — *Ind. Eng. Chem.*, 16, 359 (avril 1924).

(3) Sur les factices, consulter le volume : A. DUBOSC, *Les Caoutchoucs factices ou huiles vulcanisées.*

CHARGES MINÉRALES. — L'influence des charges minérales est moins prononcée que dans le caoutchouc souple.

On n'emploie pas la litharge, qui contient toujours du plomb métallique, dans le caoutchouc durci devant avoir des propriétés isolantes ; on l'utilise dans le caoutchouc durci appliqué sur l'armature des roues garnies de bandes pleines.

L'oxyde de zinc est employé dans la fabrication des produits rouges ou bruns, afin d'atténuer la couleur noire primitive.

Le sulfate de baryum est une charge bon marché, dont la résistance aux acides et aux alcalis est un facteur avantageux dans le caoutchouc durci venant en contact avec ces produits chimiques.

La chaux et la magnésie accélèrent la vulcanisation et augmentent la résistance à la rupture, lorsqu'on les emploie en petites quantités (1). La chaux diminue le piquage.

La magnésie présente encore un autre avantage, résultant de sa basicité. Le caoutchouc durci se colore, avec le temps et sous l'influence de la lumière, superficiellement en vert, résultat de l'oxydation à la surface. Ce phénomène est encore plus prononcé sous l'action de l'ozone formé au cours des décharges électriques. Le caoutchouc durci, verdi, contient toujours un peu d'acide sulfurique libre, ce qui diminue notablement ses propriétés isolantes. La magnésie neutralise l'acide sulfurique et le caoutchouc durci, préparé à base de magnésie, conserve pendant longtemps son pouvoir isolant élevé (stabilité (2)).

Le carbonate de calcium est la charge réduisant le moins la résistance électrique, mais il ternit la surface et ne peut donc pas être employé dans les mélanges devant avoir un beau poli. Le carbonate de magnésium présente ce même inconvénient.

Le talc donne de la résistance aux acides. Il empêche la déformation des bacs d'accumulateurs ; on l'emploie dans le caoutchouc dentaire. Le caoutchouc durci contenant beaucoup de talc, ne se polit pas facilement ; cette charge donne des copeaux longs et une bonne coupe.

Le kaolin est un bon isolant : le caoutchouc durci contenant

(1) W.-E. GLANCY, *loc. cit.*

(2) K. GOTTLÖB, *loc. cit.*, p. 293.

cette charge, a un bel aspect et prend un beau poli. On l'utilise dans les pièces de magnétos, les tubes isolants, la stabilite ou d'autres caoutchoucs durcis rouges.

Le lithopone est peu employé, sauf dans le caoutchouc dentaire.

La pierre ponce, le kieselguhr, l'amianté, sont utilisés dans les caoutchoucs durcis résistant aux acides.

Le sulfure d'antimoine est employé dans les articles rouges et bruns. Le vermillon a la même application, surtout dans le caoutchouc dentaire.

L'oxyde de fer est peu employé, sauf dans les qualités rouges inférieures.

PRODUITS ORGANIQUES. — Le mineral rubber est employé en quantités importantes, surtout lorsqu'il s'agit d'avoir une faible densité. C'est un liant et un bon isolant ; au-delà d'une certaine proportion, il affaiblit le caoutchouc durci.

L'huile de lin facilite l'incorporation des matières sèches ; elle donne au caoutchouc durci du brillant et un beau poli.

La cérésine facilite le travail mécanique et le travail à la boudineuse ; elle joue le rôle de plastifiant en présence d'une grande quantité de poudre de caoutchouc durci.

La résine facilite le travail, donne une belle coloration noire, mais a une tendance à rendre le produit cassant.

L'huile minérale facilite le travail lorsque le mélange contient beaucoup de kaolin, de carbonate de magnésium, etc.

Le brai de goudron facilite le mélange, donne une belle couleur noire et abaisse la densité.

Le noir de carbone, en petites quantités, communique au caoutchouc durci une résistance à la traction élevée et une grande dureté.

Mentionnons enfin l'addition de fibres végétales, telles que le chanvre et l'éolite, en particulier, dans les matières analogues à la stabilite.

ACCÉLÉRATEURS. — La fabrication des articles en caoutchouc durci étant une vulcanisation ordinaire, on peut obtenir les mêmes

effets avec les accélérateurs que dans le caoutchouc souple (1). Le temps de vulcanisation d'un mélange de

Caoutchouc	100
Soufre	40

peut être abaissé à deux heures à l'aide d'un accélérateur puissant, et on obtient un caoutchouc durci de première qualité.

Lorsqu'il s'agit d'objets d'une certaine épaisseur, la question de la conductibilité calorifique entre en jeu. On ne peut pas les porter brusquement à la température de vulcanisation, les vulcaniser pendant un temps déterminé et laisser tomber rapidement la température. Il faut porter très progressivement à la température nécessaire, de façon à chauffer uniformément toute la masse de caoutchouc.

La plupart des articles en caoutchouc durci sont fabriqués sous forme de bâtons et de plaques relativement minces, et l'emploi des accélérateurs dans ces articles est naturellement avantageux.

Une liste des nombreux accélérateurs a été publiée ailleurs (2) ; des essais préliminaires seront nécessaires dans tous les cas ; le danger de l'après-vulcanisation n'existe sensiblement pas dans le cas du caoutchouc durci.

D'autre part, il ne faut pas oublier que certains accélérateurs donnent naissance, à la température de vulcanisation, à des produits gazeux, qui rendent le caoutchouc durci poreux.

COLORANTS. — Il faut éviter les couleurs à éclat impur, les couleurs blanchissant par chauffage dans la vapeur à 120-150°, les couleurs contenant du plomb qui donnerait du sulfure de plomb noir. Les meilleures couleurs rouges sont le vermillon et le sulfure d'antimoine.

(1) Voir la discussion à la suite de la conférence ROSENBAUM (*First Year Book of the Institution of the Rubber Industry*, 1922, p. 136).

(2) A.-D. LUTTRINGER. — *Aide-Mémoire pour l'Industrie du Caoutchouc*.

CHAPITRE VIII

POUDRE DE CAOUTCHOUC DURCI

La poudre ou poudrette de caoutchouc durci joue un rôle très important dans la préparation des mélanges de caoutchouc durci. La possibilité d'emploi de cette poudre repose sur le fait d'observation que le caoutchouc durci supporte indéfiniment la vulcanisation, à condition d'opérer à basse pression (2 ½ à 3 kgs).

La poudre de caoutchouc durci est un ingrédient essentiel de la préparation des mélanges pour les articles de caoutchouc durci moulé ; son emploi donne un produit non piqué, il empêche le rétrécissement pendant la vulcanisation et améliore la qualité et le fini des articles manufacturés.

La fabrication de la poudre de caoutchouc durci est le seul débouché des déchets de caoutchouc durci, en dehors de la fabrication des articles par compression directe des déchets. On ne peut pas régénérer le caoutchouc durci, à cause de la proportion élevée de soufre combiné chimiquement avec la gomme.

Toutefois, d'après Varenhorst et Fol, si on chauffe du caoutchouc vulcanisé, même le caoutchouc durci, dans le vide ou dans un gaz inerte, à haute température, sans les fondre, un traitement subséquent par le carbonate de soude ou un alcali en assure la régénération.

Signalons encore l'emploi de la poudre de caoutchouc durci pour saupoudrer les mélanges poissants.

DIFFÉRENTES QUALITÉS DE POUDRE DE CAOUTCHOUC DURCI.
— Pour la fabrication des articles techniques, il n'est pas nécessaire d'avoir une poudre de première qualité, mais pour les applications électrotechniques et chimiques, et lorsqu'il s'agit d'obtenir un beau poli, il faut recourir à une poudre exempte de métal et de gravier.

Les fabricants consomment, en général, leurs propres déchets bien connus.

On trouve dans le commerce deux catégories distinctes de poudres de caoutchouc durci.

La première catégorie est fabriquée spécialement avec du caoutchouc et du soufre. On trouve, par exemple, les qualités suivantes appartenant à cette catégorie :

Super « A ».....	Caoutchouc :	70 %
Super « B ».....	—	65 —
Extra Prime « A »..	—	63 —
Extra Prime « B »..	—	55 —

La pureté, la teneur en caoutchouc et l'absence de particules métalliques sont garantis dans les poudres de cette catégorie.

Elles sont recommandées pour tous les mélanges de qualité supérieure : appareillage téléphonique et électrique ; bâtons, peignes, porte-plume à réservoir, bouts de pipe et autres articles polis.

La deuxième catégorie est obtenue par broyage de déchets de caoutchouc durci, et la teneur en caoutchouc ne peut pas être garantie, puisqu'elle dépend des déchets disponibles.

Le degré de finesse standard est de 120 mesh.

CLASSIFICATION DES DÉCHETS DE CAOUTCHOUC DURCI. —
Lorsqu'un fabricant consomme ses propres déchets, il connaît leur composition et leur valeur. Lorsqu'on est obligé d'acheter des déchets, il est indispensable de les trier avec soin et rigoureusement : on contrôlera constamment la teneur en cendres des poudres fabriquées.

Le déchet de caoutchouc durci de bonne qualité a une faible densité ; sa cassure est brillante.

On classe généralement le déchet de la manière suivante :

- 1° Déchet pouvant être poli, à base de caoutchouc et de soufre ;
- 2° Déchet pouvant être poli, à base de caoutchouc, de soufre et de poudre ;
- 3° Déchet ne pouvant pas être poli, à base de caoutchouc, de soufre, de poudre et de charge minérale.

La poudre de caoutchouc durci, obtenue à l'aide des balayures des ateliers de broyage et de tournage, contient des matières étrangères

gênantes, qu'il est nécessaire d'éliminer. Les opérations de nettoyage, de lavage, de séchage et de séparation de cette poudre sont devenues une industrie spéciale, nécessitant un appareillage important et des connaissances techniques de la fabrication.

Certains déchets, notamment ceux achetés chez les revendeurs, sont imprégnés d'impuretés ; on les trempe d'abord dans l'eau, puis on les lave à la main au moyen d'une brosse.

La survulcanisation facilite le broyage, en donnant un produit bien cassant.

FABRICATION DE LA POUDRE DE CAOUTCHOUC DURCI. — On broie d'abord le déchet en petits morceaux, de façon qu'il ne puisse plus contenir de fragments métalliques relativement grands, tels que le cuivre provenant des robinets et des armatures, que l'on ne pourrait pas extraire ultérieurement à l'aimant. Les gros morceaux sont brisés au marteau. On fait bouillir ce déchet broyé dans une lessive alcaline pour le nettoyer, on lave à l'eau, on sèche et on fait un premier broyage à chaud dans un désintégrateur quelconque. On termine le broyage dans un broyeur à cylindres ordinaire, en diminuant peu à peu l'écartement des cylindres.

Les broyeurs sont recouverts d'une hotte munie d'un tuyau d'échappement conduisant à un aspirateur, qui entraîne les vapeurs et les fumées produites pendant le broyage. La partie inférieure des broyeurs est également enfermée, de façon que la poussière fine ne soit pas chassée.

Bien que les cylindres soient refroidis par l'eau, la chaleur produite par la pulvérisation est quelquefois assez grande pour provoquer l'inflammation.

Pour obtenir une poudre d'un degré de finesse plus grand, on emploie des broyeurs du type Jackson, Kek ou Sturtevant.

La matière broyée est étalée dans de grands bacs et mélangée avec des outils en bois à long manche, pour éviter une combustion spontanée et la vulcanisation de la poudre en gros blocs ou grumeaux, sous l'influence de la chaleur.

Lorsque la poudre est suffisamment refroidie, elle passe dans des tamis. On emploie un tamis cylindrique ou un tamis à secousses ordinaire, combiné avec un aimant ou un séparateur enlevant les particules

de fer et d'acier, dont la présence est une cause de rebut du produit fabriqué. Le refus du tamis est renvoyé aux cylindres.

Après le tamisage, on procède souvent à un nouveau triage, ce qui est d'autant plus nécessaire qu'à ce moment la poudre n'est pas complètement exempte de métal ou de gravier (parcelles métalliques provenant des cylindres ou existant antérieurement dans le produit). On peut procéder à cette opération par lavage, par ventilation ou par centrifugation.

Le *lavage* est le procédé le plus complet, mais il est fastidieux et donne lieu à une perte de la qualité la meilleure ; de plus, l'humidité retenue par la poudre peut donner des produits poreux.

L'appareil employé pour le lavage de la poudre se compose d'une cuve munie d'un agitateur et d'un robinet de vidange et d'une goulotte à chicanes. On mélange dans la cuve la poudre avec de l'eau, de façon à former une pâte ; on ouvre le robinet et on laisse écouler le liquide à travers la goulotte ; les matières étrangères tombent au fond et sont retenues par les chicanes. Les compartiments supérieurs contiennent la majeure partie du sable et du gravier, tandis que les compartiments inférieurs contiennent une certaine quantité de poudre, que l'on repasse dans la cuve. A la sortie de la goulotte, la matière arrive dans un wagonnet muni d'un filtre ; l'eau s'écoule dans une citerne et est renvoyée dans la cuve de traitement au moyen d'une pompe.

Dans certaines installations allemandes, on soumet la poudre à un lavage préalable à la sortie de la cuve de traitement ; ce lavage se fait dans une série de bacs au moyen d'un jet d'eau ascendant, de moins en moins puissant ; le jet d'eau entraîne la poudre de caoutchouc durci à la surface du bac, d'où elle s'écoule par déversoir dans le bac suivant, tandis que les impuretés se rassemblent au fond de ces bacs. En employant trois ou quatre séries parallèles, on peut nettoyer une série pendant que les autres sont en service.

Les wagonnets chargés de la poudre lavée sont conduits au séchoir, qui est, pratiquement, un grand appareil rotatif à torréfier le café. La poudre est chargée dans le tambour tournant et en sort à l'autre extrémité, à l'état sec, mais en grumeaux. On broie à nouveau la matière dans un broyeur à cylindres ordinaire. La poudre est envoyée au tamisage.

La purification de la poudre par *ventilation* est beaucoup plus pratique ; la poudre est aspirée dans le coffrage du broyeur ou du

tamis à secousses, au moyen d'un aspirateur qui l'envoie dans un entonnoir disposé devant l'orifice d'un ventilateur. Le ventilateur souffle contre la poussière et l'entraîne. La poudre la plus grossière tombe dans le voisinage de l'entonnoir et peut être renvoyée au broyeur ; la poudre la plus légère est entraînée par l'air. On recueille généralement de quatre à cinq fractions.

La disposition des chambres de ventilation peut varier ; le mieux est d'avoir un simple carneau se terminant par un dispositif de filtrage ; l'air s'échappe, tandis que la poudre est retenue par des filtres en flanelle ou des grillages recouverts de toile, construits de manière à pouvoir être brossés tous les jours. La sortie d'air de la chambre doit être la plus grande possible.

Pour faciliter le nettoyage, il est avantageux de garnir le sol de la salle de ventilation avec des plaques de zinc et de tapisser les parois avec du papier.

L'éclairage se fait par le plafond plutôt que par des fenêtres. L'installation de la lumière artificielle sera faite avec soin.

Après avoir arrêté le ventilateur, les ouvriers pénètrent dans la chambre et balaient la poudre de chaque compartiment. La poudre du premier compartiment subit, en général, un nouveau soufflage.

Le triage par *centrifugation* se fait dans un appareil centrifuge spécial, combiné avec un tamis métallique et un filtre en flanelle.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES EXPLOSIONS DE POUSSIÈRES. — La poudre de caoutchouc durci peut donner lieu à des explosions. Avant d'envisager le cas particulier, il est intéressant de passer en revue quelques généralités. M. W.-E. Gibbs (1) a publié récemment une étude sur les aérosols dans l'industrie, dont nous extrayons un paragraphe sur les explosions de poussières en général :

« Une explosion de poussières est très analogue à une explosion de gaz dans son origine, dans son mode de propagation et dans ses conséquences désastreuses. Elle constitue même un risque industriel plus grand, parce qu'on rencontre beaucoup plus fréquemment un nuage de poussière explosive qu'un mélange gazeux explosif.

(1) *Journ. Soc. Chem. Ind.*, 45, 182 T (1926).

« L'effet produit par une explosion dans une usine est très différent de celui produit dans une mine. Un bâtiment d'usine n'est pas construit pour résister à des pressions brusques. Une pression très faible fait écrouler les murs vers l'extérieur, et le bâtiment et son contenu sont détruits et fréquemment brûlés. Dans une mine, l'explosion est limitée par les parois et se transmet le long des travaux.

« La pression d'expansion qui est développée est due soit à la formation rapide de produits de réaction gazeux, soit à la dilatation de l'air par la chaleur de la réaction (premier cas : amidon ; deuxième cas : aluminium).

« La vitesse de combustion maximum et, par suite, l'explosion la plus violente, est obtenue avec un nuage dans lequel la poussière et l'air sont présents en proportions correspondant à leur combinaison. Si la concentration de la poussière s'écarte de cette valeur dans l'un ou l'autre sens, l'explosion est moins violente ; il existe une limite supérieure et une limite inférieure de la concentration au-delà desquelles le nuage est incapable de propager la combustion.

« La combustion est retardée par la présence de matières inertes : gaz inerte, humidité, cendres, qui absorbent une partie de la chaleur de combustion. Les particules plus grosses brûlent également moins facilement et, pour une concentration donnée, communiquent la chaleur de l'une à l'autre, avec plus de difficulté que les particules plus fines.

« La température de combustion d'un nuage donné varie considérablement, suivant la température et la capacité thermique de la source de combustion. Dans la plupart des cas, le nuage sera enflammé plus facilement, c'est-à-dire à une température relativement basse, par une grande source à température relativement basse, par exemple une flamme d'huile, que par une petite source à température plus élevée, telle qu'un arc électrique. La radiation de la source plus grande chauffe les particules de poussières environnantes et facilite ainsi la propagation de la combustion.

« Un nuage de poussière explosive peut se former progressivement dans une usine, par la fuite continue d'air poussiéreux d'un broyeur ou de la cage d'un transporteur ou d'un élévateur ; il peut être formé brusquement par la chute de la poussière accumulée sur une poutre.

« L'inflammation du nuage de poussière peut avoir lieu de différentes manières.

« Un ouvrier peut examiner le contenu d'un récipient ou d'un transporteur au moyen d'une bougie ou d'une allumette. Il peut se servir d'une lampe électrique et briser l'ampoule accidentellement. Un courant d'air peut entraîner la poussière vers un foyer de charbon, dans une salle voisine. La poussière peut être échauffée à son point de combustion par frottement dans un broyeur ou un élévateur engorgé. Des étincelles peuvent être produites par des corps étrangers ou par un isolement défectueux des fils électriques. Dans certains cas, la combustion a été due à des éclairs ou des arcs de fusibles sautés. Certaines poussières se chargent électriquement par frottement contre les surfaces broyantes ou entre des particules voisines en suspension dans l'air ; elles peuvent, dans certaines conditions, acquérir une charge suffisante pour produire une étincelle enflammant la poussière. L'accumulation d'électricité de frottement sur des courroies de transmission est une source fréquente d'ignition dans l'atmosphère sèche des Etats occidentaux de l'Amérique.

« Certaines mesures générales de précaution devraient être en vigueur dans toute usine produisant une poussière explosive, afin d'empêcher la formation d'un nuage de poussière, et d'éliminer toutes les sources possibles d'ignition. Dans les installations de broyage, de mélange et de tamisage, la poussière doit être éliminée, aussitôt formée, à l'aide de hottes d'aspiration aussi proches que possibles du point de travail, reliées par un système de tuyauterie à un filtre à air et un ventilateur d'aspiration. Les broyeurs doivent être du type complètement étanche, ou être enfermés dans une cage hermétique ou un atelier étanche aux poussières duquel on extrait l'air poussiéreux à l'aide d'un ventilateur. On empêche l'accumulation des poussières sur les saillies et sur les poutres en nettoyant fréquemment par aspiration les environs des installations.

« Il est impossible d'empêcher la formation continue d'un nuage de poussière à l'intérieur des broyeurs, des transporteurs, des trémies. Un tel nuage peut être enflammé par des étincelles provenant de morceaux de fer passant dans le broyeur, ou par le frottement des cylindres l'un contre l'autre, lorsque l'alimentation est arrêtée. Le fer est éliminé au moyen d'un séparateur magnétique ; le broyeur doit

être disposé de telle manière qu'en cas d'arrêt de l'alimentation, pour une raison quelconque, le broyeur s'arrête ou les surfaces broyantes s'écartent automatiquement l'une de l'autre.

« Dans tous les cas, l'emploi de flammes libres sera naturellement absolument interdit. On n'autorisera que les lampes électriques à incandescence, spécialement enfermées et protégées. De même, on installera des moteurs clos, des interrupteurs et des fusibles en boîtes étanches, de façon à éliminer le danger d'étincelles et d'arcs électriques.

« On a vu que lorsqu'une poussière inflammable est mélangée avec suffisamment de gaz inerte ou de poussière inerte, elle cesse d'être inflammable. On a utilisé avec succès des gaz inertes (gaz de charbon) dans les broyeurs, transporteurs et élévateurs, pour empêcher la combustion. En réduisant la concentration en oxygène au-dessous de 12 %, la plupart des poussières sont rendues inoffensives.

« La propagation d'une explosion dans un système clos de tuyauterie ou de transporteur peut être empêchée par l'emploi de registres à explosion combinés avec un tuyau d'échappement convenable.

« Lorsqu'on observe les précautions ci-dessus, il est peu probable qu'une explosion de poussières se produise ou atteigne des proportions sérieuses » (1).

EXPLOSIONS PRODUITES PAR LA POUDRE DE CAOUTCHOUC DURCI. — Au cours du broyage des déchets de caoutchouc durci et du tamisage de la poudre, il se produit une grande quantité de poussières très fines, susceptibles de donner lieu à des explosions dans des conditions favorables.

Remarquons, en passant, que pendant le broyage, il y a souvent production de gaz sulfureux ; lorsqu'on ne prend pas de dispositions pour enlever ce gaz de l'atelier, l'atmosphère de l'atelier de broyage prend une couleur bleuâtre.

Certains auteurs attribuent les explosions à la finesse des particules. Les explosions sont devenues plus fréquentes et plus graves au cours des

(1) Parmi les ouvrages généraux sur les explosions de poussières, signalons :
D.-J. PRICE et H.-H. BROWN. — *Dust Explosions*. — N. F. P. A.
W.-E. GIBBS. — *The Dust Hazard in Industry*, 1925.
W. BEYERSDORFER. — *Staubexplosionen*, 1925.

dernières années, parce que l'outillage perfectionné permet d'atteindre un degré de finesse beaucoup plus grand. Autrefois, les particules avaient, pratiquement, comme limite de finesse un diamètre d'1/1.000 de pouce, tandis qu'à l'heure actuelle une portion importante est constituée par des particules ayant un diamètre dix fois plus faible. Les matières organiques ayant un diamètre de cet ordre sont très explosives.

A la suite d'une explosion importante qui a eu lieu dans une usine américaine, il y a quelques années, et qui a occasionné des accidents (huit morts, plusieurs blessés) et des dégâts matériels, le Bureau de Chimie du Département de l'Agriculture des Etats-Unis a ouvert une enquête et a examiné les différentes théories émises à propos de l'explosion :

1° Inflammation des poussières par des étincelles formées par introduction d'une matière étrangère avec le déchet de caoutchouc dans le broyeur. Le déchet de caoutchouc contient fréquemment des fragments de métal ; les étincelles produites par l'introduction d'un objet métallique dans un broyeur ont déjà provoqué des explosions dans d'autres industries ;

2° Inflammation des poussières par le filament chaud d'une lampe électrique brisée accidentellement. Dans l'explosion de l'usine américaine, les fils et le matériel électriques ont été brûlés et endommagés par l'explosion et l'incendie et, de ce fait, il n'a pas été possible d'établir si une lampe brisée a provoqué ou non l'inflammation de la poussière ;

3° Inflammation des poussières par les étincelles formées à la suite d'accumulation d'électricité statique sur des machines en mouvement. Dans le cas considéré, on n'avait jamais constaté la présence d'électricité statique dans aucune machine ;

4° Inflammation de la poussière par une allumette enflammée. Les ouvriers survivants n'ont pu donner aucun renseignement à cet égard ;

5° Explosion produite par des étincelles dans les ventilateurs collecteurs de poussières, lorsque les ailettes frappent une substance métallique quelconque, pénétrant dans le ventilateur, ou lorsque les ailettes se détachent de l'arbre et frappent le corps du ventilateur.

Dans l'explosion américaine, le ventilateur a été examiné attentivement ; il était extrêmement endommagé, ce qui indique que l'explosion avait accumulé une force considérable avant d'atteindre ce point.

Comme conclusion, on a supposé que l'explosion a pris son origine dans l'un des broyeurs ou à proximité et a été causée par l'entrée d'un corps étranger pénétrant dans le broyeur, par le bris d'une lampe électrique ou par l'inflammation d'une allumette.

Dans des essais récents, le Bureau de Chimie des Etats-Unis (1) a déterminé l'explosibilité des poussières de caoutchouc durci et de soufre, lorsqu'elles sont enflammées dans des mélanges d'oxygène, d'acide carbonique et d'azote contenant des proportions décroissantes d'oxygène. On a observé la teneur en oxygène pour laquelle l'explosibilité diminue rapidement ; ce point représente la dilution avec un gaz inerte nécessaire pour empêcher la propagation de la flamme dans le mélange. La limite de sécurité pour le broyage du soufre est une atmosphère ne contenant pas plus de 8,5 % d'oxygène, et la dilution de l'oxygène nécessaire pour empêcher la combustion est indépendante de la concentration du soufre. La poussière de caoutchouc durci, principalement par suite d'une différence dans la composition chimique et dans la facilité d'ignition, exige une dilution de l'oxygène moindre que le soufre, pour empêcher l'explosion ; le danger cesse lorsque l'oxygène a été dilué à 13 % en volume du mélange. Pour une teneur de 14 %, l'explosibilité est faible.

PRÉCAUTIONS A PRENDRE POUR LE BROYAGE DU CAOUTCHOUC DURCI. — Le broyage du caoutchouc durci est une opération dangereuse et demande certaines précautions.

1° *Situation de l'atelier.* — L'atelier de broyage sera séparé du reste de l'usine et commandé, si possible, d'une manière indépendante des autres ateliers.

2° *Construction.* — Le bâtiment de l'atelier de broyage sera construit avec une armature solide, mais avec des murs et un plafond légers, cédant immédiatement en cas d'explosion et réduisant ainsi la pression. Pour la même raison, on aura de grandes fenêtres.

3° *Bonne ventilation.* — S'il y a production de gaz plus lourds que l'air pendant l'opération, l'air sera extrait de la salle au voisinage du plancher, et l'air frais sera admis à proximité du plafond.

(1) *Chem. Met. Eng.*, 8 décembre 1924.

4° *Collecteur de poussières.* — Lorsqu'il y a production d'une poussière fine, il est nécessaire d'installer un système collecteur de poussières efficace. La chambre à poussières de l'ancien système, dans laquelle il y avait de gros nuages de poussières en suspension, doit être supprimée, si possible, ou installée à une distance convenable du bâtiment principal. La poussière sera recueillie aussi près que possible du point d'origine et conduite par des tuyaux, avec le moins de coudes possibles, au collecteur disposé à l'extérieur du bâtiment. Il faut éviter autant que possible d'aspirer les poussières explosives à travers un ventilateur. Une aspiration dans le collecteur ou un courant d'air induit sont préférables.

5° *Broyage.* — Il est indispensable de prendre des précautions spéciales pour éviter l'entrée d'objets métalliques dans les broyeurs. C'est le seul moyen d'empêcher l'ignition de la poussière par des étincelles produites dans les machines. Une communication directe du broyeur avec l'air extérieur contribue à prévenir une explosion désastreuse en donnant un moyen d'échappement à l'explosion primaire.

6° *Installation électrique.* — Aux emplacements dans lesquels il y a production de poussières explosives, les lampes électriques sont enfermées dans des globes étanches et protégées convenablement contre tout danger de rupture. Les commutateurs, fusibles, et autres dispositifs électriques dans lesquels il peut y avoir production d'étincelles, seront disposés à l'extérieur du bâtiment ou dans une pièce séparée, ou tout au moins enfermés dans des boîtes incombustibles étanches aux poussières.

7° *Interdiction de fumer et de porter des allumettes.* — Cette interdiction sera observée sévèrement dans toutes les parties d'usine dans lesquelles les conditions sont favorables pour une explosion de poussières.

8° *Propreté.* — La propreté est la meilleure mesure générale à adopter contre les explosions de poussières. Une explosion désastreuse de poussières ne peut pas arriver dans une usine propre, car les flammes ne peuvent pas se propager, en l'absence de poussières, en quantité suffisante, se mélangeant avec de l'air. Une teneur de 20 à 40 grammes de poussières par mètre cube d'air est, en général, suffisante pour former un mélange explosif. L'installation sera maintenue

en état de propreté rigoureuse, notamment les constructions supérieures où les accumulations de poussières peuvent être mises en suspension en nuage par un choc brusque.

9° *Emploi de gaz inertes.* — On diminue notablement le danger en utilisant un gaz inerte à la place de l'air pour la manipulation de la poudre de caoutchouc durci. On peut utiliser les gaz de carreaux. Ces gaz contiennent des traces d'acide sulfurique attaquant les tuyauteries métalliques. Il est probable que cet acide et l'humidité pourraient être condensés par passage sur de la tournure de fer. La petite quantité de suie n'est pas nuisible dans le caoutchouc noir. D'après les essais de F.-S. Hoxie, il n'y a pas d'explosion avec une teneur en acide carbonique de 7 %.

10° *Précautions en cas d'incendie.* — D.-J. Price (1) signale quelques précautions à prendre pour combattre un incendie produit par des poussières.

Lorsque le feu a pris dans un récipient et qu'il semble éteint, il ne faut pas retirer immédiatement le contenu du récipient, mais le noyer complètement au préalable. Pour cette opération, on utilise un jet en pomme d'arrosoir, au lieu du jet violent d'une lance à incendie; on évite ainsi de soulever un nuage de poussière dangereux lorsqu'on procède au mouillage.

En résumé, il ne faut jamais oublier que la poudre de caoutchouc durci est un produit dangereux pouvant provoquer des explosions. La poussière de caoutchouc est pyrophorique. Il faut éviter toute accumulation de matière et ne pas laisser les tamis à l'état plein pendant la nuit.

Les industriels travaillant ce produit devraient s'inspirer des mesures de précautions et de sécurité adoptées par le Service des Poudres dans les Poudreries nationales.

(1) *Assoc. Intern. de la lutte contre l'incendie*, Philadelphie (6 octobre 1926).

CHAPITRE IX

FABRICATION DES PLAQUES

La fabrication du caoutchouc durci est délicate et exige un travail méticuleux et soigné dans les moindres détails. Ce n'est qu'en prenant des précautions suivies que certains fabricants, surtout étrangers, obtiennent un produit caractérisé par un poli brillant et par l'absence complète d'aspect gras.

L'air chargé de poussières est nuisible à la bonne fabrication. Il est nécessaire d'avoir des ateliers hermétiquement fermés, n'ayant que des ouvertures pour l'entrée d'air filtré ; la circulation est maintenue par des ventilateurs aspirants.

MÉLANGES. — Pour certaines plaques isolantes, devant résister, par exemple, à 20.000 volts et davantage, pour une épaisseur de 0,3 à 0,4 $\frac{m}{m}$, on emploie uniquement du caoutchouc et du soufre.

Ce cas est exceptionnel ; en général, les mélanges contiennent de 15 à 20 % de poudre, ainsi que d'autres charges organiques. Il est d'ailleurs difficile de fabriquer les plaques épaisses sans poudre.

L'emploi de la poudre nécessite toujours quelques précautions et des essais préalables. La poudre donne facilement naissance à des taches, dans la matière fabriquée, surtout lorsqu'elle provient de déchets étrangers, qui exigent parfois une durée de vulcanisation différente de celle du mélange lui-même.

Le choix d'un mélange convenable est très important.

FEUILLES D'ÉTAIN. — La fabrication du caoutchouc durci n'est devenue vraiment pratique qu'après la découverte de l'emploi des feuilles d'étain, brièvement mentionnée dans l'historique.

La plupart des fabriques de caoutchouc durci préparent elles-mêmes les feuilles d'étain ; il convient toutefois de signaler que l'installation d'une fonderie d'étain et d'un train de laminoirs est coûteuse.

Les fabricants, dans la grande majorité, sont d'accord pour admettre que l'étain pur est la seule matière satisfaisante ; cependant, certains industriels ajoutent 3 % de plomb pour arriver à une malléabilité plus grande.

L'étain métallique (Banka) acheté en lingots est fondu dans des creusets en graphite à la plus basse température possible ; on enlève soigneusement les scories nageant à la surface et on coule l'étain en plaques dans des cadres. On lamine alors cet étain en planches de $300 \times 150 \times 15 \frac{m}{m}$, par passages dans un laminoir ordinaire. Lorsque les planches sont complètement refroidies, on les fait passer dans une calandre à deux cylindres spéciale et on les amène progressivement à l'épaisseur voulue ($0 \frac{m}{m} 2$ à $0 \frac{m}{m} 3$), en employant de l'eau de savon comme lubrifiant. Pour donner du brillant aux feuilles, on les passe dans une machine à satiner spéciale.

Du point de vue hygiénique, les ouvriers doivent prendre des précautions, l'étain pouvant devenir très dangereux dans le cas d'infection de plaies ouvertes.

CALANDRAGE. — La préparation des plaques de caoutchouc se fait sur une calandre pouvant être réglée exactement au $1/10^e$ de millimètre. La calandre est généralement combinée avec un cylindre à doubler, sur lequel on enroule la plaque tirée, jusqu'à ce qu'elle atteigne l'épaisseur voulue. Quelle que soit l'épaisseur finale désirée, il n'est pas recommandable de tirer la feuille en une épaisseur supérieure à $1 \frac{m}{m}$. Ce n'est que par cette méthode de travail que le risque de porosité peut être réduit à un minimum négligeable. En doublant, il faut prendre les précautions nécessaires pour éviter d'emprisonner des bulles d'air entre les feuilles, qui donneraient des bulles et des trous dans les plaques terminées. Si on observe des bulles d'air, il faut les percer immédiatement avec une épingle ou un couteau pointu, en veillant que les bulles d'air soient effectivement expulsées. La préparation des plaques se fait sur une table chauffante ; l'adhérence naturelle du mélange de caoutchouc chaud est suffisante pour assurer une union convenable entre les différentes couches, sans recourir à une colle spéciale. Les tables chauffantes, aussi rapprochées que possible de la calandre, doivent avoir environ $2^m 50 \times 1^m 50$.

VULCANISATION. — Les plaques de caoutchouc durci peuvent être vulcanisées, soit à la presse, soit dans l'eau.

Le procédé de vulcanisation à la presse est le plus pratique pour les plaques de caoutchouc durci ayant plus de 15 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur ; les plaques obtenues par ce procédé ont toujours une surface mate ; il est nécessaire de les travailler et de les polir.

Le procédé de vulcanisation dans l'eau est pratiquement indispensable dans le cas des plaques de caoutchouc durci ayant une épaisseur inférieure à 15 $\frac{m}{m}$; on obtient directement un poli satisfaisant au cours de l'opération.

La vulcanisation *entre plaques de verre* donne la surface la plus lisse, mais elle est difficile.

VULCANISATION A LA PRESSE. — On emploie des moules à cadres, dont la longueur, la largeur et l'épaisseur correspondent aux dimensions des plaques de caoutchouc durci. Ces cadres sont construits en barres de fer doux de 15 à 20 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur, soudées aux angles pour former le cadre. Comme les plateaux de la presse qui viennent en contact avec les moules perdent facilement leur surface unie et lisse, il est recommandable d'employer des plaques d'acier bien poli, comme fond et comme dessus, pour les plaques de caoutchouc disposées dans le cadre. Malgré la surface lisse du métal employé, la surface des plaques de caoutchouc durci est mate.

VULCANISATION DANS L'EAU. — La feuille de caoutchouc non vulcanisée est disposée sur une feuille d'étain huilée, placée sur la table chauffante. On la couvre d'une toile et on chasse l'air se trouvant entre le caoutchouc et la feuille d'étain, par passage d'un rouleau en fer, lourd. Ce cylindrage doit être fait régulièrement, afin d'obtenir une plaque régulière. On enlève la toile, on passe soigneusement sur toute la surface du caoutchouc un chiffon de laine trempé dans l'huile de lin, puis on dépose avec précaution une feuille d'étain sur le caoutchouc. On applique la feuille régulièrement et chasse l'air retenu entre cette feuille d'étain supérieure et la plaque de caoutchouc, en passant le rouleau. La toile a pour but d'empêcher l'adhérence du caoutchouc au rouleau et de faciliter l'expulsion de l'air ; on constate, en effet, que l'air est chassé plus facilement de cette manière que lorsque la

feuille de caoutchouc et la feuille d'étain sont lisses toutes les deux. Ce rouleau, non seulement chasse l'air, mais a encore pour effet d'enfermer hermétiquement la feuille de caoutchouc entre les feuilles d'étain, afin d'éviter toute arrivée d'eau pendant la vulcanisation.

On place une nouvelle feuille de caoutchouc huilée sur la feuille d'étain, puis une nouvelle feuille d'étain sur cette seconde feuille de caoutchouc. On répète l'opération jusqu'à ce qu'on ait une épaisseur suffisante de couches. Le dessus de la pile est couvert d'une feuille d'étain.

Les feuilles d'étain doivent être aussi polies que possible et les dimensions doivent être suffisantes pour que les feuilles d'étain dépassent les bords du caoutchouc de $40 \frac{m}{m}$ sur chacun des quatre côtés. Les bords des feuilles d'étain sont enduits avec une solution de caoutchouc adhésive non vulcanisante et rabattus avec un plioir, de façon que les feuilles de caoutchouc soient bien enfermées à l'abri de l'eau. Cette opération est inutile si le cylindrage a été effectué convenablement.

La pile de feuilles d'étain et de caoutchouc est disposée dans le bac à eau, dans lequel s'effectuera la vulcanisation ; on place une lourde plaque de fer sur le sommet de la pile pour maintenir les feuilles en position. Le bac est rempli avec de l'eau chaude et chargé dans la chaudière à vulcaniser.

Ce procédé de vulcanisation donne de très bons résultats et un beau brillant, à condition de bien observer les précautions de détail, surtout dans le doublage des feuilles de caoutchouc et dans la mise en place des feuilles d'étain. Il faut éviter l'introduction d'eau entre les feuilles d'étain et le caoutchouc : l'eau produit des taches et un gonflement difficiles à enlever. En prenant les précautions indiquées, les résultats obtenus sont bien supérieurs aux autres.

Après vulcanisation, on sépare les feuilles d'étain du caoutchouc.

Si la feuille d'étain se détache difficilement et si la plaque de caoutchouc durci a une couleur vert sale, la vulcanisation est insuffisante.

Si la feuille se détache facilement et si la plaque possède un beau brillant, la vulcanisation est bonne.

Si la plaque est poreuse et cassante, il y a eu survulcanisation.

Les feuilles d'étain peuvent être réemployées plusieurs fois après

les avoir lissées, sans qu'il soit nécessaire de les fondre et de les lamener à nouveau.

Toutefois, certains fabricants préfèrent refondre les feuilles après chaque opération, parce qu'il se forme au cours de la vulcanisation une couche de sulfure à leur surface et que, de ce fait, elles ne sont plus suffisamment polies.

Les petites particules d'étain métallique qui adhèrent à la surface du caoutchouc durci peuvent être enlevées par traitement à l'acide nitrique étendu et lavage.

APPLICATIONS DES PLAQUES. — Pour certaines applications, les plaques fabriquées ne nécessitent pas de traitement ultérieur ; dans d'autres cas, elles sont poncées et polies.

Les plaques sont, soit vendues telles quelles, soit travaillées directement et transformées en articles divers, peignes, etc.

Il y a une forte demande en plaques de caoutchouc durci, à cause de leur qualité caractéristique avantageuse, d'être à la fois très résistantes et élastiques. Pour cette raison, elles sont difficiles à remplacer par d'autres isolants.

L'élasticité n'a évidemment pas autant d'importance pour les petits objets massifs que pour les articles à surface relativement grande.

PLAQUES POUR POUDRERIES NATIONALES. — A titre d'exemple concret de fabrication de plaques, nous décrivons ci-dessous le procédé d'obtention de plaques utilisées dans les Poudreries Nationales. Ces plaques ont ordinairement $0^m 60 \times 0^m 60$ ou $0^m 70 \times 0^m 70$, et une épaisseur de $3 \frac{m}{m}$. Les surfaces doivent être lisses et brillantes ; les plaques ne doivent pas être cassantes. Tirer de la feuille de 31/10 d'épaisseur à la calandre, en deux couches, sur toile fine bien propre ; décoller la feuille de la toile et la chauffer sur une table chaude par morceaux de $0^m 80 \times 0^m 80$. Appliquer sur cette feuille de caoutchouc une feuille d'étain de 3/10 d'épaisseur, en se servant d'une petite calandre dont les deux cylindres sont légèrement chauffés. On applique une feuille d'étain d'abord sur une face, puis une seconde feuille sur l'autre face. Il faut veiller à ce que la feuille de caoutchouc ait bien $3 \frac{m}{m}$ d'épaisseur. Pour faciliter ces applications, disposer, devant et derrière les cylindres, une tablette servant à engager et à

recevoir les plaques. Ebarber la périphérie des plaques et étendre ces dernières sur une plaque de fonte bien dressée, en les plaçant les unes sur les autres et en intercalant une toile entre chacune d'elles. Le tout est chargé dans un bac rectangulaire contenant de l'eau jusqu'à 10 $\frac{c}{m}$ au-dessus des plaques. Pour éviter tout dérangement des plaques, on dispose sur l'ensemble une seconde plaque de fonte bien dressée. On vulcanise en chaudière, pendant douze à quatorze heures, à 4 kgs (151°). Après cuisson, décoller les feuilles d'étain en se servant d'un bâton et en commençant par un coin, de la façon dont on ouvre une boîte de sardines. Les feuilles d'étain sont redressées au cylindre et peuvent servir plusieurs fois. Ce procédé de fabrication convient pour toutes les plaques en caoutchouc durci, quelles que soient les épaisseurs et les qualités.

CHAPITRE X

FABRICATION DES BATONS ET DES TUBES

Jusqu'à un diamètre de 60 $\frac{m}{m}$, les bâtons et tubes en caoutchouc durci sont généralement obtenus à la boudineuse.

Pour les diamètres plus grands, on emploie un procédé spécial.

FABRICATION A LA BOUDINEUSE. — Le mélange et la boudineuse devront être plus fortement chauffés que dans le cas du caoutchouc souple, parce qu'on ne peut pas employer de caoutchouc brut résineux dans le mélange et que, de ce fait, ce dernier se ramollit beaucoup plus difficilement.

Le mélange non vulcanisé est chauffé à la température nécessaire sur une table chauffante placée aussi près que possible de l'alimentation de la boudineuse.

Le mélange doit contenir le moins possible de soufre et davantage de poudre.

A Hutin (1) résume de la manière suivante les conditions d'un bon travail à la boudineuse :

- 1° Eviter une gomme trop nerveuse ;
- 2° Eviter une proportion trop élevée de factices. S'il y a trop de factices, le produit a tendance à se piquer et il est trop mou. La chaux évite le piquage ;
- 3° Une forte proportion de poudre donne de la tenue au mélange (on peut ne mettre que 10 % de caoutchouc) ;
- 4° Addition de 2 à 3 % de paraffine, de cire, d'huiles de maïs, de ricin, de soja, etc.

A la sortie de la machine, le bâton ou le tube s'avance en ligne droite sur une table en bois saupoudrée de poudre de caoutchouc durci.

(1) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 16, 8992 (1916).

Il est évident qu'on ne peut pas vulcaniser les tubes en caoutchouc durci à l'état enroulé, comme dans le cas des tuyaux en caoutchouc souple, puisqu'on ne pourrait plus les redresser après vulcanisation.

Il est important d'alimenter la boudineuse d'une manière régulière et sans interruption. S'il n'en est pas ainsi, la pression exercée sur le caoutchouc par la machine varie, et le bâton ou le tube produit n'a pas une épaisseur uniforme. Dans le cas d'un tube, les parois n'ont pas une épaisseur régulière ; dans le cas des bâtons, outre l'irrégularité de l'épaisseur, il y a le risque de la porosité.

La température de la boudineuse doit être réglée avec soin ; elle dépend de la nature du mélange à travailler. Dans le cas d'un mélange bien dur, les températures à employer sont de 70° au moins dans la tête et de 50° dans le corps de la boudineuse. Pour obtenir la température élevée à la sortie de la boudineuse, on emploie des sources de chaleur additionnelles : gaz ou électricité.

La boudineuse doit être munie de moyens efficaces de refroidissement par l'eau : si la température dépasse les limites normales, il peut y avoir vulcanisation anticipée, provoquant des ennuis dans les phases ultérieures de la fabrication.

Le bâton ou le tube non vulcanisé ainsi obtenu est saupoudré de talc et vulcanisé dans des caisses métalliques, entre des couches de talc.

On peut opérer à l'état libre ; dans ce cas, il est nécessaire d'employer un mélange à base de magnésie, de façon que la vulcanisation atteigne rapidement le point à partir duquel le caoutchouc conserve sa forme et ne s'affaisse plus.

Dans le cas de tubes à parois minces, on les enfle d'abord sur un mandrin en fer ayant le diamètre extérieur nécessaire ; afin de pouvoir retirer ultérieurement le tube vulcanisé avec facilité, on chauffe d'abord le mandrin et on le passe dans une solution de soude ou de silicate de sodium ; on laisse sécher complètement avant d'enfiler le tube de caoutchouc.

Les dimensions des caisses métalliques employées pour la vulcanisation dépendent de celles de la chaudière de vulcanisation ; en tous cas, les caisses doivent être bien couvertes pour éviter l'accès de la vapeur vive au talc et au caoutchouc. Comme il est impossible d'empêcher complètement cet accès d'humidité, le talc formera des gru-

meaux, qui appuient sur la surface du caoutchouc pendant la vulcanisation et produisent des points d'une grande faiblesse. Les bâtons et tubes non vulcanisés sont placés dans les caisses en un certain nombre de couches ; il est important de laisser entre chaque couche un espace d'au moins 3 centimètres, rempli avec du talc ; la même remarque s'applique à l'intervalle entre la couche supérieure de caoutchouc et le couvercle de la caisse.

Dans le cas de gros tuyaux, on les recouvre pendant la vulcanisation d'une feuille d'étain, parce que la couche de talc est relativement mince au-dessus des tuyaux et peut facilement être traversée par l'humidité.

Dans le cas de tuyaux de plus de 25 $\frac{m}{m}$ de diamètre, il est prudent de les vulcaniser à l'état enveloppé ou en moules, parce que, à défaut de cette précaution, ils pourraient facilement être endommagés pendant la vulcanisation.

On peut également vulcaniser les bâtons dans des tubes d'acier ; cette précaution est nécessaire lorsqu'on exige des dimensions calibrées rigoureuses.

On obtient une bonne cuisson libre des tubes, même de gros diamètre et de faible épaisseur, en les introduisant dans des tubes métalliques et en faisant arriver de l'air comprimé à l'intérieur.

On peut vulcaniser les bâtons et les tubes en caoutchouc durci directement dans la vapeur vive ; on obtient ainsi une surface plus lisse que dans le talc. Cette pratique n'est pas employée souvent.

Les bâtons et les tubes de petites dimensions peuvent être vulcanisés en les enveloppant dans une toile forte et en les suspendant dans la chaudière de vulcanisation. Ce procédé diminue la tendance de la surface du caoutchouc durci à prendre une teinte grise.

FABRICATION DES BATONS ET TUBES DE GROS DIAMÈTRE. — On fabrique d'abord un bâton ou un tube de 60 $\frac{m}{m}$ de diamètre à la boudineuse, puis on le porte aux dimensions voulues en appliquant de nouvelles couches du mélange de caoutchouc. Le mélange est tiré à la calandre, en feuilles de 1 ou 2 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur ; ces feuilles sont découpées en bandes de la longueur voulue et placées sur une table chauffante. Lorsqu'elles sont suffisamment chaudes, on les enroule autour du bâton ou du tube et on les presse énergiquement en place à

l'aide d'un rouleau à main. L'adhésivité produite par le réchauffage est tout à fait suffisante pour provoquer un collage efficace des différentes couches, sans employer de colle spéciale quelconque. Avant vulcanisation, ces tubes ou bâtons confectionnés sont enveloppés avec des bandes de toile forte en ramie. La vulcanisation se fait en couches dans du talc.

Les tubes ayant un diamètre intérieur plus grand que celui pouvant être obtenu à la boudineuse se fabriquent entièrement par application de feuilles autour d'un mandrin. Après avoir vulcanisé le tube sur le mandrin, on le retire avant refroidissement. Sinon, il est indispensable de réchauffer le mandrin et le tube avant d'essayer de retirer ce dernier.

APPLICATIONS. — Les bâtons et les tubes sont, soit transformés directement en articles manufacturés, soit polis avant expédition à la clientèle.

CHAPITRE XI

FABRICATION DES ARTICLES MOULÉS

Dans la fabrication des objets moulés, le caoutchouc durci rencontre la concurrence de succédanés bon marché ; pour cette raison, cette branche est moins lucrative. Pour arriver à une production économique, il est nécessaire de tirer le meilleur parti possible des installations et de conduire convenablement la vulcanisation. Ces articles exigent des moules nombreux et coûteux et, par suite, une grosse mise de fonds.

Le procédé et la durée de la vulcanisation dépendent de la qualité du mélange et de la forme et des dimensions des articles, ainsi que de l'installation de l'usine et de la capacité des presses et des chaudières à vulcaniser.

Si la capacité des chaudières est relativement limitée, le mode opératoire le plus rationnel consiste à soumettre les articles à une vulcanisation préliminaire dans les moules et de finir la vulcanisation dans les chaudières. On augmente ainsi la capacité de production des moules. Cette méthode a, en outre, l'avantage que l'on peut attendre d'avoir une quantité suffisante d'objets moulés semi-vulcanisés pour tirer le meilleur parti de la capacité des chaudières à vulcaniser. On dispose alors d'une grande quantité d'objets similaires pour le finissage mécanique, ce qui est également avantageux.

Dans certains cas, il est nécessaire d'achever la vulcanisation dans les moules ; il en est ainsi, par exemple, lorsque le moule a des creux profonds.

Si le mélange destiné à la fabrication des articles est suffisamment dur, une simple bonne compression dans les moules (sans vulcanisation) donne assez de rigidité aux articles pour qu'ils conservent leur forme pendant la vulcanisation dans le talc.

Enfin, certains articles sont complètement formés à la main et vulcanisés ensuite sans moule.

*
**

Les moules peuvent être construits en acier, en alliage d'antimoine, d'étain et de plomb ou en plomb pur.

Une composition d'alliage appropriée est indiquée ci-dessous :

Plomb	70
Etain	15
Antimoine	15

On emploie l'alliage lorsqu'il faut des mesures très exactes et un beau poli. On découpe le caoutchouc non vulcanisé à la forme voulue, on l'introduit dans le moule et on presse.

Pour empêcher le caoutchouc d'adhérer au moule et permettre de le retirer après vulcanisation, sans endommager le moule ou l'article en caoutchouc durci, il faut enduire intérieurement le moule avec une matière convenable. On obtient un très bon lubrifiant par dissolution de

Carbonate de sodium...	1.000 g.
Savon mou	350 g.
Eau	4.000 $\frac{c}{m}^3$.

On chauffe la solution à l'ébullition, on écume la mousse, on laisse refroidir légèrement et on ajoute

Alcool	750 $\frac{c}{m}^3$
--------------	---------------------

Cette solution est appliquée au pinceau sur le moule ; après séchage, elle laisse un enduit grisâtre.

Si on désire un beau poli, on enduit le moule d'une couche de collodion.

Le caoutchouc non vulcanisé n'est introduit dans le moule que lorsque l'enduit est complètement sec.

Après vulcanisation, on retire l'article du moule pendant que ce dernier est encore chaud.

Les moules en plomb donnent, en général, satisfaction pour une vingtaine de vulcanisations consécutives. Le plomb est alors refondu et coulé à nouveau.

En général, on ne donne qu'une première vulcanisation dans le moule, en deux heures trente. Au bout de ce temps, on retire l'objet du moule et on le vulcanise librement à l'air chaud ou dans le talc. Dans le

premier cas, on charge les articles sortant des moules, bien serrés, dans une boîte métallique, que l'on introduit dans une chambre chauffée par la vapeur indirecte.

*
* *

L'emploi de *feuilles d'étain* permet d'obtenir des objets moulés ayant un beau lustre immédiatement après vulcanisation. On garnit le moule d'une feuille d'étain ; cette application se fait généralement à la main, et quelquefois avec un gabarit. Le caoutchouc non vulcanisé, préalablement chauffé, est introduit dans la partie inférieure du moule, on met la partie supérieure en place et on vulcanise. Après vulcanisation, la feuille d'étain est arrachée et les objets sont traités par l'acide nitrique étendu.

On peut obtenir des résultats analogues par l'emploi de moules en fer nickelé.

Une méthode employée dans un grand nombre de cas consiste à recouvrir les articles d'une feuille d'étain par compression dans le moule et à vulcaniser ensuite dans l'eau, en cinq à huit heures. Après vulcanisation, on enlève la feuille d'étain et on nettoie les articles avec de l'acide nitrique étendu.

On peut également vulcaniser à l'air dans des chaudières à double enveloppe ; cette opération est plus longue, mais on est certain de ne pas avoir de taches d'humidité vertes.

Dans la confection des moules, il faut tenir compte du retrait ; il ne faut pas oublier dans cette fabrication des matrices qu'elles ne moulent pas le caoutchouc, qui est plastique, mais les feuilles d'étain ; il faut donc éviter les contours à angles vifs.

Le caoutchouc durci moulé, obtenu sous feuilles d'étain, est brillant ; on ne le soumet pas à un polissage ultérieur. Pour obtenir directement cette surface brillante, il est nécessaire de bien tamiser les charges et de n'employer que de la poudre bien ventilée de la meilleure qualité.

C'est le degré de polissage à atteindre qui détermine la qualité du mélange et la finesse des charges à employer.

*
* *

DÉFAUTS DE FABRICATION. — Les soufflures et les taches noires

proviennent, la plupart du temps, d'un séchage insuffisant de la gomme, du soufre ou des charges.

En cas de présence de gros grains de soufre, une partie de celui-ci est volatilisé, et il y a formation de soufflures, sans que le soufre entre en réaction. Souvent, on trouve à l'intérieur d'une soufflure de ce genre un petit grain de soufre.

Quand le soufre est inégalement réparti, il y a vulcanisation irrégulière locale (et production de taches noires dans les objets de couleur claire).

Il est donc important d'effectuer un séchage très soigné de tous les produits et d'employer le soufre le plus finement moulu possible.

Si on emploie une pression très élevée à la vulcanisation, sans faire croître la température, ou si l'on pompe des gaz inertes, la tension de vapeur du soufre est abaissée et la formation des soufflures est évitée ou très diminuée.

Lorsque les objets sont mous à la sortie de la chaudière, cela indique un degré de vulcanisation trop bas.

Une fragilité est la caractéristique d'un excès de charge ; il faut éviter d'ajouter trop de noir de fumée.

Les bulles d'air emprisonnées entre le moule et le mélange produiront ultérieurement des trous à la surface.

Une résistance au percement, insuffisante par places, est l'indice de la présence de particules métalliques dans la masse.

FABRICATION DES PEIGNES. — Le caoutchouc durci pour peignes doit avoir de bonnes propriétés mécaniques ; il doit être tenace et résistant et susceptible d'acquiescer un beau poli.

Le caoutchouc brut employé doit être de première qualité et ne doit pas être mélangé avec des qualités inférieures.

Les mélanges pour peignes se préparent avec des matières sèches, broyées aussi finement que possible ; ils contiennent presque exclusivement du caoutchouc et du soufre, avec un peu d'huile. On prépare le mélange par le procédé ordinaire, sur un mélangeur dont le cylindre avant fait dix-huit tours et le cylindre arrière vingt-six tours par minute. Le mélange est passé à la calandre, tiré en feuilles et doublé en épaisseurs atteignant $15 \frac{m}{m}$, au moyen d'un dispositif de doublage placé devant la calandre et commandé par elle. Ce dispositif comprend un tambour sur lequel la matière est pressée au moyen d'un rouleau qui

double la matière en supprimant les soufflures. Lorsque l'épaisseur voulue est atteinte, on coupe la masse, on la détache du tambour et on la place dans un cadre en bois couvert de toile. On saupoudre la feuille de soufre ou de poudre d'ébonite, pour l'empêcher de coller. Au cours des manipulations, il faut éviter avec soin toute introduction de matières étrangères.

On peut fabriquer les peignes par deux procédés : soit par moulage de plaquettes aux dimensions du peigne, soit par découpage de plaques de caoutchouc durci vulcanisé.

FABRICATION DES PEIGNES PAR MOULAGE DE PLAQUETTES.
— Pour le moulage des peignettes avec leurs dents, on se sert de petites presses hydrauliques ou de presses à levier.

Dans le premier cas, on emploie des moules en deux pièces en fonte, en acier, etc., munis de poignées. La surface de moulage est en métal blanc. La forme négative du peigne est produite à la machine et terminée par gravure à la main.

Avec la presse à levier, la surface totale de la presse peut être utilisée simultanément, et il est possible de mouler de vingt à trente peignes en une opération. Dans ce cas, les deux sections des moules sont fixées solidement aux deux plateaux de la presse.

D'une manière générale, il est préférable d'utiliser de petites presses hydrauliques, parce qu'on est plus sûr d'obtenir des peignes de la même épaisseur.

On découpe la feuille calandree, non vulcanisée, en bandes de la forme voulue, ayant le poids demandé, et on moule entre deux feuilles d'étain, découpées également aux dimensions du moule.

Dans la compression, on moule le contour des peignes avec les dents. Suivant les cas, on découpe un seul peigne par plaque, ou bien, on « double » et on fabrique simultanément deux peignes, les dents s'enchevêtrant, autrement dit, les dents de l'un des peignes forment les vides entre les dents du peigne voisin.

Les peignes découpés à raison d'une unité par plaquette sont plus propres et plus fins; les peignes estampés ou doublés sont meilleur marché, le déchet étant moindre.

Il existe pour les deux procédés des machines de précision très ingénieuses.

Avant de comprimer, on chauffe les plateaux de la presse et les moules. Pour obtenir un bon moulage, il est nécessaire de chauffer les plateaux de la presse à une température correspondant à une pression de vapeur de $1 \frac{1}{2}$ atmosphères.

La plaque de caoutchouc enveloppée des feuilles d'étain est placée dans le moule et soumise à la pression de la presse chauffée pendant deux minutes. La presse ne doit être ouverte que lorsque l'expulsion de l'excès de caoutchouc est complètement terminée. Après l'opération, on ouvre les moules et on retire les plaquettes moulées. On élimine l'excès de caoutchouc qui adhère et on perce les plaques d'un trou à l'une des extrémités, pour les suspendre dans la chambre de vulcanisation.

FABRICATION DES PEIGNES PAR DÉCOUPAGE DE PLAQUES VULCANISÉES. — Les peignes épais, d'une épaisseur allant jusqu'à $8 \frac{m}{m}$, sont avantageusement fabriqués avec des plaques de caoutchouc durci vulcanisé. Le mélange de caoutchouc est tiré à la calandre, à une épaisseur de $0 \frac{m}{m} 5$. Les feuilles sont découpées en morceaux d'environ $2.000 \frac{m}{m}$ de longueur sur $600 \frac{m}{m}$ de largeur, puis chauffées sur la table chauffante. Avant le découpage, on dispose une feuille d'étain sur la table chauffante, et on l'étale d'une manière unie et sans plis, à l'aide d'un rouleau à main. La feuille d'étain est alors enduite d'huile de lin ou de vaseline, et lorsque l'enduit est bien sec, la feuille de caoutchouc est placée sur la feuille d'étain. Cette opération nécessite une certaine expérience, afin qu'il n'y ait pas d'air emprisonné entre le caoutchouc et l'étain. A cet effet, on place l'un des bords de la feuille de caoutchouc sur la feuille d'étain, en tenant l'autre extrémité à la main. On applique alors progressivement la feuille de caoutchouc en expulsant les bulles d'air au moyen d'un rouleau à main. Une seconde feuille de caoutchouc est placée sur la première, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on ait l'épaisseur voulue. On place enfin une feuille d'étain sur l'ensemble qui est alors prêt pour la vulcanisation.

VULCANISATION DES PEIGNES. — Les peignes moulés dans les plaquettes et les plaques brutes qui seront découpées après la vulcanisation se vulcanisent dans un bac à eau, monté sur roues et circulant sur rails le conduisant dans le vulcanisateur. Lorsque le bac est vide,

on dispose les plaques brutes au fond et on suspend les peignes découpés verticalement dans le bac. On fait arriver de l'eau de façon à couvrir le sommet des plaquettes découpées. On pousse le bac dans le vulcanisateur et on ferme ce dernier. On élève la pression de vapeur intérieure, en une heure, à 3 ½ atmosphères, et on maintient cette pression pendant onze ou douze heures. Lorsque la vulcanisation est terminée, on laisse tomber la pression lentement. Ce n'est qu'après refroidissement complet de l'eau du bac — opération qui demande quelques heures — que l'on ouvre la chaudière et que l'on retire les articles vulcanisés.

Après vulcanisation, les peignes moulés dans les plaquettes passent directement à l'atelier de meulage et de polissage.

DÉCOUPAGE DES PEIGNES DANS LES PLAQUES DE CAOUTCHOUC DURCI. — Les plaques brutes vulcanisées sont envoyées à l'atelier d'estampage et de découpage. Les plaques sont découpées en morceaux ayant la dimension des peignes individuels, au moyen d'une scie à ruban ou d'une scie circulaire d'un modèle courant. Il est nécessaire de chauffer les plaques avant découpage.

Les dents se découpent par deux méthodes : par perçage ou pénétration et par découpage proprement dit. Ces opérations se font au moyen de machines spéciales. Un point important à observer dans le découpage est de maintenir le couteau bien affûté et d'éviter un échauffement exagéré. Il faut que la plaque de caoutchouc durci soit fixée solidement, afin d'éviter un découpage irrégulier et, par suite, la production de peignes défectueux. Les couteaux circulaires sont affûtés mécaniquement. La poussière produite pendant l'opération de découpage est aspirée automatiquement, débarrassée des impuretés métalliques et autres et utilisée pour de nouveaux mélanges. La poussière qui adhère entre les dents est enlevée au moyen d'une brosse rotative.

ARTICLES TECHNIQUES BRUTS. — La fabrication de ces articles fabriqués en série est la même que celle des articles moulés polis, mais le temps de vulcanisation est plus court et le mélange est de qualité inférieure et très chargé. Sa densité est de 1,8 à 2,1. Dans cette catégorie, se trouvent les interrupteurs, les poignées, etc. Après vulcanisation, les articles ne subissent presque pas de manipulation mécanique : on les passe à l'émeri et on les enduit d'huile.

Certains articles de cette catégorie sont soumis à des conditions spéciales : ils doivent être ininflammables, ne pas se ramollir à 70-80°, ne pas devenir acides (stabilité, etc.).

BOUTONS. — Le caoutchouc durci vulcanisé en plaques est réchauffé et ramolli sur des tables chauffantes, afin de faciliter le travail à l'emporte-pièce. Les disques découpés sortent mécaniquement de la machine ; on les laisse durcir à nouveau, puis on les envoie aux presses où ils sont ramollis et comprimés entre des matrices d'acier très finement ouvragées. Les boutons restent sous presse jusqu'à ce qu'ils soient suffisamment refroidis pour conserver le dessin. Un même ouvrier charge et vide tour à tour huit presses, le temps nécessaire à la manipulation de sept presses permettant à la huitième de se refroidir suffisamment. La production d'un ouvrier chargé de huit presses est de 20 à 40 grosses par jour, suivant la taille. A la sortie des presses, les boutons sont percés au moyen d'une perceuse semi-automatique ; cette opération exige des soins et de l'habileté, pour éviter que le forage des trous n'abîme le dessin imprimé sur les boutons. Un dispositif spécial adoucit les bords vifs des trous et un autre dispositif rogne le petit bourrelet de caoutchouc durci restant à la périphérie des boutons. En général, les boutons sont d'une seule pièce et traversés par deux ou quatre trous perpendiculaires à la surface.

Les boutons d'uniforme de la marine américaine sont fabriqués d'une manière un peu différente ; ils doivent résister aux variations de température et ne pas se ramollir sous l'action de la chaleur. On n'emploie pas, pour leur fabrication, de disques découpés à l'emporte-pièce dans des plaques. La découpeuse donne immédiatement aux boutons leur forme définitive, à l'exception du dessin, lorsqu'ils sont encore mous ; on les soumet ensuite à une vulcanisation énergique, qui les durcit, puis ils passent entre les matrices d'une presse hydraulique, chauffée à la vapeur, dans laquelle les boutons achèvent la vulcanisation, en recevant l'empreinte définitive. Ils sont alors à peu près insensibles à l'action de la chaleur. La manœuvre des presses se fait en série, comme dans le cas ordinaire. Un ouvrier produit par jour 20.000 petits ou 8.000 gros boutons. A la sortie des presses, les boutons n'ont pas une surface polie comme les boutons ordinaires ; on les présente à la main, au moyen d'une pince, à une machine à

polir. Les boutons sont vérifiés avec soin avant et après polissage et on écarte tous les boutons défectueux.

BOUCHONS EN CAOUTCHOUC DURCI. — Les bouchons filetés, utilisés pour les bouteilles à eau minérale et à bière, sont fabriqués dans des moules en acier. Le point important est la composition du mélange. La proportion de caoutchouc est réduite au minimum nécessaire servant de liant. Les charges minérales doivent être aussi inertes que possible. Ces bouchons doivent être inodores, sans goût, et ne pas contenir d'ingrédients toxiques. Il faut prendre des précautions pour qu'aucun ingrédient ne puisse dégager d'hydrogène sulfuré dans les conditions de vulcanisation, car ce gaz donnerait inévitablement un mauvais goût au liquide avec lequel le bouchon est en contact.

RÉCEPTEURS TÉLÉPHONIQUES. — Les récepteurs téléphoniques doivent être munis de pas de vis et d'inscriptions (chiffres et lettres). On les fabrique dans des moules d'acier construits aux dimensions exactes, produisant sur les objets les filets et les inscriptions. Le mélange de caoutchouc, tiré en feuille et découpé en morceaux ayant approximativement les dimensions voulues, est bien chauffé, ainsi que le moule. Lorsque le caoutchouc est devenu mou et flexible, il est introduit dans les moules. On ferme ces derniers et on les soumet à une pression élevée. Les presses sont munies d'une arrivée d'eau froide pour assurer le refroidissement rapide des moules. L'excès de caoutchouc s'échappe par extrusion et est enlevé lorsque l'article moulé est retiré du moule.

La méthode de travail ci-dessus convient particulièrement pour la production en grandes masses d'articles en caoutchouc durci, de forme et de poids absolument identiques. Elle assure également la production de pas de vis exacts.

La majorité des articles chirurgicaux en caoutchouc durci sont obtenus par ce procédé.

ROBINETS. — Ces articles sont d'abord comprimés dans des moules et vulcanisés ensuite sur des cadres en fer. Chaque moule contient deux corps de robinets. Des moules spéciaux correspondent chacun à deux boisseaux.

Il faut employer un mélange de bonne qualité, ces objets devant pouvoir acquérir un beau poli.

Le moulage s'effectue de la manière suivante : On chauffe, sur la table chauffante, de petites tiges en fer dont les dimensions extérieures correspondent aux dimensions intérieures des robinets, et on les trempe dans une solution de silicate de soude ; on laisse égoutter et sécher complètement. D'autre part, le mélange de caoutchouc est tiré en feuilles ayant l'épaisseur voulue et découpé en morceaux convenables. On dépose ces morceaux entre des couches de toile sur une plaque chauffante, puis on les introduit dans les moules chauffés. Ces moules se composent d'une partie inférieure portant des chevilles de guidage et d'une partie supérieure portant des trous correspondant aux chevilles. Avant l'introduction du caoutchouc dans les moules, les deux parties de ces derniers sont légèrement frottées avec un chiffon trempé dans la glycérine. On introduit alors un morceau de caoutchouc, on le presse sur le fond à la main, on met en place la tige de fer préparée en l'engageant dans les rainures du moule, puis on ajoute le second morceau de caoutchouc et on place la seconde section du moule. Toutes ces opérations se font sur la table chauffante, puis on charge dans la presse, qui doit être le plus près possible de la table chauffante. La presse à excentrique est manœuvrée à la main, à l'aide d'un levier ; elle ne comprend pas de dispositif de chauffage. L'action du levier provoque la fermeture immédiate de la presse ; comme le moule et le caoutchouc sont chauds, et comme ce dernier doit être très plastique, les deux morceaux de caoutchouc se soudent immédiatement et sont pressés dans tous les coins du moule, tandis que l'excès de caoutchouc s'échappe en bavure entre le fond et le couvercle du moule. Le temps de pression nécessaire est très court. Il suffit de serrer la presse avec le levier, puis de la laisser s'ouvrir, le levier retombe par son propre poids. On découpe la bavure, on retire les robinets des moules et on les dépose sur les cadres en fer mentionnés.

On peut également fabriquer les robinets avec des tubes produits à la boudineuse. Le tube est découpé en fragments de la dimension nécessaire, qui sont glissés sur la petite tige en fer et formés dans les moules.

Les robinets finis, déposés sur les cadres en fer, sont vulcanisés en chaudière à la vapeur.

Les boisseaux des robinets sont formés par compression dans des moules, comme les robinets eux-mêmes. Les boisseaux sont moulés et

vulcanisés à l'état massif, leur trou central étant percé au tour après vulcanisation. Les boisseaux ne sont pas vulcanisés dans des cadres en fer, mais noyés dans le talc, comme pour les bâtons et les tubes.

Après vulcanisation, les robinets sont retirés des cadres et on enlève à chaud les tiges de fer. L'ajustement final du boisseau dans le robinet se fait au tour. Lorsque le robinet est assemblé, on taraude fréquemment un pas de vis femelle dans la partie inférieure du boisseau et on introduit une petite vis en caoutchouc durci, débordant légèrement sur le fond du robinet. Ce dispositif empêche le boisseau de tomber ou d'être enlevé. Un autre dispositif consiste à forcer à chaud une rondelle mince en caoutchouc durci sur la queue du boisseau. Par refroidissement, la rondelle est fixée solidement au boisseau et le maintient en place.

Par une construction convenable des moules, on peut former directement des filets de vis ou d'autres dispositifs sur les robinets.

CROSSES D'ARMES. — Les crosses richement décorées sont fabriquées et terminées dans les moules ; le seul traitement après vulcanisation est le travail à la meule et le lissage de la surface de la crosse à fixer sur le fusil ou sur le revolver.

TUYAUX DE PIPE. — Le caoutchouc durci et la bakélite constituent les principaux succédanés de l'ambre pour la fabrication des tuyaux de pipe. Le caoutchouc durci est la matière première la plus employée.

La bakélite présente l'avantage de résister à la chaleur ; pour cette raison, elle est très utilisée pour les fume-cigares et fume-cigarettes ; le caoutchouc durci ne convient pas pour cet usage, à cause du bas point d'inflammabilité et de l'odeur désagréable dégagée à chaud.

Le caoutchouc durci est plus économique que la bakélite ; il se travaille facilement à la machine ; il est plastique. La question du prix est importante ; la pipe très bon marché doit être munie d'un tuyau efficace, confortable et agréable au consommateur.

Les tuyaux de pipe se font en quatre types principaux, suivant la forme de la section : ovale, ronde, carrée, à épaulement ; les tuyaux ont différentes longueurs et sont droits, semi-courbes ou courbes.

Les tuyaux de pipe se fabriquent par deux procédés généraux :

par moulage et vulcanisation ou par découpage de bâtons ou de plaques épaisses de caoutchouc vulcanisé.

Le procédé par moulage ne diffère pas des méthodes habituelles de fabrication de petits objets en caoutchouc durci, sauf que la vulcanisation dans les moules doit être conduite simplement jusqu'à un point pour lequel les articles peuvent être démontés et conservent leur forme ; la vulcanisation est alors achevée à la vapeur directe. Les tuyaux de pipe moulés sont vulcanisés sous la forme droite, le trou étant réservé au moyen d'un fil central. Les tuyaux de pipe courts sont moulés en pièce double dans chaque cavité de moule ; les tuyaux longs sont moulés séparément. Pour finir les pièces doubles, on les scie en deux, on enlève à la meule les bavures de moulage, on meule et on polit avec un mélange à base de tripoli. Ces tuyaux sont employés pour les pipes bon marché.

Les tuyaux destinés aux pipes de qualité supérieure sont découpés dans le caoutchouc durci du commerce : bâtons, section circulaire ou elliptique, plaques épaisses.

Les bâtons ne sont pas de qualité aussi bonne que les plaques, mais ils conviennent mieux : les pipes courbes conservent leur forme parce que la lumière est moins élastique que dans les plaques.

Le caoutchouc durci en plaques est découpé pour les tuyaux à section carrée et n'est employé que pour les pipes de qualité supérieure.

Le découpage des pipes se fait industriellement, au moyen de méthodes et de machines spéciales. Pour fabriquer un tuyau à section ovale, par exemple, on découpe le bâton en longueurs voulues à la scie à ruban ; chaque extrémité est centrée, en vue des opérations de tournage. On forme ensuite l'extrémité du tuyau, c'est-à-dire l'embouchure. Pour perforer le tuyau, on utilise un outil perceur spécial ingénieux, qui produit un passage d'air direct à travers le tuyau, sans brûler le caoutchouc rapidement découpé, quelle que soit la longueur. Le trou se termine à l'extrémité par une ouverture effilée en éventail, découpée par un outil spécial opérant avec la vitesse d'une machine à coudre, qui transforme l'extrémité du trou circulaire en une fente en éventail. Cette embouchure permet à la fumée de s'étendre à son entrée dans la bouche, en éliminant ainsi un jet chaud et en abaissant notablement la température. Le tenon est tourné à la meule, qui use l'extrémité épaisse du tuyau en formant un épaulement avec une partie cylindrique tubulaire

qui pénétrera dans le corps de pipe, à frottement dur; le diamètre de cette pièce devra donc être rigoureusement observé pour éviter le jeu.

On termine le tuyau de pipe en apposant la marque de fabrique, en passant à la meule et en polissant.

La forme des pipes courbes est obtenue très simplement. Les tuyaux droits sont rendus pliables, puis courbés sur une forme sur laquelle on les laisse refroidir; les tuyaux conservent alors leur forme.

FLOTTEURS POUR FILETS DE PÊCHE, BOUÉES DE SAUVETAGE, BACS, ETC. — Le procédé de la Miller Rubber C^o (1) a pour objet la fabrication de flotteurs légers et solides, à surface lisse indéfiniment imperméable aux liquides, pouvant être maniés et transportés sans danger de casse ou d'endommagement.

Le flotteur est en caoutchouc durci, à structure intérieure cellulaire. On emploie un mélange de composition appropriée et on y incorpore un agent de soufflage ou une substance qui sera gazéifiée par la chaleur de vulcanisation, en produisant dans le corps du caoutchouc une multitude de cellules; on incorpore quelquefois une matière fibreuse broyée. On prépare, par exemple, le mélange suivant :

Caoutchouc	50
Soufre	23
Coton ou laine poudre.	5
Minéral rubber.	22

On ajoute au mélange autant d'eau qu'il peut en absorber sur le broyeur, par exemple 7 l. 500 par 100 kgs de mélange. On divise alors le mélange en portions du volume désiré, de préférence en le faisant passer à la boudineuse et en découpant les boudins à la longueur voulue. On moule, par pression à froid, dans un moule ayant la forme de l'article fini, mais un volume plus petit, par exemple, le tiers du volume final. Lorsque le flotteur doit être muni d'une poignée ou d'un dispositif de fixation, on introduit le dernier dans le mélange, au moment du moulage. La compression se fait à la presse hydraulique, l'excès de mélange s'échappant du moule. L'article formé est alors

(1) *U. S. P.*, 205.186.

introduit dans un moule de vulcanisation boulonné, muni de canaux d'air, qui est introduit dans une chaudière à vulcaniser à vapeur directe; l'article est immédiatement soumis à la chaleur et à la pression correspondante (par exemple, 4 kg. 2) et maintenu pendant un temps suffisant pour transformer le caoutchouc en caoutchouc durci, trois heures, par exemple. Les canaux d'aération du moule permettent à la vapeur de venir en contact avec le caoutchouc. L'action de la chaleur transforme l'eau en vapeur, dont l'expansion forme la structure cellulaire. Les cellules extérieures s'écrasent en partie et forment une croûte assez épaisse, qui n'est que faiblement cellulaire; cette croûte arrive au contact des parois du moule, empêche une dilatation plus forte et donne une surface lisse extérieure.

NOYAUX EN CAOUTCHOUC DURCI POUR BILLES DE BILLARD.

— Les billes de billard sont rarement des produits solides uniformes et sont, en général, constituées par du caoutchouc durci pour une partie importante de leur poids. Le diamètre de ces noyaux est de 40 à 60 $\frac{m}{m}$. Le poids de chacune des dimensions est rigoureusement imposé. Le mélange est choisi pour obtenir un produit très dur. Le mélange est tiré en feuille à la calandre et découpé en bandes que l'on ramollit complètement sur une table chauffante. Un poids de mélange, correspondant à celui de la bille terminée, est prélevé et travaillé entre les paumes des mains pour lui donner une forme approximativement sphérique. La plasticité de la masse du caoutchouc rend cette opération assez facile. On fait ensuite rouler la masse à l'aide d'une planchette. Par ce procédé, on lui donne une forme plus exactement sphérique et on supprime toutes les fissures superficielles en rendant la sphère lisse. Le produit est alors prêt pour le moulage. Les moules sont hémisphériques et semblables à ceux employés pour la fabrication des balles en caoutchouc souple. Avant emploi, on réchauffe les moules et on les enduit avec une solution de silicate de soude; cet enduit permettra de retirer ensuite aisément les objets vulcanisés. Lorsque les billes de caoutchouc durci sont à moitié vulcanisées dans les moules, on refroidit ces derniers et on change la position des billes dans les moules. La raison de ce mode opératoire est le suivant: Pendant la première moitié de la vulcanisation, la pression des deux moitiés du moule, l'une contre l'autre, expulse un peu de caoutchouc, qui forme une petite bavure circulaire

sur la bille à la jonction des deux parties du moule. Si on continuait la vulcanisation sans changement de position, il faudrait finalement enlever cette bavure à la meule, ce qui réduirait le poids de la bille au-dessous du poids imposé. En faisant tourner la bille de 90° environ, la bille est rendue lisse à l'endroit de la première bavure par le moule lui-même, tandis que la vulcanisation est suffisamment avancée pour rendre impossible la formation d'une nouvelle bavure à la jonction. Après vulcanisation, les billes sont retirées et vérifiées. Les billes sans défaut, ayant le poids exact, sont expédiées aux fabricants, qui les recouvrent avec de l'ivoire ou du celluloid.

PORTE-PLUME A RÉSERVOIR. — Dans la feuille de caoutchouc à 32 % de soufre, obtenue à la calandre, on découpe des bandes destinées à la fabrication du réservoir et du bouchon du porte-plume. Ces bandes sont enroulées autour de petits mandrins du diamètre voulu ; cet enroulement se fait sur de petites tables chauffantes en acier poli. Une feuille d'étain est enroulée sur le caoutchouc et les mandrins sont placés dans des boîtes d'acier et roulés dans du talc en poudre. On place ces boîtes dans les vulcaniseurs et on vulcanise à la vapeur vive à 150°, pendant quatorze heures environ.

Le caoutchouc doit être assez dur pour garder sa forme ; cependant, il ne faut pas vulcaniser trop dur, de façon que le caoutchouc ait une résilience suffisante pour que tous les joints s'ajustent bien et réalisent l'étanchéité.

Le tournage des différentes pièces a lieu sur des tours ayant une vitesse de 2.000 tours par minute ; cette opération exige une main-d'œuvre très habile.

Le premier polissage des pièces est fait à la main sur une meule en drap humide sur laquelle on jette de la pierre ponce ; on enlève ainsi les traits produits par les outils. Pour obtenir un aspect lustré et poli, on passe à la meule en coton, dont l'un des côtés est un peu humide et recouvert de rouge, tandis que l'autre côté est sec.

Après le polissage, on vérifie l'étanchéité du porte-plume. A cet effet, on l'assemble et on le relie à une seringue permettant d'injecter de l'air. On immerge dans l'eau ; s'il y a dégagement de bulles d'air, il faut réparer ou rejeter le porte-plume.

Pour imprimer le nom sur le porte-plume, on se sert d'un dispositif

spécial comprenant deux rouleaux, dont l'un porte en relief la gravure à reproduire. Le réservoir est placé entre les deux rouleaux.

Enfin, le guillochage se fait à l'aide d'une machine opérant simultanément sur six porte-plumes. On emploie une pointe de diamant, les outils en acier s'émoissant trop vite.

SEAUX, ARROSOIRS, ENTONNOIRS. — Pour faire un seau, on emploie une feuille de caoutchouc durci de $5 \frac{m}{m}$ d'épaisseur ; on trace le seau au moyen d'un gabarit en carton établi sur une forme en tôle, indiquant les oreilles à leur place exacte. On soude en biseau autour de la forme ; on ajoute le fond avec un congé pour le consolider. La vulcanisation se fait avec le fond en haut. On entoure d'une enveloppe en tôle mince d'un diamètre un peu plus grand, on remplit l'intervalle avec du talc bien tassé, on couvre et on vulcanise.

Pour former l'anse, enrouler une feuille autour d'un fil de fer galvanisé de $3 \frac{m}{m}$, en formant une épaisseur de 15 à $16 \frac{m}{m}$ vers le milieu et en terminant en pointes de 7 à $8 \frac{m}{m}$ aux extrémités de l'anse. Soumettre à une première cuisson, le tout étant enroulé de toile et courber l'anse, ainsi que les anneaux d'accrochage.

Le même procédé s'applique aux entonnoirs et aux arrosoirs.

DESSUS DE SIÈGES DE WATER-CLOSETS. — Ils se fabriquent en toutes formes, suivant les cuvettes en faïence ou en porcelaine qu'ils recouvrent. On utilise des moules en fonte. L'intérieur est cloisonné et emboîté sur les cuves avec un jeu de un centimètre de chaque côté, ce qui permet de sceller au ciment. La surface en dos d'âne est polie et vernie. On emploie des mélanges de caoutchouc durci de qualité tout à fait inférieure, que l'on couvre d'une feuille de $1 \frac{m}{m}$ 5 de bon caoutchouc durci noir ou rouge, en les passant au moule.

PANNEAUX DE REVÊTEMENT. — Planches de bois blanc bien sèches, enfermées dans une gaine de durci.

FLOTTEURS (pour chasses d'eau). — Dans une feuille de $3 \frac{m}{m}$ d'épaisseur, on découpe en biseaux quatre quartiers que l'on soude en forme de ballon, et on ajoute une pastille de renforcement à l'emplacement de la tige. Introduire de l'ammoniaque et de l'eau dans le flotteur.

avant de le fermer, et cuire dans un moule à ballon, au bain de soufre, pendant trois ou quatre heures. Démouler à l'état froid.

GALETS POUR FILATURE. — Ces galets se font en plusieurs dimensions :

Diamètre	75 à 90 $\frac{m}{m}$.
Trou	10 à 12 $\frac{m}{m}$.
Epaisseur	17 à 21 $\frac{m}{m}$.

avec parties centrales en caoutchouc durci noir. On cuit ces galets une première fois, pendant trente à quarante minutes, dans des plaques à plusieurs trous, fixées sur des tôles portant les tiges centrales, dans de petites presses, sous une tôle lisse. Pour préparer ces galets, on fait un premier manchon sur une tringle, de 33 à 35 $\frac{m}{m}$ de diamètre, avec de la feuille de caoutchouc durci noir, et on termine le manchon avec du caoutchouc durci jaune, à un diamètre de 1 à 2 $\frac{m}{m}$ plus faible que celui des moules; on découpe ces manchons en rondelles sur le tour, on les met au poids pour les mouler ensuite. Il faut s'approcher le plus possible des mesures exactes pour éviter le déplacement du caoutchouc durci noir de la partie centrale. Après ébarbage, ces galets sont disposés en piles dans un bac en tôle galvanisée, rond ou rectangulaire, d'une hauteur suffisante et rempli d'eau. Les piles de galets ne doivent pas dépasser les $\frac{3}{4}$ de la hauteur du bac. Le tout est mis en chaudière et cuit pendant quatorze heures à 4 kilogrammes.

Le caoutchouc durci noir comprend : gomme ordinaire, poudre de durci, litharge, chaux et soufre ; le durci jaune : para, blanc de zinc, talc, chaux, 40 % de soufre.

FAUSSES CARTOUCHES EN CAOUTCHOUC DURCI POUR TUBES A TIRS POUR CANONS. — Le procédé par estampage suivant supprime le travail au tour, long et coûteux. Ce travail est effectué au moyen de deux sortes de moules. Les premiers sont en fonte et se composent d'une douille alésée aux dimensions exactes de la cartouche comme diamètre, mais de 3 ou 4 $\frac{m}{m}$ plus longue, d'un plateau à emboîtement portant la broche centrale et d'un couvercle à emboîtement avec trou central, qui reçoit l'extrémité de la broche. Ces premiers moules sont

destinés à la première cuisson des pièces, qui dure de trente à quarante minutes à 3 kilogrammes. On prépare ces cartouches en manchons sur un mandrin avec de la feuille de 1 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur de caoutchouc durci spécial, composé d'une agglomération de poudre de caoutchouc durci avec un peu de gomme grasse (Bornéo mort), du brai de gaz, de la chaux et 50 % de soufre. Réserver 2 $\frac{m}{m}$ pour recevoir une feuille de caoutchouc durci, noir et brillant. Couper la cartouche un peu plus longue et mettre au poids. On emplit les trous avec du talc, en tassant bien ; on couche les pièces côte à côte sur un plateau garni de talc sec et on les recouvre entièrement ; fermer le plateau et cuire pendant quatre heures et demie à cinq heures, à 3 kilogrammes, pour durcir complètement. On reconnaît le degré de dureté à l'état froid en frappant les cartouches l'une contre l'autre. Si le son est clair, la cuisson est suffisante. On lave les cartouches et on les brosse pour les débarrasser du talc, on les monte sur un mandrin, sur un tour à grande vitesse, pour enlever la surface blanchie à l'aide de toile émeri.

L'estampage se fait dans des moules en acier doux, bien polis à l'intérieur et avec des dimensions mathématiques rigoureuses. Ces moules sont calés fortement avec des brides en fonte d'acier. Pour presser et caler, on se sert d'un vérin hydraulique mû par un levier. On serre à 1.000 kgs, en poussant avec le levier ; on introduit un coin à coups de marteau. On supprime la pression et on refroidit le moule dans un baquet d'eau froide. Les cartouches et les moules doivent être chauffés au préalable à 120°, dans un récipient en fonte à circulation de vapeur, fermé par un couvercle en tôle. A chaque opération, les moules doivent être huilés. Pour un travail régulier, il faut quatre moules-matrices pour que les opérations se suivent de cinq en cinq minutes. Un ouvrier peut estamper de 100 à 120 pièces par jour. Il ne reste plus qu'à calibrer les longueurs et à passer à la brosse à polir.

GÉNÉRALITÉS SUR L'ESTAMPAGE. — On peut fabriquer de nombreux objets en procédant par estampage, notamment tous les objets à dessins et à ornements : crosses de revolvers, poignées de cannes, bagues molletées, commutateurs, accessoires de télégraphie. On établit des moules unis en régule ou en fonte ; dans ce premier moulage, on fait durcir les pièces. On les nettoie, puis on les estampe dans des

matrices en bronze ou en acier doux, suivant le même principe que pour les cartouches.

Il ne faut employer pour ces articles que des mélanges très chargés en poudre de caoutchouc durci. On élimine les parcelles de métal dans cette poudre au moyen d'un gros aimant.

Dans les objets utilisés comme isolants, il faut supprimer tous les produits non isolants : litharge, céruse, minium, blanc de zinc et tous les dérivés des métaux.

SIPHONS. — Ce sont des tubes coudés. On construit un manchon sur un mandrin droit, on l'enfile sur un mandrin coudé, on enroule avec des bandelettes et on cuit légèrement (deux heures et demie à 2 kgs). On retire le manchon à l'état chaud et on fait durcir à nu. Les raccords et les collages ne se font qu'avec les pièces complètement dures.

POMPES. — Pour construire un corps de pompe, on prépare un manchon, sur un mandrin en fonte, en $17 \frac{11}{16}$ d'épaisseur. On forme la nervure maintenant le presse-étoupe, on coupe à la longueur voulue, on colle des bagues sur les extrémités pour former les brides, puis on applique contre ces brides des rondelles en tôle. Enrouler le tout avec cinq ou six tours de toile fine, vulcaniser trois heures à 2 kgs. Après cette première cuisson, enlever les toiles et les rondelles, décoller le manchon du mandrin sans le retirer, et continuer la vulcanisation pour durcir.

Toutes les autres pièces se font suivant le même principe. Lorsqu'elles sont toutes dures, on procède au tournage et à l'ajustage.

Comme il est nécessaire d'intercaler de la matière non vulcanisée dans les emboîtements et congés, on vulcanise à nouveau pour durcir les parties neuves.

VOLANTS D'AUTOMOBILES. — On a fabriqué d'abord des volants en caoutchouc durci massif, puis des volants en fer creux recouvert de caoutchouc durci. Ce volant a, sur le volant recouvert de bois, l'avantage de la durée et de la propreté.

PETIT MATÉRIEL ÉLECTRIQUE. — Les petits accessoires électriques, fabriqués en caoutchouc durci, sont innombrables : prises de

courant, isolateurs, socles, poignées, appareillage divers pour télégraphie, téléphonie et T. S. F., matériel de tramway, pièces de magnétos, etc.

FABRICATION DES MEULES EN ÉMERI AGGLOMÉRÉ AU CAOUTCHOUC. — Il existe différents procédés pour agglomérer l'émeri destiné à la fabrication des meules. On peut employer un liant minéral, céramique ou organique. L'emploi du caoutchouc durci et de la bakélite fait partie de la troisième catégorie.

Le procédé de fabrication des meules agglomérées au caoutchouc est dû à Desplanques et date de 1857. De nombreux brevets ont été pris pour la fabrication de meules artificielles diverses, mais la plupart d'entre eux ont été abandonnés.

Avant la fabrication des meules artificielles, on n'employait que des meules en grès, qui présentaient les inconvénients suivants : elles n'usent que par le frottement, et non en mordant sur la matière qui est soumise à leur action ; elles manquent d'homogénéité dans leur grain et leur dureté. Le manque d'homogénéité dans le grain nécessite de limiter la vitesse à laquelle on les fait tourner pour éviter leur rupture sous l'effet de la force centrifuge, et exige toujours un appareil protecteur contre de pareils accidents. Le manque d'homogénéité dans la dureté fait que la meule s'use irrégulièrement et s'ovalise, ce qui rend le meulage très difficile, sinon impossible, et met rapidement la meule hors de service. Les meules en grès ont encore l'inconvénient d'être très lourdes et de nécessiter, par conséquent, une force considérable pour être mises en mouvement. Malgré le choix qu'on peut faire, il est difficile d'avoir des meules en grès présentant une grande variété dans la finesse du grain, ce qui limite leur emploi à quelques meulages seulement. Enfin, les meules en grès exigent d'être continuellement mouillées, ce qui offre l'inconvénient de rouiller les pièces à mouler, et amène à créer des dispositifs spéciaux pour protéger les ouvriers contre les éclaboussures d'eau ; malgré ces dispositifs, les ouvriers travaillent constamment dans l'humidité.

En dehors de l'émeri, on peut employer comme mordants : le grès en poudre plus ou moins fine, dont les grains sont presque ronds, le silice, dont les fragments sont plus anguleux que le grès, et qui est plus dur et plus mordant que ce dernier ; le carborundum, qui est un carbure

de silicium. Ce dernier est plus dur que l'émeri, tandis que le grès et le silex sont moins durs que l'émeri.

Le procédé primitif de fabrication des meules agglomérées au caoutchouc (1) consistait à chauffer d'abord le caoutchouc dans une chaudière spéciale, à 220-230°, pour le faire fondre, et à ajouter de l'huile lourde, puis le soufre, et enfin l'émeri ou une autre matière appropriée. Cette pâte était ensuite travaillée sur un broyeur à cylindres.

La fabrication moderne des meules agglomérées au caoutchouc n'exige que peu de machines et d'outillage, à condition d'acheter directement le corindon, l'émeri, le quartz, etc., en grains de toutes grosseurs ; cette branche de fabrication peut donc être entreprise même par les petites installations.

L'émeri est une variété de corindon qui est exploitée dans les mines de Grèce, d'Espagne, de Chine, d'Amérique, d'Allemagne et d'Asie-Mineure. L'émeri présente différents degrés de dureté, suivant la quantité d'alumine cristallisée. Plus cette teneur est élevée, plus la dureté de la meule en émeri est grande. La meilleure qualité d'émeri provient de l'île Naxos, dans la mer Egée ; on lui donne la préférence exclusive pour la fabrication des meules.

L'émeri provenant de la mine se présente en blocs de différentes grosseurs. Les blocs sont classés, lavés dans de grandes cuves et broyés dans des désintégrateurs. Ces machines sont construites très solidement, afin de résister à la forte pression nécessaire pour briser les gros blocs. Lorsque ce travail est terminé, c'est-à-dire lorsque tous les fragments passent facilement à travers la machine, l'émeri, qui contient encore des grains grossiers, est envoyé aux broyeurs à cylindres pour le transformer en grains de différentes grosseurs. Ces broyeurs ont un cylindre fixe et un cylindre réglable et ressemblent aux mélangeurs à caoutchouc. Les cylindres portent des pointes vives, les pointes de l'un des cylindres se logeant dans les creux de l'autre. Après chaque passage des grains, on rapproche les cylindres jusqu'à ce qu'on arrive au degré de finesse voulu. Au-dessus des cylindres, qui tournent dans une caisse entièrement fermée, est adaptée une trémie de chargement mécanique, qui alimente les cylindres automatiquement. Après avoir traversé des broyeurs à boulets, l'émeri, broyé assez finement pour éviter l'obs-

(1) PETIT. — *Manuel du fabricant de caoutchouc*, 1, 401.

truction des tamis par des grains plus gros, passe dans une série de machines à tamiser, qui donnent des grains de degrés de finesse successifs. Ces machines sont des récipients clos dans lesquels tournent des tambours-tamiseurs cylindriques, à axe excentrique. La partie tamisée tombe dans un entonnoir, puis dans un tamis à secousses automatiques, à mailles plus fines que le tamis rotatif correspondant.

Ce traitement préliminaire de l'émeri n'est à envisager que pour les grandes usines voulant monter cette fabrication depuis le point de départ. On trouve dans le commerce l'émeri en toutes grosseurs.

La fabrication des meules ne présente pas de difficultés particulières. La composition du mélange dépend de la dureté désirée, de la finesse du grain et de la qualité de l'émeri employé. Voici, à titre d'exemple, quelques proportions à employer :

Caoutchouc brut, première qualité.	100
Emeri, flint ou quartz.....	400-600
Soufre	20- 30

Le mélange se prépare, soit sur un mélangeur à cylindres, soit dans un masticateur Werner et Pfleiderer, type ordinaire ou spécial. Dans le cas de l'emploi d'un mélangeur, ce dernier a des cylindres cannelés dans le sens longitudinal. On ne dépasse pas 20 kgs de mélange, pour éviter que ce dernier ne devienne friable et sec pendant l'opération. On travaille à une chaleur modérée, comme dans le cas d'un autre mélange de caoutchouc, jusqu'à ce qu'on obtienne une masse plastique régulière, sans grumeaux, avec les cylindres rapprochés. On ajoute alors le soufre, les cylindres étant refroidis. Cette manipulation se fait avantageusement sur des cylindres lisses, afin de distribuer le soufre plus finement dans le caoutchouc. Lorsque le soufre est uniformément réparti, on mélange l'émeri sur les cylindres refroidis. L'introduction de l'émeri dans le caoutchouc doit se faire avec des cylindres suffisamment écartés. Par suite du frottement élevé de l'émeri dans le mélange, on ne peut jamais travailler avec des cylindres aussi rapprochés que dans le cas des mélanges de caoutchouc ordinaires.

Lorsque le mélange est terminé, on l'introduit directement dans les moules, ou bien on le met en magasin. Le mélange devra toujours être introduit à chaud dans les moules, afin qu'il remplisse bien complètement

ces derniers. Le mélange étant très sec, il est important de bien le tasser dans les moules. Pour remplir les moules, on applique une plaque chaude correspondante et on tasse le mélange. Au préalable, on saupoudre soigneusement le moule et le couvercle avec la poudre d'émeri ayant servi à la confection du mélange. Les moules se composent d'un cercle ayant la dimension de la meule finie, augmentée du retrait, et de deux plaques en acier de 10 à 15 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur. La hauteur du cercle correspond à l'épaisseur de la meule, augmentée de l'épaisseur de ces deux plaques. En général, les cercles sont en acier fondu ; ils sont ainsi plus économiques qu'en fer forgé. Les plaques portent exactement en leur centre un trou rond, carré ou hexagonal, pour le passage de la tige qui produira dans la meule l'ouverture centrale désirée. Cette tige a une longueur inférieure de quelques millimètres à la hauteur du cercle. Un moule déterminé permet de fabriquer des meules de différentes épaisseurs ; on compense les différences d'épaisseur par des plaques d'acier, de façon que l'épaisseur de la meule, augmentée de l'épaisseur des plaques, atteigne la hauteur du cercle.

La vulcanisation se fait à la presse ou à la chaudière. Si on prend toute une série de cercles de même hauteur, en compensant les épaisseurs diverses des meules de la manière indiquée ci-dessus, on peut charger complètement une grande presse hydraulique. On opère ainsi dans des conditions rationnelles et économiques. La fabrication des meules en émeri nécessite de très bonnes presses hydrauliques, fortes, pouvant être chauffées. Les meules exigent une pression considérable pour être bien comprimées et vulcanisées. La durée de la vulcanisation dépend de divers facteurs : composition du mélange suivant la teneur en soufre, destination de la meule (abrasion, polissage, fraisage), gros-seur des grains, degré de dureté, épaisseur de la meule et du moule. Il est très important de laisser la presse et le moule sous pression jusqu'à refroidissement complet des meules.

Pour la vulcanisation en chaudière, on serre les moules dans des étriers, comme pour d'autres articles de caoutchouc. Ce procédé ne donne jamais des meules solides, compactes, semblables à celles obtenues à la presse.

Si on a opéré convenablement, les meules s'échappent presque d'elles-mêmes au moment de l'ouverture des moules. Lorsqu'elles sont

collées en certains endroits, par suite d'un saupoudrage insuffisant, il faut réchauffer les moules et extraire les meules par pression.

En dehors des meules planes et unies, on fabrique des meules coniques, bombées, striées. Le principe est toujours le même : on utilise deux plaques d'acier épousant la forme de la meule à fabriquer. Si la périphérie n'est pas régulière, on remplace le cercle unique par un cercle en quatre à six pièces, qui sont maintenues en les entourant d'un cercle de serrage spécial.

Lorsqu'on veut communiquer aux meules une certaine porosité, qui sera supprimée au cours du service par polissage de la surface, on ajoute au mélange du crin, de l'éolite, des fibres végétales ou des poils courts, préalablement broyés. La meule aura ainsi une résistance plus grande ; en outre, par combustion de la matière organique au cours de l'utilisation, les pores se reforment constamment.

Suivant le degré de dureté et la grosseur du grain, on classe les meules en :

- Meules à fraiser,
- à polir,
- abrasives.

La partie la plus difficile de la fabrication est le tournage des meules terminées. L'émeri aggloméré au caoutchouc donne un article dur, tenace, mais néanmoins élastique, que le meilleur acier à outils n'arrive pas à entamer. On fixe la meule sur un tour et on la travaille au diamant noir. Le tour doit être muni de dispositifs de sécurité empêchant la blessure des ouvriers par les particules détachées. Le port des lunettes protectrices est indispensable pour les ouvriers travaillant au tour.

Les meules agglomérées au caoutchouc sont très légères et exigent donc peu de force ; leur grande solidité permet de les faire tourner à une vitesse élevée et, par suite, de faire beaucoup de travail en peu de temps. Leur seul inconvénient est de dégager une odeur de caoutchouc brûlé pendant le travail.

Voici l'appréciation de Payen sur les meules artificielles agglomérées au caoutchouc (1) : « Ces meules ont une homogénéité et

(1) PETIT. — *Manuel du fabricant de caoutchouc*, I, 403.

une ténacité telles que chacune d'elles, montée sur un arbre de tour et serrée entre une embase et un écrou, avec interposition d'épaisse rondelles de cuir, peut résister à un mouvement de rotation de 1.500 à 2.000 tours par minute. Les plus volumineuses, ayant 60 $\frac{c}{m}$ de diamètre et 75 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur, pèsent 40 kgs ; les plus petites ont 28 $\frac{c}{m}$ de diamètre et 4 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur ; entre ces dimensions, les épaisseurs varient d'un millimètre. Pour l'affûtage et le creusage des dentures des grandes scies, les épaisseurs sont généralement comprises entre 4 et 20 $\frac{m}{m}$. C'est surtout dans cette dernière application que les meules artificielles offrent de grands avantages, comparativement avec l'emploi des limes, pour affûter et creuser les dentures des scies droites et des scies circulaires ; elles offrent une double économie des deux tiers de la main-d'œuvre et de l'usure des outils. En outre, on les emploie avec avantage pour ébarber, blanchir, dégrossir et polir divers objets de fer, de fonte et d'acier. Les machines destinées à les faire agir sur les scies droites et les scies circulaires leur imprimant un mouvement rotatif de 800 à 2.000 tours par minute ».

PIERRES A AIGUISER ET A AFFUTER LES OUTILS TRANCHANTS.

— Ces pierres se fabriquent de la même manière que les meules ; on emploie une pâte de caoutchouc, d'huile lourde de goudron de houille et d'émeri ou d'une autre matière dure en poudre. La forme désirée est obtenue à l'emporte-pièce.

CHAPITRE XII

BACS ET REVÊTEMENTS

BACS POUR ACCUMULATEURS. — On peut construire des bacs pour accumulateurs en caoutchouc durci, en plomb, en verre. Le plomb est trop lourd et le verre est trop fragile ; le caoutchouc durci est la meilleure matière pour la construction de ces bacs, et il n'existe pas, jusqu'à présent, de succédanés bon marché permettant de lui faire concurrence.

Le caoutchouc durci résiste aux acides, sa densité est suffisamment faible, il n'est pas cassant, il est élastique et c'est un bon isolant.

Les bacs en caoutchouc durci sont indispensables pour l'éclairage électrique de wagons de chemins de fer, pour la marche des automobiles électriques, pour les sous-marins.

Le mélange employé à la fabrication des bacs devra résister à l'acide sulfurique à 26° B^e et être exempt de toute trace de fer. Les seules charges utilisables sont donc :

Le verre pulvérisé,
Le kieselguhr,
La pierre ponce,
Le sulfate de baryum.

Le caoutchouc durci devra résister à une température de 50° et ne devra pas se déformer. Les bacs destinés à l'emploi dans les tropiques ou dans les sous-marins devront résister à une température de 90°. Les bacs devront résister aux chocs et ne pas devenir cassants à froid. On atteint le résultat voulu par un choix judicieux de la teneur en soufre et par la conduite de la vulcanisation.

Les bacs ont une épaisseur de 3 à 7 $\frac{m}{m}$, suivant leurs dimensions ; il n'ont pas besoin d'être en caoutchouc durci très dur, puisqu'ils sont généralement logés dans des caisses en bois qui empêchent leur déformation sous l'action de la température.

Pour diminuer l'échauffement, on garnit les faces de saillies verticales de 2 à 3 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur et écartées d'environ 5 $\frac{c}{m}$; lorsque les bacs sont serrés les uns contre les autres, il reste entre les parois un léger intervalle, favorable au refroidissement ; l'isolement de la batterie est amélioré.

*
* *

Il y a différents procédés de fabrication des bacs d'accumulateurs : sur formes et en moules.

Pour les *bacs d'accumulateurs cylindriques*, on emploie une forme en tôle, dont les dimensions extérieures correspondent aux dimensions intérieures du bac. On tire la feuille à la calandre et on confectionne un manchon ayant la dimension voulue, en coupant les deux bords en biseau, en les rafraîchissant à la benzine et en les soudant l'un sur l'autre avec de la dissolution de durci. Talquer l'intérieur et enfile ce manchon sur la forme et enrouler avec de la toile fine très serrée. On chauffe dans l'eau bouillante, pendant dix minutes, puis retire le manchon après refroidissement. Pour faire le fond, on découpe l'une des extrémités en pointes en biseaux (quatre pointes ou davantage). Ces pointes ont pour hauteur le rayon de la forme, on les rabat pour les rapprocher l'une de l'autre et on les soude. Pour renforcer et maintenir les soudures, on applique une feuille circulaire mince que l'on colle à la dissolution de durci. La vulcanisation se fait dans le talc. On se sert d'un chariot à plate-forme ; les bacs sont disposés de façon que leurs fonds reposent sur une couche de talc, on les écarte les uns des autres, de 2 à 3 $\frac{c}{m}$ environ, en remplissant ces intervalles et le pourtour extérieur de talc jusqu'au sommet des bacs ; on cale au moyen de tôles pour soutenir le talc, on couvre de talc et on cuit pendant quatre heures et demie à cinq heures à 3 kgs (143°).

Un autre procédé consiste à souder le bac forgé avec la feuille calandree sur la forme, en formant le fond comme dans le procédé précédent. Pour vulcaniser, on enveloppe de tours de toile fine en intercalant une plaque de tôle sur chaque face et sur le fond ; on serre le tout au moyen d'une bandelette serrée en spirale.

Les *bacs de forme spéciale*, qu'on ne peut pas obtenir par les moyens ordinaires, se font dans des moules. Dans ce cas, on fait tou-

jours la vulcanisation en deux phases. On donne une première cuisson dans le moule, en quarante à soixante minutes, à 3 kgs. Après démoulage, on fait une deuxième cuisson dans le talc, afin d'avoir une pièce propre et unie. Si on achevait la cuisson dans le moule, on obtiendrait une pièce grêlée ayant un vilain aspect et présentant des difficultés au démoulage. En outre, on immobiliserait les moules pendant un temps plus long, ce qui réduirait la capacité de production de l'installation.

Il est presque toujours nécessaire de calibrer et de nettoyer les bacs non moulés, on opère à la meule et à la toile émeri.

Pour fabriquer les *bacs rectangulaires*, on découpe la feuille calandree doublée à l'épaisseur voulue en morceaux correspondant aux parois et au fond, et on dispose ces morceaux autour d'une forme en tôle. On place d'abord le fond sur cette forme, en le découpant aux dimensions exactes, puis on dispose les côtés les plus larges et enfin les côtés étroits et on les découpe aux dimensions. Les sections fraîches sont enduites de dissolution.

En général, on colle à ce moment les pieds en caoutchouc souple amortisseurs sur lesquels reposent les bacs ; parfois, cependant, on ne les colle qu'après vulcanisation du bac. La préparation d'un mélange convenable pour ces pieds est assez difficile, parce qu'il faut que ce mélange reste souple, malgré la longue durée de vulcanisation.

On visse alors le moule, constitué par des plaques de fer enduites d'eau de savon, sur le bac monté sur la forme et on vulcanise en chaudière. Lorsque la vulcanisation est suffisante pour que le bac conserve sa forme, on le retire, on le place sur un noyau creux en tôle et on achève la vulcanisation dans le talc. Après vulcanisation, on retire le bac du noyau, on égalise les bords supérieurs à la meule et on leur donne la hauteur voulue. Au besoin, on redresse les parois.

RÉPARATION DES BACS DÉFECTUEUX. — Les petites irrégularités qui ne sont pas trop profondes sont enduites d'asphalte au moyen d'une spatule en tôle ; les cavités plus importantes sont remplies avec le mélange ayant servi à confectionner le bac ; on fixe une plaque de tôle et on chauffe avec une lampe à essence pour vulcaniser le mélange, qui fait alors corps avec le bac.

On peut également réparer les fêlures et les trous en appliquant, généralement au fer chaud, des mélanges de chatterton, de gummite.

M. Hutin (1) préconise le mélange suivant :

Brai ordinaire de gaz	33 parties.
Amiante en fibres de 1 à 2 $\frac{m}{m}$	40 —
Mica blanc	14 —
Résine	13 —

Ce mélange est fait au mélangeur, comme d'habitude ; on le comprime à la presse hydraulique à 100 kgs par $\frac{c}{m}^2$. Le produit s'applique, soit seul, soit mélangé au chatterton. Il est très dur à froid, mais se ramollit facilement.

ESSAIS PHYSIQUES DES BACS D'ACCUMULATEURS. — Pour vérifier l'étanchéité du bac, on peut opérer avec la pression d'eau ou à l'aide d'une pile et d'un galvanomètre. On place le bac dans de l'eau acidulée ; on dispose à l'intérieur une électrode reliée à l'un des pôles de la pile, tandis que le deuxième pôle est réuni à une électrode placée dans l'eau extérieure. Une déviation du galvanomètre indique que les électrodes ne sont pas isolées et que le bac n'est pas étanche.

L'assemblage des fonds et des côtés doit présenter la même résistance mécanique qu'un point quelconque de la paroi ; cette résistance à la rupture varie entre 2,3 et 3 kgs par $\frac{m}{m}^2$.

L'essai électrique a pour but de s'assurer que le bac est construit en une matière bien homogène, c'est-à-dire qu'il ne comporte aucune fissure, qu'il a une épaisseur bien uniforme, et qu'il n'a été incorporé dans sa masse aucune particule métallique. Cet essai se fait en essayant de percer la paroi du bac par l'étincelle d'une bobine d'induction.

Le bac à essayer est rempli avec de l'eau jusqu'à environ 2 ou 3 $\frac{c}{m}$ du bord supérieur, en prenant soin de ne pas le mouiller au-dessus du niveau du liquide ; le bac est placé dans un récipient en verre, que l'on remplit également avec de l'eau en prenant les mêmes précautions, et en l'amenant au même niveau. A l'intérieur du bac en

(1) *Le Caoutchouc et la Cutta-Percha*, 13, 8993 (1916).

caoutchouc durci, on plonge une lame métallique reliée à l'un des pôles du circuit secondaire de la bobine d'induction ; dans le récipient en verre, on plonge une seconde lame reliée à l'autre pôle en passant par un interrupteur. Les deux pôles de la bobine sont également en dérivation avec deux tiges dont les extrémités peuvent être plus ou moins écartées. Lorsqu'on fait fonctionner la bobine, l'interrupteur étant ouvert, elle se décharge à travers l'air entre les extrémités des deux tiges, en produisant une série d'étincelles ; la bobine doit être assez puissante pour produire 10 à 15 $\frac{c}{m}$ d'étincelles. On rapproche alors les tiges d'environ 1 $\frac{c}{m}$, et on ferme l'interrupteur. Si le bac n'est pas percé, l'étincelle continuera à éclater entre les tiges, sinon elle se produira à travers la fissure, présentant une résistance moindre que l'air ; il en sera de même si le bac contient une particule métallique incorporée dans sa masse. Si au lieu d'un petit trou, le bac présente un endroit d'épaisseur moindre, l'étincelle cessera d'éclater entre les extrémités des tiges pour un écartement de 15 à 20 $\frac{m}{m}$. En résumé, la longueur d'étincelle augmente avec la perfection apportée à la fabrication du bac et la qualité des matières employées.

Dans la pratique, une épaisseur de caoutchouc durci d'1 $\frac{m}{m}$ doit résister à 15 $\frac{m}{m}$ d'étincelle environ ; on trouve couramment des qualités de caoutchouc durci résistant à 50 $\frac{m}{m}$.

ESSAIS CHIMIQUES DES BACS D'ACCUMULATEURS. — Ils ont pour but de vérifier l'action de l'acide sulfurique à chaud sur le caoutchouc durci, et d'examiner les produits de l'attaque. Le plomb et ses oxydes sont en effet attaqués principalement sous l'action de phénomènes d'électrolyse par les métalloïdes et les radicaux acides ; les métaux en dissolution dans l'électrolyte déterminent des actions locales provoquant la décharge spontanée des éléments.

On réduit un échantillon en copeaux aussi minces que possible ; on introduit 1 gr. de ces copeaux dans 200 $\frac{c}{m}^3$ d'acide sulfurique à 32° B^c, et on chauffe pendant 48 heures à 100° ; on filtre, on lave, on sèche le résidu, et on le pèse. On a ainsi la perte de matière par différence. Dans le liquide filtré, on recherche le chlore (par le nitrate d'argent), les produits nitrés (par une solution de brucine dans l'acide sulfurique à 66° B^c), et le fer (par le ferrocyanure de potassium).

Dans une autre portion de l'échantillon, on recherche les cendres par calcination.

L. Thomas (1) donne les résultats ci-dessous pour trois échantillons de caoutchouc durci différents.

	N° 1	N° 2	N° 3
Densité	1,38	1,74	1,70
Cendres	5 %	34 %	64 %
Perte dans l'acide à 32° B ^e (48 heures à 100°)	1 %	7 %	11 %
Fer	traces	traces	0,1 %
Chlore	0	0	traces
Produits nitrés	0	0	0

On remarque la proportionnalité de l'attaque à l'acide avec la teneur en cendres. Les échantillons n° 2 et n° 3 sont à rejeter.

ACCESSOIRES DES BACS POUR ACCUMULATEURS. — 1° *Couvercles*. — Les bacs sont généralement munis de couvercles perforés permettant l'échappement des gaz formés.

2° *Tasseaux*. — Les plaques de plomb ne reposent pas directement sur le fond des bacs, car l'accumulation de matière active provoquerait des courts-circuits ; elles reposent sur des tasseaux de section triangulaire. Les tasseaux collés ne sont pas recommandables, car ils se déplacent au bout de peu de temps.

Il est préférable d'avoir des tasseaux moulés avec le bac ; le fond massif porte des creux correspondants.

En général, on dispose dans les bacs des tasseaux maintenus par des cadres spéciaux, ces derniers étant en caoutchouc durci ou souple.

Les tasseaux ont une hauteur proportionnelle à la hauteur des plaques, par exemple 3 $\frac{c}{m}$ pour 20 $\frac{c}{m}$; ils doivent être en caoutchouc assez dur pour que les plaques ne s'enfoncent pas ; le sommet doit être arrondi.

3° *Séparateurs*. — Les séparateurs séparent les différentes plaques de l'accumulateur et empêchent leur contact. Un bon séparateur doit

(1) *Le Caoutchouc et la Cutta-Percha*, 7, 3797 (1910).

offrir aussi peu de résistance que possible, c'est-à-dire présenter le maximum de perforations compatible avec la solidité mécanique. Le caoutchouc durci servant à la fabrication des séparateurs doit être résistant, élastique et flexible ; à la température ordinaire, le séparateur doit pouvoir se manipuler facilement, sans se casser ; il ne doit pas se ramollir dans l'acide à 80°. Il existe différentes formes de séparateurs :

Séparateurs ondulés,

- plats à côtes moulées,
- plats à côtes collées.

Ces derniers sont peu recommandables, car les côtes se décollent.

Les séparateurs ondulés sont constitués par une feuille de caoutchouc durci de 0 $\frac{m}{m}$ 5 à 1 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur, perforée de trous de 3 $\frac{m}{m}$ de diamètre. Pour obtenir l'ondulation, on fait passer la plaque de caoutchouc brute entre deux cylindres cannelés, et on vulcanise ensuite. Les séparateurs ondulés se déforment facilement.

Les séparateurs à côtes sont beaucoup plus rigides ; ils peuvent porter des côtes d'un côté ou des deux côtés, le premier type a l'avantage de bien retenir la matière active, la feuille de caoutchouc durci pouvant être très fortement appliquée contre la plaque. Les séparateurs à côte se fabriquent, par exemple, en introduisant, dans les creux du moule en fer correspondant aux côtes, des cordes qui constitueront les nervures ; on dispose la plaque de caoutchouc, puis la feuille d'étain, on fait une première vulcanisation, on retire la plaque et on termine la vulcanisation.

Les séparateurs sont principalement employés pour les éléments légers et transportables devant avoir une grande capacité spécifique et un faible encombrement, et par suite, les plaques très rapprochées.

RÉCIPIENTS A PAROIS COMPOSÉES DE CAOUTCHOUC DURCI ET DE CAOUTCHOUC SOUPLE. — D'après le procédé de W.-A.-M. Valon et de la Paragon Rubber Mfg. Co., Ltd. (1), pour la fabrication de récipients, tuyaux, etc., ayant des parois composées de couches de caoutchouc dur et de caoutchouc souple, on incorpore un accélérateur dans la

(1) Brevet anglais n° 242.687.

composition formant la couche dure, et on effectue en une opération la vulcanisation des couches dures et souples. Exemple: pour fabriquer un bac d'accumulateur, on applique sur un noyau la composition suivante :

Caoutchouc crêpe	11 lbs 9 ¼ oz.
Paraffine	3 oz.
Soufre	5 lbs 5 ½ oz.
Poudre d'ébonite	18 lbs 3 oz.
Accélérateur	0,5 %

Sur cette couche, on applique une couche de :

Caoutchouc crêpe	20 lbs.
Soufre	2 lbs.

puis une couche extérieure de la première composition ; le tout est soumis à la pression et à la chaleur.

CYLINDRES COUVERTS DE CAOUTCHOUC. — Les cylindres garnis de caoutchouc sont employés dans un grand nombre d'industries ; suivant la destination, on emploie du caoutchouc souple ou du caoutchouc durci avec toutes les gradations intermédiaires.

GARNISSAGE DES CYLINDRES A ÉCHARNER POUR TANNERIES. — Après nettoyage du cylindre à la benzine, on enduit de deux couches de dissolution de durci. Recouvrir d'un tour de toile canevas claire ou fixer de la petite ficelle en quadrillage. Appliquer une feuille de durci de 5 $\frac{m}{m}$ d'épaisseur. Découper la feuille dans le sens du tirage ; si elle n'est pas assez large, faire une soudure en biseaux. Il ne faut pas employer la feuille dans le sens de la longueur : le retrait se produisant toujours dans ce sens, la garniture tend à se desserrer au lieu de frotter le cylindre. On applique une autre épaisseur de 2 à 3 $\frac{m}{m}$ de demi-durci ; le reste se fait en deux épaisseurs de 4 $\frac{m}{m}$ 5, doublées à la calandre, sur toile, en qualité souple, soudées bout à bout. Passer la roulette fortement dans le sens de la rotation. Il faut éviter d'enfermer de l'air pendant ces opérations et s'assurer que les feuilles sont bien propres. On enveloppe dans cinq à six tours de toile bien serrés.

sur une table, avec des rondelles à chaque extrémité. Ces cylindres sont tournés à la meule émeri. Les épaisseurs indiquées :

5 $\frac{m}{m}$	durci,	
3 $\frac{m}{m}$	demi-durci,	
4 $\frac{m}{m}$	5	}
4 $\frac{m}{m}$	5	
17 $\frac{m}{m}$		souple.

correspondent à une épaisseur finale de 15 $\frac{m}{m}$.

GARNISSAGE DES CYLINDRES POUR PAPETIERS ET TEINTURERIES. — Ces cylindres se garnissent de la même manière que les cylindres à écharner, mais avec des mélanges extérieurs différents pour obtenir tous les degrés de dureté demandés.

Pour envelopper ces cylindres, on installe un banc avec deux fers à planchers solides, écartés de 20 à 25 $\frac{c}{m}$ et assemblés à l'aide d'entretoises, montés sur quatre pieds scellés dans le sol. Sur ce banc, on fixe deux lunettes avec coussinets en V ; l'une des lunettes est mobile, pour pouvoir se déplacer suivant la longueur du cylindre. Deux fourches sont fixées sur des coulisseaux attachés sur le banc et reçoivent le rouleau portant la toile et muni de freins sur l'axe, servant à tendre la toile. A l'aide d'une forte manivelle à quatre branches, plusieurs hommes tournent le cylindre pour serrer la toile le plus fortement possible. Caler les bouts avec des rondelles en tôle avant l'enroulage, attacher solidement, avec plusieurs tours de grosse ficelle, pour empêcher les rondelles de reculer. Enrouler une bandelette en spirale et porter en chaudière. A défaut d'installation spéciale, on peut se servir d'un tour parallèle. On emploie de huit à dix tours de toile pour envelopper.

Les cylindres en question sont ordinairement en fonte très épaisse, présentant des difficultés pour la cuisson. On obtient un bon résultat en opérant par montée progressive pour tous les cylindres épais :

- 1 heure à 1 kg.
- 1 heure à 1 $\frac{1}{2}$ kg.
- 1 heure à 2 kgs.

Lorsqu'on est arrivé à 2 1/2 kgs, maintenir à cette pression pendant le temps nécessaire à la cuisson.

Les mélanges employés pour ces cylindres sont composés de caoutchouc de première qualité, de soufre, de blanc de zinc, de baryte, de talc, de chaux de Vienne. La teneur en soufre varie de 10 à 30 %, suivant la dureté.

APPLICATIONS DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE. — Il n'existe pas de matière universelle résistant à l'attaque de tous les agents chimiques, dans toutes les conditions de température, de pression, etc. L'emploi du caoutchouc durci se développe de plus en plus dans l'industrie chimique, et il est bon d'exposer les principes généraux de ses applications, de façon à n'utiliser cette matière qu'à bon escient.

Comme le caoutchouc durci se ramollit notablement vers 70-80°, l'appareillage chimique construit en cette matière n'est pas recommandable pour des températures supérieures à 50-60° ; tout en résistant à l'attaque des produits corrosifs, il court le risque de se déformer au-delà de cette température. Le caoutchouc durci, d'une composition convenable, a une grande inertie chimique et peut être employé au contact des substances corrosives suivantes :

- Acide sulfurique (jusqu'à $d = 1,50$) ;
- nitrique (jusqu'à $d = 1,12$) ;
- chlorhydrique (toutes concentrations) ;
- acétique ;
- fluorhydrique ;
- fluosilicique ;
- phosphorique ;
- Soude et potasse caustiques ;
- Chlorures, sulfates alcalins, etc. ;
- Chlorure de zinc ;
- ferrique ;
- stanneux ;
- stannique ;
- de calcium ;
- Chlore gazeux ;
- Acide chlorhydrique gazeux.

Le caoutchouc durci est attaqué par la plupart des dissolvants du caoutchouc :

Benzène,
Sulfure de carbone,
Chloroforme.

qui tendent à le ramollir et à le gonfler.

L'appareillage en caoutchouc durci, utilisé dans l'industrie chimique, comprend :

Tuyaux, coudes, tés, manchons, brides, robinets, valves, flotteurs, tuyaux taraudés, etc. ;

Pompes à piston, pompes centrifuges (en caoutchouc durci massif ou en métal à revêtement en caoutchouc durci) ;

Seaux, jaugeurs, entonnoirs, jarres, paniers, écopés, bacs de toutes formes et de toutes dimensions ;

Plaques, baguettes, tubes, articles moulés pour applications diverses ;

Revêtements de bacs, d'aspirateurs centrifuges, de tuyaux, d'agitateurs métalliques, etc.

On améliore le revêtement en caoutchouc durci des pièces métalliques en appliquant d'abord une couche de caoutchouc souple spécial, puis le caoutchouc durci et en vulcanisant l'ensemble. Le caoutchouc souple adhère mieux au métal et agit comme amortisseur et comme compensateur de la dilatation par la chaleur ; on diminue ainsi les risques de rupture. La dernière couche de caoutchouc durci est seule, à proprement parler, isolante et résistante aux agents chimiques.

Parmi les industries chimiques dans lesquelles le caoutchouc durci trouve de nombreuses applications, on peut citer :

Industries manipulant l'acide chlorhydrique (extraction des métaux rares de leurs minerais, fabrication du fil de fer galvanisé, fabrication des matières colorantes, gravure métallique) ;

Colonnes d'absorption d'acide nitrique ;

Teinture de la soie (chlorure d'étain) ;

Industries du chlore, des hypochlorites et du blanchiment ;

Galvanoplastie ;

Industries du cidre, du jus de fruit, du vinaigre, etc.

L'acide chlorhydrique peut se transporter dans des récipients en fer, à revêtement de caoutchouc durci, montés sur wagons.

Toutefois, le caoutchouc durci est toujours relativement fragile, et il se produit facilement des fêlures ou des ruptures, surtout aux joints, par suite de la différence de dilatation du récipient et du revêtement, malgré la couche intermédiaire de caoutchouc souple. Le caoutchouc souple, au contraire, résiste mieux et on a été amené à préconiser l'emploi de récipients garnis en caoutchouc souple pour l'emmagasinement et le transport de l'acide chlorhydrique (1).

La Société A. E. G. (2) a breveté un procédé de construction d'appareils, inattaquables aux acides et au chlore, en caoutchouc durci massif ou à revêtement de caoutchouc durci. Le mélange comprend du caoutchouc brut, du soufre en quantité suffisante pour assurer la vulcanisation complète, des charges inertes telles que le graphite, et de 5 à 10 % d'un accélérateur tel que la litharge ou la magnésie. On vulcanise l'appareil massif ou garni en cinq à huit heures.

GARNISSAGE DE RÉCIPIENTS MÉTALLIQUES ; OPÉRATIONS PRÉLIMINAIRES. — On examine d'abord le métal avec soin, surtout sa surface extérieure, en enlevant au burin toute partie poreuse ou défectueuse. Les cavités ainsi produites sont remplies ultérieurement avec du caoutchouc durci. Pour assurer une fixation efficace du caoutchouc durci sur le métal, on peut percer des trous dans le métal de place en place. Un autre procédé consiste à passer sur la surface extérieure avec un marteau pneumatique, afin de produire des creux vifs qui assurent une bonne fixation.

Les récipients en cuivre à revêtir de caoutchouc durci doivent être préalablement galvanisés.

Après avoir parfaitement vérifié les récipients et avoir remédié à toutes les imperfections superficielles, on les soumet à l'action de la vapeur, sous une assez forte pression. Si les récipients à garnir sont assez petits, ce traitement s'effectue en les enfermant dans des récipients plus grands ; si, au contraire, les dimensions sont trop grandes

(1) D.-M. NEWITT. — *J. Soc. Chem. Ind.*, 43, 186 (1924) ; *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 21, 12393 (1924) ; 22, 12546, 12716, 12783 (1925).

(2) Brevet allemand 342.098.

pour permettre cette opération, on les soumet à l'action directe de la vapeur. Cette opération a pour but d'éliminer les impuretés grasses ou huileuses à la surface du métal ; la durée dépend des dimensions du récipient et de sa propreté initiale. Après le traitement, on brosse les récipients avec des brosses métalliques, en enlevant soigneusement la poussière produite et on lave finalement la surface avec du benzène.

GARNISSAGE DES ESSOREUSES. — Le panier de l'essoreuse, qui est la partie mobile, est soumis à de très grands efforts mécaniques dus à sa vitesse de rotation, et le revêtement de caoutchouc durci a une tendance à se détacher.

Le panier comprend un fond, la paroi latérale et un rebord supérieur. La paroi latérale est généralement en fer, quelquefois en cuivre.

Après avoir bien nettoyé le panier de la manière indiquée plus haut, on le monte sur un établi, de façon que toutes ses parties soient d'un accès facile.

La première phase du garnissage consiste à traiter toute la surface à couvrir par une solution adhésive chargée, en général une solution de caoutchouc Para, mélangée avec de l'oxyde de zinc ou du sulfure de cadmium de bonne qualité. Le nombre de couches dépend de la consistance de la solution et varie avec chaque cas, mais il est nécessaire de répéter l'opération jusqu'à ce qu'on ait une couche épaisse de caoutchouc et de pigment. Il faut laisser sécher suffisamment entre l'application de chaque couche ; après la dernière couche, on laisse sécher pendant dix heures. La durée du séchage est d'autant plus longue que le temps est plus froid ; il faut veiller à ce que l'essoreuse ne soit pas exposée à des fluctuations de température au cours du séchage, sinon de petites gouttes d'eau peuvent se former, par abaissement de température, sur l'enduit et diminuer de beaucoup la valeur de ce dernier dans la fixation ultérieure du revêtement.

Le séchage peut être accéléré en soufflant de l'air comprimé sur les surfaces enduites.

Lorsque le panier est tout à fait sec, on commence le garnissage du fond. L'épaisseur du revêtement en caoutchouc durci dépend habituellement de l'épaisseur du métal ; le revêtement est, en général, de 8 à 10 $\frac{m}{m}$. Le mélange de caoutchouc non vulcanisé est tiré en

feuilles lisses à la calandre et réchauffé sur une table chauffante. On dispose alors des morceaux de dimensions convenables sur le fond du panier et on les presse à plat, à l'aide d'un rouleau, pour expulser les bulles d'air. Le nombre des pièces dépend du diamètre de l'essoreuse ; les bords suivant lesquels les morceaux sont en contact sont bien pressés à l'aide d'un outil convenable. Après avoir appliqué la première couche d'une manière satisfaisante, on passe à la suivante. L'adhésivité naturelle des feuilles chauffées est largement suffisante ; l'emploi d'une solution adhésive entre les différentes couches est inutile. L'opération est continuée jusqu'à ce que le fond du récipient soit garni à l'épaisseur désirée. Un point important à observer est le suivant : lorsque l'application d'une couche nécessite l'emploi d'un certain nombre de feuilles de caoutchouc non vulcanisé, les joints d'une couche quelconque ne doivent pas être placés dans le même sens que ceux de la couche placée immédiatement au-dessous, mais à angle droit de ceux-ci.

Le garnissage des parois perforées demande une grande expérience. Supposons que les trous de la paroi aient un diamètre de $12 \frac{m}{m}$. On prépare d'abord, à la boudineuse, des tubes en mélange non vulcanisé ayant $12 \frac{m}{m}$ de diamètre extérieur et $3 \frac{m}{m}$ de diamètre intérieur. Ce tube est découpé en petits morceaux d'une longueur légèrement supérieure à l'épaisseur de la paroi du panier. Si cette épaisseur est de $6 \frac{m}{m}$, les tubes sont découpés en morceaux de $6 \frac{m}{m}$. On glisse un de ces bouts de tube sur une baguette en bois d'un diamètre égal à celui du diamètre intérieur du tube, on le trempe d'abord dans une solution de caoutchouc Para, puis dans l'essence. Le bout du tube est alors enfoncé dans l'un des trous du panier et la baguette est retirée. Chaque trou du panier est traité d'une manière analogue. Afin de mettre le caoutchouc solidement en position dans chaque trou, on se sert d'une tige en bois ou en fer de $50 \frac{m}{m}$ de longueur, ayant $4 \frac{m}{m}$ de diamètre à l'une des extrémités et $3 \frac{m}{m}$ à l'autre. La tige est enfoncée par le petit bout et on presse en faisant tourner la tige. Le caoutchouc est ainsi appliqué solidement contre les parois des trous.

Lorsque tous les trous ont été garnis de cette façon, on procède au revêtement de la surface intérieure du panier avec le mélange non

vulcanisé. L'application se fait comme pour le fond. Pour bien appliquer le revêtement, on se sert d'un morceau de toile fine étalée sur le caoutchouc et on appuie avec la paume de la main, en refoulant et en évitant de tirer. On perce ensuite des trous correspondant à ceux du panier. On utilise un outil en acier très pointu, en évitant avec grand soin d'endommager le revêtement intérieur en caoutchouc des trous. Si, après mise en place et perforation du revêtement intérieur du panier, les petits tubes de caoutchouc qui traversent les trous dépassent légèrement la surface extérieure du panier, on égalise la surface en coupant avec un couteau tranchant les portions qui dépassent. On applique alors le revêtement extérieur du panier et on le perce en opérant de l'intérieur vers l'extérieur.

Finalement, on garnit le rebord du panier. Ce rebord est percé de place en place ; les trous sont remplis avec le mélange de caoutchouc, ce qui augmente notablement l'ancrage du caoutchouc durci.

Avant de procéder à la vulcanisation elle-même, il est essentiel de vérifier si les revêtements appliqués adhèrent solidement en tous les points. A cet effet, le panier est chauffé pendant une quinzaine de minutes. Il est avantageux de disposer d'une chambre de séchage, à l'abri de l'humidité ; à défaut, on se sert d'une chaudière à vulcaniser de dimensions convenables. On chauffe la chaudière et, lorsque l'intérieur est complètement débarrassé de vapeur d'eau, on introduit le panier. On place le couvercle sur la chaudière, mais sans le boulonner. Si, en certaines places, le caoutchouc n'est pas fixé convenablement sur le métal, ce défaut se manifeste rapidement par la formation de bulles, sous l'influence de la chaleur sèche. La cause principale de ces places défectueuses est le séchage insuffisant de la solution de caoutchouc employée comme premier enduit. Si l'examen démontre que le mélange a été bien appliqué, on peut passer à la vulcanisation elle-même.

Le panier est placé sur une plateforme pouvant être introduite dans la chaudière à vulcaniser. Sur cette plateforme, le panier est entouré de talc, de telle manière que le caoutchouc durci soit protégé en tous les points. Le talc employé doit être absolument sec et finement tamisé. On couvre d'abord le fond du panier avec une couche de talc d'environ $5 \frac{c}{m}$ d'épaisseur. Sur ce talc, on place une planche en bois et, comme l'ouverture supérieure du panier a généralement un diamètre plus petit que le fond, la planche est introduite en un cer-

tain nombre de morceaux séparés. On dispose de lourds poids en fonte sur la planche, ce qui a pour objet de maintenir le talc fortement pressé contre toutes les parties du fond couvert de caoutchouc.

Pour maintenir les parois dans le talc, on utilise deux formes en tôle, cylindres creux ayant une hauteur un peu supérieure à celle du panier ; le diamètre de l'un des cylindres est un peu plus petit que le diamètre intérieur du panier garni, et celui de l'autre cylindre est un peu plus grand que le diamètre extérieur du panier. On met ces deux cylindres en place autour et à l'intérieur du panier et on emplit les espaces annulaires entre le panier et ces cylindres avec du talc. Pour tasser convenablement le talc dans ces espaces, on frappe fréquemment avec un marteau l'extérieur des cylindres pendant le remplissage. Le rebord supérieur du panier est également noyé complètement dans le talc et l'ensemble de cet édifice de talc protecteur est maintenu en place à l'aide de poids en fer et de coins en bois. Finalement, on dispose au-dessus de l'ensemble une feuille de toile imperméable pour empêcher l'accès d'eau condensée.

La chaudière de vulcanisation est alors bien chauffée, pour réduire au minimum la condensation de la vapeur au cours de la vulcanisation, la plateforme portant le panier est rapidement introduite et le couvercle de la chaudière est mis en place et fixé. La vulcanisation doit être conduite avec beaucoup de soin. Pendant les cinq premières heures, la pression de vapeur est progressivement portée à trois atmosphères ; il est essentiel que toutes les parties du panier soient chauffées uniformément. La vulcanisation effective à la pression de 3 atmosphères se fait en huit à douze heures, suivant la dimension du panier. L'épaisseur de la couche de talc dépend de l'épaisseur de la couche de caoutchouc durci se trouvant sous le talc. Comme le revêtement de caoutchouc durci du fond du panier est notablement plus épais que le revêtement des parois, l'épaisseur de la couche de talc doit être plus faible sur le fond que sur les parois latérales. Cette manière de procéder a pour but d'assurer des vitesses égales de transmission de chaleur en tous points et demande un peu d'expérience.

Lorsque la vulcanisation est terminée, on laisse tomber très lentement la pression de vapeur. On retire alors le panier et on enlève le système protecteur au talc après refroidissement complet. On vérifie le revêtement en caoutchouc durci en frappant doucement avec un

marteau ; l'ouvrier expérimenté reconnaît au son les places défectueuses, où la jonction entre le caoutchouc durci et le métal n'est pas solide. Si cette épreuve est satisfaisante, on enlève la poussière de talc adhérente au moyen d'une brosse dure. L'opération suivante est l'achèvement du perçage des trous dans les parois latérales. Au moment du garnissage des trous avec le mélange non vulcanisé, il restait, dans chaque trou, une petite perforation centrale ; dans ces perforations, on introduit l'outil de forage pour finir le travail. L'opération est délicate. Il faut que les parois des trous restent couvertes avec le caoutchouc durci. Le travail ne peut se faire qu'à la main.

Lorsque le forage de tous les trous est terminé, il faut vérifier s'ils sont parfaitement revêtus de caoutchouc durci et s'il n'y a pas de danger de contact du liquide avec le métal sous-jacent. On se sert d'un courant d'induction à haute tension : l'un des pôles du circuit électrique est relié à la partie métallique du panier, et l'autre pôle est déplacé de trou en trou ; tout isolement défectueux se manifeste par une étincelle.

Il est facile de réparer les trous défectueux. On enlève le revêtement de caoutchouc durci de ces trous par perçage et on introduit un tube en caoutchouc durci vulcanisé ayant la longueur et le diamètre exacts nécessaires. Ce tube, ainsi que les parois du trou, sont préalablement enduits avec un mélange chaud de gutta-percha, de résine, de brai et de goudron. Par refroidissement, ce mélange se solidifie et maintient parfaitement le tube de réparation en position.

Lorsque le panier est en état parfait, on frotte le revêtement avec de l'huile de lin pour lui donner un bel aspect.

L'axe et la cuve extérieure de l'essoreuse sont généralement garnis et vulcanisés ensemble, pour éviter un joint entre les deux parties. On opère comme pour le panier, mais, en général, on insère une forte toile entre les couches de caoutchouc durci, pour donner une plus grande résistance mécanique. Après mise en place de cette couche de toile, on l'entaille diagonalement avec un couteau tranchant, afin d'éviter des efforts indus pendant la vulcanisation.

Il est avantageux de n'employer pour les essoreuses que des mélanges très chargés en poudrette de caoutchouc durci, afin d'éviter le retrait.

GARNISSAGE DE GRANDS RÉCIPIENTS CYLINDRIQUES. — Lorsque les récipients à garnir sont très grands, il est recommandable d'installer des échafaudages pour les ouvriers, afin qu'ils ne marchent pas sur le revêtement.

Dans le cas d'un récipient cylindrique vertical, on prend les précautions préliminaires habituelles, puis on découpe un cercle dans le mélange non vulcanisé, calandré, ayant un diamètre égal à celui du fond du récipient. On met ce cercle en place et on passe un rouleau à main pour l'appliquer bien à plat. On élimine de la manière habituelle les bulles d'air qui pourraient apparaître.

Si le revêtement du fond est constitué par trois feuilles circulaires de caoutchouc durci superposées, il est préférable de choisir des dimensions telles que la feuille inférieure couvre non seulement le fond, mais puisse encore être rabattue sur une hauteur de $80 \frac{m}{m}$ sur les parois verticales. De même, la feuille intermédiaire donnera un rabattement de $60 \frac{m}{m}$ et la feuille supérieure un rabattement de $40 \frac{m}{m}$. On obtient ainsi une formation en gradins.

Le revêtement des parois latérales du cylindre peut être effectué par l'une des deux méthodes suivantes :

Considérons, par exemple, un cylindre vertical de 2 mètres de hauteur et de $1^m 50$ de diamètre intérieur. D'après la première méthode, on découpe des feuilles calandrées de $800 \frac{m}{m}$ de largeur et de la même épaisseur que les feuilles employées pour le garnissage du fond. L'une de ces feuilles est mise en place contre les parois du cylindre, en l'amenant exactement en contact avec la feuille inférieure du fond correspondant au rabattement le plus fort sur les parois. Il ne faut pas qu'il y ait de recouvrement. Une seconde bande est placée par dessus la première, et on la fait affleurer à la feuille intermédiaire couvrant le fond. Enfin, la troisième feuille de revêtement des parois rejoint le bord de la feuille supérieure couvrant le fond. La portion médiane de la hauteur du cylindre est couverte ensuite de la même manière, et finalement la portion supérieure. La portion de feuille qui dépasse le haut des parois est coupée ou refoulée dans une rainure appropriée.

La seconde méthode de garnissage des parois latérales ne diffère de la première qu'en ce que la feuille est découpée en bandes correspondant à la hauteur des parois ; dans l'exemple choisi, les trois couches

de feuilles sont appliquées côte à côte, d'une manière analogue à la méthode employée pour tapisser une chambre.

Les ouvertures et tubulures du récipient sont également revêtues de caoutchouc durci.

Comme les récipients ayant les dimensions indiquées sont trop grands pour être vulcanisés dans une grande chaudière, il faut qu'ils jouent eux-mêmes le rôle d'une chaudière de vulcanisation. Pour cette raison, les opérations décrites ci-dessus sont effectuées de préférence dans le voisinage immédiat de la prise de vapeur.

Lorsque les préparatifs sont terminés et après vérification de la bonne application du revêtement, toutes les ouvertures du récipient sont fermées au moyen de brides pleines, à l'exception d'une tubulure dans le fond pour l'échappement de la vapeur et de deux tubulures sur le couvercle pour l'arrivée de vapeur et pour le manomètre. On construit une enveloppe extérieure calorifuge provisoire, en empilant des briques et en lutant bien les joints. Cette enveloppe calorifuge peut naturellement servir. On fait arriver de la vapeur en laissant libre la tubulure d'échappement, jusqu'à écoulement de toute l'eau de condensation. On effectue la vulcanisation sous une pression de trois atmosphères. La durée de la vulcanisation dépend de la qualité du mélange et de l'épaisseur de la couche ; elle est généralement de trois heures. On monte lentement, en six heures, jusqu'à la pression de vulcanisation et, lorsque la vulcanisation est terminée, on laisse également tomber la pression progressivement.

AGITATEURS. — Les agitateurs, qui sont généralement employés avec le type de récipients ci-dessus, sont souvent revêtus du caoutchouc durci ; le garnissage est relativement simple, puisque ces agitateurs sont assez petits et facilement maniables. Après avoir nettoyé de la manière habituelle l'arbre et les palettes, on les enduit avec une solution adhésive et, après séchage de cette dernière, on applique une toile de fil à larges mailles, également enduite de solution adhésive, et enfin les couches de mélange jusqu'à l'épaisseur voulue. On enroule alors l'agitateur, ainsi préparé, avec des bandes étroites de toile humide et on vulcanise dans la chaudière. A l'intérieur de la chaudière, l'agitateur est placé sur de gros sacs de sable, pour égaliser la pression et pour

empêcher les parties du revêtement en caoutchouc durci qui supportent tout le poids de l'agitateur d'être refoulées et écrasées.

On prend les mêmes précautions que pour le récipient lui-même. Il est recommandable d'employer exactement les mêmes conditions de vulcanisation dans les deux cas, afin que le caoutchouc durci de l'agitateur ait le même degré de résistance que le revêtement du récipient.

GARNISSAGE DES TUYAUX. — Le revêtement des tuyaux avec du caoutchouc durci est une opération beaucoup plus difficile que le revêtement des grands récipients. Les difficultés sont particulièrement grandes lorsqu'il s'agit de tuyaux soudés ou de tuyaux en S ; il faut une grande expérience pour réussir.

Si le diamètre intérieur est assez grand pour permettre à un homme de travailler dans le tuyau lui-même, le revêtement peut se faire par le même procédé que celui des grands récipients. Les difficultés sont plus considérables avec les tuyaux de petit diamètre.

Dans tous les cas, les surfaces à garnir seront nettoyées et brûlées.

Dans le cas des machines marines, les tuyauteries de l'installation de condensation sont en cuivre ; pour éviter l'attaque de l'eau de mer, on les protège par un revêtement en caoutchouc durci, mais il est nécessaire de les galvaniser au préalable, ainsi que toutes les fois qu'il s'agit d'appareils en cuivre.

Pour les tuyaux de grand diamètre, la vulcanisation peut être effectuée de deux manières différentes.

Si les tuyaux individuels sont trop longs pour permettre leur introduction dans la chaudière à vulcaniser, ces tuyaux servent eux-mêmes de chaudière. Dans ce cas, les deux extrémités des tuyaux sont fermées par des brides pleines. Si les brides doivent être garnies elles-mêmes de caoutchouc durci, on applique ce revêtement à l'état semi-vulcanisé dur, pour éviter de le chasser et de l'expulser lors du serrage des boulons. Lorsqu'il s'agit de lourdes tuyauteries de navires, on peut procéder au revêtement sur le quai où l'on a généralement de la vapeur à sa disposition ; on évite ainsi les frais de transport élevés des docks à l'usine de caoutchouc.

Si les tuyaux sont assez petits pour permettre la vulcanisation dans les chaudières, le problème est simplifié ; on emploie la méthode habituelle.

Pour étudier le revêtement de longs tubes étroits, nous envisageons, à titre d'exemple, un tuyau de 2^m 500 de longueur et de 70 $\frac{m}{mm}$ de diamètre. Ce diamètre ne permet pas l'introduction d'une brosse pour enduire les parois intérieures du tuyau ; on adoptera la méthode suivante : on ferme l'une des extrémités du tuyau avec une bride pleine, on le remplit partiellement avec de la benzine, et on ferme l'autre extrémité. On agit le tuyau de façon à amener la benzine en contact effectif avec toutes les parties des parois et à enlever toutes les impuretés et les matières grasses adhérentes. On vide alors la benzine et on introduit une solution de caoutchouc. Le tuyau est fermé comme précédemment ; on lui imprime un mouvement de rotation prolongé. La solution est vidée et on laisse sécher complètement le tuyau. Ce traitement par la solution de caoutchouc est continué jusqu'à ce qu'on ait obtenu une couche d'une épaisseur suffisante, en laissant sécher complètement l'intérieur du tuyau entre les applications successives de la solution.

D'un autre côté, on prépare un mélange d'une composition convenable et on confectionne à la boudineuse un tube ayant un diamètre extérieur inférieur de 2 $\frac{m}{mm}$ au diamètre intérieur du tuyau à garnir et ayant l'épaisseur voulue. Lorsque le tube est complètement froid, il est prêt pour l'introduction dans le tuyau. On fait couler rapidement de la benzine à l'intérieur du tuyau, on frotte rapidement l'extérieur du tube de caoutchouc avec de la benzine et on l'introduit le plus rapidement possible dans le tuyau. Cette opération exige de l'adresse, de l'expérience et de la promptitude, car il faut qu'elle soit achevée avant l'évaporation de la benzine. Si le tube de caoutchouc colle au tuyau au cours de l'introduction, il n'y a qu'à mouiller le tube avec de la benzine, à la retirer et à recommencer l'opération. Il en est de même si le tube n'occupe pas une position satisfaisante à l'intérieur du tuyau. Lorsque l'introduction a réussi, on laisse sécher complètement dans une chambre chaude pour évaporer toutes les vapeurs de benzine. Pendant que le tuyau est encore chaud, on presse fortement le revêtement de caoutchouc contre les parois intérieures du tuyau. Cette opération se fait à l'aide d'une série de tiges en bois, en forme de poire, perforées dans le sens de leur axe longitudinal. Ces tiges allongées sont tirées à travers les tuyaux, au moyen de cordes, en les faisant entrer par leur petit bout. La première baguette que l'on tire à travers le tube a un

diamètre extérieur, à son gros bout, inférieur de $0 \frac{11}{100}$ 6 environ au diamètre intérieur du tuyau garni de caoutchouc durci. La baguette suivante est un peu plus grosse, et ainsi de suite, la dernière baguette ayant le gros bout d'un diamètre égal au diamètre intérieur du tuyau garni. Cette dernière baguette est tirée lentement, trois fois, à travers le tuyau, puis on laisse refroidir ce dernier. Les surfaces de ces tiges doivent être aussi lisses que possible, pour ne pas endommager le revêtement.

Si les brides, aux deux extrémités du tuyau, doivent être revêtues également de caoutchouc durci, on fait dépasser le tube en caoutchouc primitif, venant de la boudineuse, de la longueur suffisante aux deux extrémités. Après avoir achevé l'intérieur du tuyau de la manière décrite, la surface métallique de la bride est enduite avec de la solution, le caoutchouc est rabattu avec soin sur les brides et pressé solidement en position, en frappant avec un maillet en bois.

L'une des extrémités du tuyau est alors obturée au moyen d'un disque métallique boulonné. On emplit le tuyau avec du talc sec très fin. Pendant l'emplissage, on donne fréquemment des coups sur une surface dure avec le tuyau, afin de tasser le talc. Un bon tassement est essentiel pour éviter le danger des poches d'air entre le caoutchouc durci et les parois du tuyau. Lorsque le tuyau est presque complètement rempli jusqu'au sommet, on introduit un bouchon en caoutchouc durci, de dimensions convenables, pour maintenir le talc comprimé. Sur ce bouchon, se trouve un disque en métal. Le bouchon et le disque sont perforés pour permettre l'échappement de la vapeur d'eau. Le tuyau ainsi préparé est prêt pour la vulcanisation dans la chaudière.

GARNISSAGE DES ARBRES. — Les arbres garnis avec du caoutchouc durci sont employés principalement dans l'industrie chimique et dans la marine.

Le meilleur procédé pour garnir les arbres exposés aux vapeurs acides corrosives consiste à couvrir la longueur totale de l'arbre et d'enlever au tour, après vulcanisation, le caoutchouc durci des sections de l'arbre sur lesquelles sont fixées les poulies de commande ou qui reposent dans les paliers.

Dans le cas des arbres à hélices, on ne garnit, en général, que la portion de l'arbre qui s'avance dans l'eau et qui est exposée à l'ac-

tion corrosive de l'eau de mer. La méthode employée est analogue à celle servant à couvrir des rouleaux avec du caoutchouc durci. Le poids considérable de ces arbres fait de la question des frais de transport un point de première importance ; il nécessite l'emploi d'engins de levage spéciaux et coûteux dans les usines de caoutchouc. Le revêtement en caoutchouc non vulcanisé est fixé solidement sur l'arbre en l'enveloppant au moyen de grosses machines spéciales. Le chauffage de l'arbre à la température de vulcanisation est nécessairement une opération très lente. On ne polit généralement pas le revêtement en caoutchouc durci des arbres à hélices.

APPLICATIONS A LA MARINE. — En dehors du garnissage des tuyauteries et des arbres, qui a été indiqué dans les paragraphes précédents, on emploie également le revêtement en caoutchouc durci pour empêcher l'eau de pénétrer dans les autres compartiments d'un navire, lorsque ce dernier est endommagé.

La vulcanisation se fait sur place à l'aide d'appareils spéciaux.

GARNISSAGE D'APPAREILS NON MÉTALLIQUES. — Le revêtement en caoutchouc durci est applicable non seulement aux récipients en fer ou en métal quelconque, mais encore à des appareils non métalliques. On utilise en brasserie et en distillerie des cuves en béton, garnies de caoutchouc durci. On emploie, en général, une couche de $10 \frac{m}{m}$ d'épaisseur. Ce revêtement a une résistance satisfaisante aux actions chimiques et aux chocs mécaniques.

CHAPITRE XIII

TRAVAIL MÉCANIQUE ET FAÇONNAGE DU CAOUTCHOUC DURCI

Le travail mécanique d'usinage et le façonnage jouent un très grand rôle dans la fabrication du caoutchouc durci et la différencient de celle du caoutchouc souple. Ces opérations, qui nécessitent des ateliers spéciaux et un matériel approprié, se font, soit chez les fabricants de caoutchouc durci eux-mêmes, soit chez des industriels spéciaux.

Dans ce dernier cas, ces façonniers emploient, comme matières premières, le caoutchouc durci en plaques, en bâtons ou en tubes, acheté chez les fabricants.

Au cours des chapitres précédents, on a déjà eu l'occasion de décrire incidemment certaines opérations de travail mécanique ou de façonnage, à propos de divers articles manufacturés.

Ci-dessous, nous décrirons d'abord les différentes opérations d'une manière générale et nous indiquerons ensuite quelques applications particulières.

RELATIONS ENTRE LA COMPOSITION DU CAOUTCHOUC DURCI ET SES QUALITÉS D'USINAGE. — A. Hutin (1) a essayé d'établir des relations approchées entre la composition d'un caoutchouc durci et ses qualités industrielles, son polissage plus ou moins facile, sa cassure, son copeau, sa facilité plus ou moins grande d'usinage (filetage, tournage, taraudage, sciage, etc.). Au cours des essais sur de nombreux mélanges, l'auteur a observé le grain, la cassure, le copeau, la vitesse de tournage, l'échauffement, etc.

L'auteur a d'abord opéré sur le mélange suivant :

Para	44
Soufre	21
Poudre	25
Mineral rubber	10

(1) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 21, 12190 (1924).

La poudre de caoutchouc durci avait un degré de finesse correspondant au moins au tamis 120.

Les conditions de vulcanisation employées pour des bâtons d'essais de 15 $\frac{m}{m}$ de diamètre sont les suivantes :

Montée	1 heure.
Cuisson	3 heures.
Descente	$\frac{1}{2}$ heure.

On obtient ainsi un très beau brillant, un copeau assez bon, un polissage aisé, une teinte légèrement violette avant polissage. Cette matière doit se tourner à une faible vitesse (220 tours par minute) pour un bâton de 15 $\frac{m}{m}$ de diamètre.

En vue d'obtenir un meilleur copeau, l'auteur a songé à remplacer la moitié du mineral rubber par l'huile de ricin, généralement considérée comme intéressante :

Para	44
Soufre	21
Poudre	25
Mineral rubber.....	5
Huile de ricin.....	5

Cette qualité est moins dure que la première, ce que l'on pouvait prévoir. Les copeaux sont remarquablement souples. On peut tourner à 360 tours par minute. Cette qualité est jaunâtre avant le polissage. Le poli est moins beau que celui du premier mélange.

En remplaçant l'huile de ricin (5 %) par l'huile de lin oxydée (5 %), on obtient un résultat plus beau que celui des deux produits précédents. On travaille à 280 tours par minute.

Ces mélanges se rapprochent assez de certains caoutchoucs durcis de provenance allemande, de belle qualité.

Dans le produit suivant, on a essayé de diminuer la proportion de poudre de caoutchouc durci et d'introduire un noir pigmentaire, le noir de pétrole :

Para	44
Soufre	21
Poudre	15
Noir de pétrole	5
Cire minérale	10

On obtient des copeaux très tendres d'un noir superbe. La vitesse de tournage optimum est de 460 tours par minute. Cette formule correspond à l'une des meilleures qualités de caoutchouc durci.

Dans les mélanges suivants, on a essayé de diminuer le para de 5 %, en vue d'abaisser le prix de revient, la proportion de poudre de caoutchouc restant le même :

Para	39
Soufre	21
Poudre	25
Mineral rubber	5
Cérésine	10

Très beaux copeaux. Vitesse de tournage 450 tours par minute. On a encore de beaux résultats.

Para	39
Soufre	21
Poudre	25
Mineral rubber	5
Huile de ricin.....	10

Se tourne bien. On a employé 450 tours pour un bâton de 20 à 25 $\frac{m}{m}$, mais le produit est fragile et s'est cassé sur le tour. On a fait une dernière passe à 280 tours. Le grain est toutefois très beau.

Dans le mélange suivant, l'huile de ricin a été remplacée par l'huile de lin oxydée :

Para	39
Soufre	21
Poudre	25
Mineral rubber	5
Huile de lin oxydée.....	10

Ce mélange ressemble beaucoup au précédent.

En remplaçant l'huile de lin oxydée par de l'huile de palme, l'échantillon est tendre et se tourne bien, à 450 tours par minute, pour bâton de 15 à 20 $\frac{m}{m}$. On a fait une passe de 280 tours, mais l'échantillon est piqué ; l'huile de palme n'est pas un adjuvant recommandable.

Dans le mélange suivant, on a introduit de l'amidon de maïs :

Para	39
Soufre	21
Poudre	15
Noir d'ivoire	5
Cérésine	10
Amidon de maïs.....	10

Le noir est joli ; la teinte est un peu jaunâtre avant le tournage. Il y a piquage ; le grain n'est pas fin. On tourne bien à 280 tours.

L'auteur a introduit l'amidon de maïs parce qu'il avait appris que des dérivés du maïs étaient utilisés par divers fabricants français et étrangers.

Dans les mélanges suivants, l'auteur a cherché à réduire au minimum la gomme et la poudre, c'est-à-dire les éléments coûteux :

Para	24
Poudre	15
Soufre	21
Goudron dur	10
Cérésine	13
Amidon de maïs.....	15
Noir de pétrole.....	5

On a tourné à 450 tours, en bâton de 15 $\frac{m}{m}$. On a fait aussi une passe à 280 tours. On a du piquage, de petits éclats, même à petite vitesse, l'outil agit mal. Le mélange est très difficile à travailler. Le copeau est franchement mauvais.

En remplaçant la cérésine par de l'huile de bois, on a obtenu les résultats suivants : tournage à 350 tours pour un bâton de 15 $\frac{m}{m}$; matière assez dure, de belle qualité, mais l'outil broute ; le copeau est médiocre.

Para	24
Poudre	15
Soufre	21
Goudron dur	5
Huile de bois	18
Amidon de maïs.....	7
Noir de pétrole.....	5

Tournage à 300 tours pour un bâton de 20 $\frac{m}{m}$. Le produit est cassant et se tourne avec éclats. La proportion d'huile de bois est beaucoup trop forte. Pour les huiles, 10 semble un très grand maximum.

En remplaçant l'huile de bois par l'huile de lin oxydée, on a obtenu d'excellents résultats, malgré la forte proportion d'huile de lin oxydée. On trouve à 480 tours :

Para	24
Poudre	15
Soufre	21
Goudron dur	5
Cire de carnauba	10
Amidon de maïs	5
Noir de pétrole	5

Cette qualité se travaille bien, sans doute par suite de la présence de la cire. 450 tours pour un bâton de 17 $\frac{m}{m}$. On fait une passe finale à 280 tours. Beaux copeaux assez tendres. Poli satisfaisant.

Dans le mélange suivant, on a augmenté la proportion de poudre, pour une quantité égale de Para.

Para	25
Poudre	40
Soufre	21
Cérésine	9
Noir de pétrole	5

Le produit se tourne bien à 450 tours, pour un bâton de 16 $\frac{m}{m}$. Passe finale à 280 tours. Tendre, satisfaisant dans l'ensemble.

Para	27
Poudre	28
Soufre	22
Cérésine	17
Noir de pétrole	6

Se comporte comme le mélange précédent pour le tournage. Tendre également.

Para	39
Poudre	25
Soufre	16
Mineral rubber	5
Cérésine	10
Amidon de maïs.....	10
Noir de pétrole.....	5

Tourné à 450 tours pour bâtons de 20 $\frac{m}{m}$. Dans ce mélange, il y a une insuffisance nette de soufre. Trop tendre, mais bons copeaux. Beau noir, belle cassure.

Dans le mélange suivant, on a remplacé le Para par un Congo propre :

Congo	39
Poudre	20
Soufre	16
Mineral rubber	5
Cérésine	10
Amidon de maïs.....	10
Noir de pétrole.....	5

Même tournage que précédemment. Encore trop tendre. Beau noir. Beaux copeaux. Cassure satisfaisante.

Il résulte des essais de l'auteur, que l'on peut fabriquer d'excellents caoutchoucs durcis avec des gommés de deuxième qualité, à condition qu'elles soient bien nerveuses. Le Madagascar noir est aussi très intéressant.

La proportion de soufre doit atteindre au moins de 22 à 25 de soufre pour 45 à 50 de gomme pure. Si l'on ajoute de belles poudres de caoutchouc durci, il faut considérer que le soufre qui s'y trouve est presque totalement combiné à la gomme ; il n'y a donc à introduire comme soufre que la quantité qui doit se combiner à la gomme pure.

Il faut avant tout envisager le but à atteindre.

DÉCOUPAGE DU CAOUTCHOUC DURCI. — Pour découper les plaques, les bâtons, etc., de caoutchouc durci, il suffit de chauffer

les pièces à 120° et de se servir d'un couteau bien tranchant, lubrifié au suif ; l'opération se fait avec la plus grande facilité.

Pour découper les disques et les rondelles, on se sert d'une petite lame montée sur un vilebrequin.

COURBAGE DU CAOUTCHOUC DURCI. — La forme définitive de certains articles n'est pas obtenue par moulage au cours de la vulcanisation. C'est le cas, par exemple, de tubes ou de canules qu'il faut couder ou courber.

Cette opération se fait à chaud, la chaleur étant fournie par la vapeur, par la flamme du gaz ou d'une lampe à alcool ou par l'eau bouillante.

La méthode à la *vapeur* est la plus facile et la plus sûre ; elle permet d'éviter un travail défectueux. On emploie une table chauffante, constituée par une boîte en fer, peu profonde, mais assez grande, dans laquelle circule de la vapeur. Plus ce récipient est grand, plus le nombre d'objets en caoutchouc durci, que l'on peut traiter simultanément, est élevé. Lorsque les objets ont atteint la température voulue, on les courbe à la forme voulue et on les refroidit immédiatement en les plongeant dans l'eau froide.

Il s'agit parfois de ne courber qu'une partie d'un objet et d'éviter la déformation de l'autre partie sous l'action de la chaleur. Dans ce cas, on dispose un morceau de feutre sur la table chauffante et on place l'objet à travailler sur le feutre en ne laissant en contact direct avec la table chauffante que la partie à courber.

Les objets comprenant deux courbures sont souvent courbés en deux fois ; on refroidit après la première courbure et on réchauffe à nouveau.

L'emploi de la *flamme du gaz ou de l'alcool*, comme source de chaleur, est plus délicat et demande de l'expérience. On se sert d'une petite plaque de fer, pas trop épaisse, ayant une longueur correspondant à celle de l'objet à former. Le gaz ou la vapeur d'alcool arrivent dans un tuyau perforé, disposé sous la plaque ; cette dernière est ainsi chauffée par de nombreuses petites flammes. Les trous du tuyau ont 1 $\frac{m}{m}$ de diamètre et sont écartés de 3 $\frac{m}{m}$. Il faut faire bien attention au réchauffage des objets, cette opération ne se faisant pas aussi régulièrement sur une plaque chauffée au gaz que dans le

cas de la boîte de vapeur. Si la température est trop élevée, les objets peuvent brûler et coller à la plaque. Le refroidissement par immersion dans l'eau se fait comme précédemment.

Le chauffage à l'eau bouillante est utilisé lorsqu'on ne dispose pas de plaque chauffée à la vapeur. L'eau est chauffée au gaz ou à l'alcool et on y trempe les objets à courber. Lorsque les objets sont suffisamment chauds, on les courbe.

On utilise souvent un moule en bois ou en métal comme gabarit de la courbure.

Il existe des machines à courber automatiques, mais il est toujours nécessaire de chauffer les objets au préalable.

TRAVAIL AU TOUR. — Le tour employé pour le travail du caoutchouc durci est le type ordinaire du tour à métaux. Les tours automatiques coûteux ne sont avantageux que pour le travail d'un grand nombre d'articles de même forme et de mêmes dimensions.

Lorsqu'on a à effectuer un grand nombre de fois le même travail, il est avantageux d'avoir des outils spéciaux, portant le même numéro que le travail, pour éviter une erreur.

L'acier de l'outil doit être assez dur pour permettre un service pendant un temps suffisamment long avant de nécessiter l'affûtage ou le renouvellement.

C'est une erreur de croire que le tour doit tourner le plus lentement possible.

On a cherché, au cours des dernières années, à employer de plus en plus une surface de diamant, au lieu d'une arête d'acier, pour le travail au tour du caoutchouc durci. La dépense première est beaucoup plus élevée, mais la longue durée du diamant et la suppression de l'affûtage fréquent en rendent l'emploi rationnel et économique. Le temps passé à l'affûtage, au montage et au démontage des outils coupants en acier est très important et augmente notablement le coût de ces opérations. La meilleure manière d'utiliser les outils en diamant est d'employer l'arête vive, fraîchement taillée, pour le tournage des meilleures qualités de caoutchouc durci. Comme l'arête du diamant se détériore lentement à l'usage, on l'emploie progressivement pour le travail au tour de qualités de plus en plus inférieures.

La qualité du caoutchouc durci résulte principalement de ses

constituants minéraux, qui ont une action émoussante puissante sur n'importe quel outil. Les mélanges contenant beaucoup de craie, de ponce, de fibre de jute ou d'amiante, sont les plus mauvais de ce point de vue, tandis que ceux contenant beaucoup de magnésie et de matières analogues et de dérivés métalliques occupent une position intermédiaire du point de vue de la détérioration des outils.

Lorsque l'arête du diamant a atteint la limite de son utilité, même pour le type de travail le plus grossier, on peut facilement le retailler, et le cycle d'application recommence.

Lorsque l'article en caoutchouc durci comprend des arêtes ou des angles vifs, l'emploi du diamant ne peut pas être envisagé. Dans ce cas, on se sert de formes spéciales d'outils tranchants.

L'emploi du diamant est également limité lorsqu'il s'agit de tourner une concavité. Toutefois, dans ce cas, la difficulté peut être surmontée par la construction d'un porte-outil convenablement courbé.

Les outils en acier doivent être de la meilleure qualité possible. De ce qu'un acier donné a été reconnu très propre au travail des métaux au tour, il ne s'ensuit pas qu'il conviendra également pour le travail du caoutchouc durci.

Les desiderata principaux dans le travail du caoutchouc durci sont les suivants : l'acier doit posséder le degré de dureté voulu, ne doit pouvoir s'affûter qu'avec difficulté et doit, par suite, conserver son arête vive le plus longtemps possible, une fois affûté ; il ne doit pas perdre sa qualité sous l'influence de la chaleur dégagée au cours du service.

La forme des outils et la dimension de leur arête vive occupent, pour le travail du caoutchouc durci, le milieu entre les outils pour le travail du fer et ceux pour le travail du bois.

Un point très important est la manière d'application de l'outil contre le caoutchouc durci sur le tour. Lorsqu'on travaille un métal, l'outil agit comme un ciseau et sa fonction ne comprend pas le rejet des copeaux de métal produits ; dans le cas du caoutchouc durci, au contraire, l'outil doit être ajusté de façon à faire sauter, aussi rapidement que possible, les particules de caoutchouc, après qu'elles ont été détachées de la surface. L'acier doit être affûté aussi bien que possible et cette arête vive mince est essentielle pour que l'acier ne devienne pas trop chaud, ni, par suite, flexible et ne se courbe pas. L'angle de

coupe, le plus petit possible, dans le travail du caoutchouc durci, est de 50 à 60° dans le cas des outils maintenus automatiquement, et de 30 à 40° dans le cas des outils à main.

Dans le cas du travail du caoutchouc durci au tour automatique, il convient d'observer un certain nombre de points. Lorsqu'il s'agit d'enlever une épaisseur considérable de matière, il est recommandable de se servir de deux outils, l'un pour dégrossir et l'autre pour finir et amener l'article aux dimensions exactes. Ces couteaux ont exactement la même forme et les mêmes dimensions. L'outil à dégrossir demande un affûtage fréquent, mais il n'exige pas de réglage particulier pour sa mise en place ; le contraire se présente pour l'outil finisseur. Ce système à deux outils n'est toutefois pas l'idéal ; c'est la raison du développement de l'emploi du diamant.

Le tour automatique convient surtout pour la matière en bâtons ou en tubes. Les articles d'une autre forme ne peuvent être travaillés économiquement qu'à condition d'être fabriqués en grosses quantités, suffisantes pour justifier l'achat des accessoires nécessaires.

Tous les articles à trou central peuvent être travaillés sur un mandrin.

SCIAGE DU CAOUTCHOUC DURCI. — Dans le découpage du caoutchouc durci à la scie, il faut veiller à ne pas employer de dents trop grossières et à donner de la voie aux dents, de façon que la section soit d'environ $3/8$ m/m plus large que le corps de la scie. Il ne faut pas laisser s'échauffer le caoutchouc durci, ni la scie, sinon la scie n'agit plus et exerce simplement un effort de pression contre le caoutchouc durci. Le travail de la scie ne doit pas être forcé ; il faut consacrer à l'opération le temps nécessaire.

On fait arriver de l'eau froide en quantité abondante pendant l'opération.

La scie sera en acier dur résistant à l'échauffement. Les dents doivent être très vives.

Lorsqu'on ne prend pas les précautions nécessaires dans le découpage du caoutchouc durci à la scie circulaire ou à la scie à ruban, on obtient des arêtes irrégulières, fibreuses, des éclats et une grande quantité de sciure et de poussières ; les surfaces sciées sont abîmées par la chaleur produite par le travail de la scie ; il est néces-

saire de polir ensuite à la meule, ce qui donne encore de la poussière et détériore le produit.

L'appareil de la Sterling Telephone and Electric C^o, Ltd., et de Ch. Harrison permet de découper et de façonner le caoutchouc durci sans que les inconvénients indiqués ci-dessus se produisent. Le procédé consiste à employer une meule de carborundum, tournant à grande vitesse et arrosée constamment par un jet d'eau, afin d'éviter toute élévation de température et la formation de poussières. Afin d'obtenir une coupe bien droite et perpendiculaire aux surfaces à découper, il est préférable d'employer une meule constituée par des parties annulaires, alternativement coupantes et non coupantes ; les parties tendres ont une largeur au moins égale à l'épaisseur de l'objet à découper, de telle sorte que le premier anneau découpeur ait dépassé la surface inférieure de l'objet avant que le bord du second anneau ne touche la surface supérieure. La meule est installée comme une meule à polir ordinaire, sur une table spéciale, entre les guides et les transmissions convenables. Le diamètre de la meule est tel qu'un nombre moyen de tours par minute suffise à assurer la vitesse linéaire périphérique nécessaire à l'obtention d'une bonne coupe. Quand le premier anneau de carborundum est usé, on enlève l'anneau tendre (à base de gomme laque), ainsi que le métal perforé sur lequel il est fixé, de manière à mettre en service la surface coupante suivante.

PERÇAGE DU CAOUTCHOUC DURCI. — Pour percer le caoutchouc durci, on emploie un foret en acier dont l'angle de coupe n'est pas inférieur à 50 ou 60°. On lubrifie avec de l'eau ou avec une huile spéciale.

POLISSAGE DU CAOUTCHOUC DURCI. — Le polissage s'effectue en trois phases distinctes :

Ponçage,
Polissage fin préliminaire,
Finissage.

Le ponçage a pour effet de supprimer toutes les inégalités et irrégularités, et de faciliter le polissage ultérieur.

Le ponçage se fait généralement au moyen d'un rouleau ou

d'un disque de 300 $\frac{m}{m}$ de diamètre, tournant à raison de 1.500 tours par minute. La composition du rouleau dépend du travail à effectuer. Si l'article a été moulé grossièrement et présente des angles bruts à enlever, il faut un rouleau dur. Si la surface de l'objet est suffisamment unie et s'il s'agit seulement d'une égalisation générale, il est préférable d'employer un rouleau souple. Les matériaux les plus variés servent à la confection de ces rouleaux : vieux chiffons, vieilles couvertures de cheval, déchets de laine, feuilles de maïs séchées, algues, peaux de chamois. Bien que les rouleaux en peau de chamois soient coûteux à première vue, leur long usage les rend en réalité économiques. On obtient également de bons résultats avec des mélanges de chiffons et de feuilles de maïs, ou de chiffons et d'algues, ou avec des mélanges de deux ou trois des substances indiquées. Le rouleau se fabrique de la manière suivante : on découpe un disque de métal à la dimension voulue, portant au centre une ouverture pour le passage de l'axe. Les déchets employés à la confection du rouleau sont découpés à la main en demi-cercles, et on construit le rouleau sur le disque métallique en disposant deux demi-cercles à la fois. L'épaisseur des différentes couches dépend du degré de dureté désiré. Le rouleau est d'autant plus souple qu'il y a un plus grand nombre de couches pour une épaisseur donnée. Le rouleau est comprimé dans une petite machine analogue à une presse à copier, disposée de façon que l'axe de la presse traverse le centre du disque et produise le trou à travers lequel on fera passer ensuite l'axe du rouleau. Les rouleaux bruts ainsi fabriqués ne sont jamais parfaitement ronds. Les irrégularités grossières peuvent être rectifiées par l'emploi de ciseaux, et les rouleaux sont finalement « affranchis » en les faisant tourner à grande vitesse et en appuyant un couteau contre leur surface. Le couteau peut être tenu à la main, si l'on prend des précautions suffisantes, mais il est préférable d'employer un support très simple pour éviter le danger de rupture du couteau. Lorsque les rouleaux sont confectionnés en feuilles de maïs ou en algues, il est recommandable de les entourer pendant la compression d'une feuille de métal ; dans ce cas, on obtient un rouleau sensiblement rond du premier coup. Bien entendu, les rouleaux sont munis de dispositifs protecteurs convenables, pour éviter les blessures des ouvriers, par exemple, par un rouleau quittant ses paliers.

La matière abrasive utilisée est la *Pierre ponce* . Le produit du commerce est d'abord finement broyé, puis mis en pâte dans l'eau.

Si on craint de nuire à l'aspect noir des articles traités, ou si on désire augmenter la couleur noire, on peut mélanger de la poudre de charbon finement pulvérisée avec la masse de ponce.

Le rouleau est complètement imprégné avec la pâte de ponce, l'article à poncer est trempé dans cette pâte et maintenu contre le rouleau en rotation jusqu'à ce que les inégalités de sa surface aient disparu. L'objet est alors rincé à l'eau claire ; on le laisse sécher.

Le *ponçage au tambour* peut être employé avantageusement et économiquement pour les petits articles en caoutchouc durci fabriqués en grandes quantités. Les objets à polir sont introduits dans un tambour, tournant lentement autour d'un axe horizontal, rempli à moitié avec de la pierre ponce en poudre. La durée du ponçage par ce procédé varie suivant les cas ; avec une vitesse de rotation de 30 tours par minute, le ponçage est généralement terminé en vingt à trente-cinq heures. L'opération est automatique, la seule main-d'œuvre nécessaire étant celle du chargement et du déchargement. Comme tambour, on peut utiliser un vieux fût à pétrole, que l'on munit d'un trou d'homme et d'un axe (traversant le fût ou fixé sur les fonds) reposant sur deux supports ; la commande se fait au moyen d'un petit moteur électrique, par l'intermédiaire d'une courroie.

Le ponçage au tambour enlève principalement le petit bourrelet qui se forme à la jonction des moules.

Il existe des machines à poncer automatiques, de différents types, dont l'emploi est avantageux lorsque le nombre d'objets à polir est suffisant.

On peut utiliser, dans certains cas, un *jet de sable* ; ce procédé est plus économique et donne des articles plus réguliers.

Après le *ponçage* , on passe au *premier polissage proprement dit* . Les rouleaux employés pour cette opération sont construits de la même manière que les rouleaux de ponçage, mais en flanelle. Pour protéger l'ouvrier, le rouleau est entouré d'un cadre en bois, de façon que tout objet s'échappant des mains de l'ouvrier ne sera pas projeté vers lui par la rotation du rouleau, mais tombera dans le cadre. La largeur et la souplesse des rouleaux varient avec la nature des opérations à effectuer. Lorsque l'objet en caoutchouc durci porte des

rainures étroites ou de petites parties surélevées, le rouleau sera souple et étroit, de façon à atteindre toutes les crevasses. On utilise divers dispositifs pour maintenir les objets à polir. Pour travailler de petits tubes, on emploie des crochets courbés. L'ouvrier intelligent trouve rapidement l'outil le plus approprié pour tenir les objets.

Le rouleau polisseur tourne à environ 1.500 tours par minute; la matière à polir la plus employée est le tripoli. On trouve dans le commerce le tripoli en poudre, et on le mélange avec de l'eau froide pour former une pâte fluide. Le meilleur tripoli est le produit brun, appelé quelquefois terre anglaise ou tripoli anglais. L'objet à polir, trempé dans la pâte, est maintenu contre le rouleau en mouvement jusqu'à ce que la surface soit nettement polie. Pendant le polissage, l'objet est constamment déplacé sur l'angle du rouleau, car si on maintient l'objet immobile pendant un instant, il y a échauffement et la surface est brûlée au point de contact.

Les objets en caoutchouc durci portant des filets de vis, par exemple, sont susceptibles de retenir le tripoli dans les filets; on les lave dans l'eau savonneuse en se servant d'une brosse tendre, immédiatement après le polissage.

Dans le cas de petits objets, on peut appliquer le *polissage au tambour*, comme pour le ponçage. C'est la méthode employée pour les bouts de pipe, par exemple. Pour le polissage au tambour, il est recommandable d'employer le tripoli, non en poudre, mais sous forme de petites boules obtenues facilement par le procédé suivant: un tambour à polir est rempli, au tiers de son volume, avec du tripoli que l'on additionne d'une petite quantité d'huile. Par rotation lente du tambour, les petites boules de tripoli se forment automatiquement.

Le polissage préliminaire des petits articles en caoutchouc durci, par la méthode au tambour avec les boules de tripoli, est notablement accéléré par l'emploi d'un tambour à section angulaire.

On a construit des machines automatiques très efficaces pour le polissage préliminaire des objets en caoutchouc durci.

Lorsque le polissage préliminaire, par une méthode quelconque, est terminé, on lave les objets et on les laisse sécher.

Le *polissage final* s'effectue à l'aide de rouleaux, en employant un mélange de tripoli et d'huile de pétrole ou de colza. Ce polissage final au rouleau est employé pour tous les articles en caoutchouc durci,

même pour ceux qui ont été traités par la méthode au tambour dans toutes les phases de polissage antérieur. La pression d'application de l'objet contre le rouleau doit être la plus faible possible, et l'objet est constamment déplacé d'un mouvement de va-et-vient latéral.

Dans le polissage final du caoutchouc durci, l'agent de polissage peut être acheté et employé sous forme de pierre à polir ; on évite ainsi le mélange du tripoli en poudre avec l'huile. L'inconvénient de ces pierres toutes préparées est que leur composition peut ne pas convenir aussi bien pour l'application envisagée que les produits préparés par le polisseur lui-même avec une composition soigneusement choisie. Si la teneur en huile du mélange de tripoli est trop élevée, les objets traités peuvent être graissés et souillés ; toutefois, on peut, en général, remédier à cet inconvénient à l'aide d'un passage sur un rouleau sec propre. Le mode d'emploi des pierres à polir est le suivant : on presse légèrement la pierre contre le rouleau qui en détache une petite quantité.

Il faut employer le moins possible de pâte à polir, de façon à éviter le graissage et la souillure du caoutchouc durci.

POLISSAGE DU CAOUTCHOUC DURCI EN FEUILLES. — Le caoutchouc durci en feuilles peut être poli entre deux rouleaux polisseurs ou dans des machines automatiques simples, dans lesquelles on imprime à la feuille placée sur un cadre un mouvement de va-et-vient sous un rouleau.

Dans le cas du caoutchouc durci en feuilles, on peut souvent se passer du polissage final ; le poli est donné par l'emploi de feuilles d'étain dans la vulcanisation à la presse ou par chauffage, pendant un temps court, de la feuille vulcanisée entre deux plaques métalliques, très polies, dans une presse, le refroidissement s'effectuant ensuite sous pression.

TRAVAIL DES PEIGNES. — Le travail des peignes se fait au moyen d'une série de meules en grès de différentes dimensions et de différents grains servant à donner les contours des peignes. Si le personnel est très adroit, un petit nombre de meules sera suffisant ; sinon, il sera nécessaire d'avoir une meule spéciale à chaque dimension et à chaque forme de peigne. Les meules sont, en général, fabriquées

au tour par les ouvriers eux-mêmes. Les meules ont des rainures périphériques ayant des dimensions et des contours correspondant aux peignes. Comme ces meules tournent à une très grande vitesse, il est nécessaire, pour réduire au minimum le risque de rupture accidentelle, de n'employer que des meules de première qualité. Pour caler les meules sur l'arbre, on emploie des coins en métal ; les coins en bois se relâcheraient rapidement.

Comme cette opération, ainsi que le ponçage et le polissage ultérieurs, produisent une grande quantité de déchet et de poussière, il est avantageux d'effectuer ce travail au rez-de-chaussée. Le ponçage se fait avec de la pierre ponce délayée dans beaucoup d'eau, par le procédé courant.

Dans certaines usines, les plaquettes brutes vulcanisées sont passées à la meule et au ponçage, pour finir le contour et les bords avant de découper les dents. Quoi qu'il en soit, il faut toujours passer les peignes à la meule après le découpage des dents, afin d'amener les angles de ces dernières à la forme voulue. Le ponçage se fait sur rouleaux en cuir mouillé, avec un mélange de ponce, de poudre de charbon et d'eau. Après le ponçage, les dents sont légèrement émoussées, les peignes sont débarrassés de la poussière adhérente, par rinçage à l'eau froide, et enfin polis, en opérant en trois phases successives.

Les taches brunâtres mises à jour par le découpage sont enlevées en frottant le peigne avec de l'huile de colza et en polissant sur un rouleau tournant à grande vitesse.

VERNISSAGE DU CAOUTCHOUC DURCI. — Les caoutchoucs durcis de qualité inférieure n'acquièrent pas de poli suffisant, quel que soit le degré d'abrasion et de polissage appliqué. En général, ces articles sont vernis. On trempe simplement les objets dans le vernis, on laisse égoutter l'excès et on sèche dans une chambre chaude. On trouve dans le commerce des vernis convenables ; il faut éviter les vernis trop consistants, qui ne s'égouttent pas d'une manière satisfaisante ; dans ce cas, la surface du caoutchouc durci est irrégulière et peut présenter des bulles d'air.

Pour obtenir un bel aspect noir, on applique, après nettoyage, deux à trois couches de vernis à l'asphalte et on sèche à une température de 30 à 40°.

COLLAGE DU CAOUTCHOUC DURCI. — On peut très bien coller ensemble deux parties entièrement durcies, sans laisser de traces de collage. On râpe à gros traits les surfaces à coller, on lave à la benzine et on enduit de deux couches de dissolution de durci ; on laisse sécher, puis on applique une feuille de durci non vulcanisé de 1 $\frac{m}{in}$ 5 d'épaisseur, chauffée au préalable sur une table chauffante, on réunit les deux pièces en appuyant fortement et en chauffant légèrement.

COLLAGE DU CAOUTCHOUC DURCI SUR LE VERRE. — On se sert de la glu marine, que l'on prépare de la manière suivante : on laisse en contact, dans un flacon bouché, pendant deux à trois semaines, une partie de bon caoutchouc découpé en très petits fragments, avec 12 parties de pétrole, en agitant fréquemment. Après dissolution complète, on fond dans un chaudron en fer profond 2 parties d'asphalte de bonne qualité (d'Amérique ou, mieux, de Syrie) et on y ajoute lentement, et avec précaution, la solution de caoutchouc, en agitant constamment jusqu'à homogénéité complète. On coule la masse dans des moules métalliques graissés.

Pour l'emploi, on ramollit d'abord la glu marine au bain-marie, puis on chauffe peu à peu à 150°, en agitant constamment et énergiquement, pour la rendre fluide. Les objets à coller sont légèrement chauffés, enduits avec la glu marine liquéfiée chaude et pressés fortement l'un contre l'autre jusqu'à adhérence.

On peut remplacer le pétrole par l'essence de térébenthine ou par le sulfure de carbone, mais ces produits ne sont pas à recommander. L'asphalte peut être remplacé par une quantité égale de gomme-laque ; on obtient ainsi une glu marine de bonne qualité, surtout pour l'application envisagée.

MASTIC POUR CAOUTCHOUC DURCI. — On fait fondre 2 parties de résine jusqu'à émission de fortes vapeurs ; on ajoute peu à peu une partie de gutta-percha, coupée en petits morceaux, en remuant constamment. Ce mastic se conserve indéfiniment.

Pour l'emploi, on fait fondre le mastic et on enduit les parties à raccommoder avec le liquide chaud ; on fait adhérer les pièces et, quand l'opération est terminée, on enlève sur les objets l'excédent du mastic qui dépasse le niveau de la brisure.

CHAPITRE XIV

LE CAOUTCHOUC DENTAIRE

La fabrication du caoutchouc dentaire occupe une place particulière dans l'industrie du caoutchouc durci. Ce produit est livré au commerce en feuilles non vulcanisées servant à fabriquer les plaques dentaires individuelles.

Le caoutchouc doit être absolument pur et exempt de toute matière étrangère. Sa fabrication doit être conduite en prenant des mesures rigoureuses de propreté méticuleuse. Il faut éviter les impuretés, les poussières, sinon le caoutchouc dentaire présente des taches après la vulcanisation. Le caoutchouc dentaire doit être résistant, avoir une faible densité et une coloration stable ; il doit se loger facilement dans toutes les parties des moules, se vulcaniser dans les conditions voulues, par exemple en cinquante-cinq minutes à 160°, et prendre un beau poli. On emploie une grande variété de couleurs.

N ^{os}	Couleurs
1.....	Orangé clair.
2.....	— moyen.
3.....	— foncé.
4.....	Rouge clair mélangé.
5.....	— foncé mélangé.
6.....	Marron rouge uni.
7.....	Noir jais.
8.....	— de charbon.
9.....	Rose clair.
10.....	— moyen.
11.....	— rose.
12.....	Blanc neige.
13.....	Palais rouge.
14.....	— noir.
15.....	Orangé coucher de soleil.
16.....	Marron mélangé.
17.....	Chargé I.
18.....	— II.

Les couleurs les plus employées sont les numéros 3, 6, 7, 9 et 17. Le caoutchouc noir jais est le plus résistant et le plus léger, ensuite viennent le caoutchouc orangé foncé et le marron.

Le caoutchouc rose, très chargé en pigment blanc pour arriver à la couleur, est beaucoup moins résistant que les caoutchoucs légers et ne pourrait être employé à la confection des plaques entières ; il n'est utilisé que comme parement pour masquer les gommés naturelles.

La fabrication des mélanges dentaires, en vue d'obtenir la teinte désirée après vulcanisation, est difficile et exige beaucoup d'essais. Un malaxage un peu exagéré peut changer légèrement la coloration.

Le caoutchouc de Bolivie convient le mieux à la fabrication du caoutchouc dentaire ; après lavage complet dans un laveur, on lave à nouveau les feuilles dans un mélangeur à cylindres unis muni d'un système d'arrosage par eau. Les cylindres sont rapprochés le plus possible. Après lavage, les feuilles très minces sont séchées dans un séchoir à vide. On broie la gomme sèche, pendant au moins trois heures, dans un mélangeur ordinaire, la matière devant être très molle pour assurer une incorporation absolument homogène des ingrédients. On utilise quelquefois le crêpe ou la feuille fumée pour cette préparation.

Dans les couleurs unies (rose, marron, orange), on emploie la meilleure qualité de soufre ; dans la vulcanite mélangée, on emploie la fleur de soufre ordinaire. Il y a trois vermillons spéciaux (n° 2, n° 3, G. O.), qui peuvent être combinés pour produire certaines couleurs demandées. En combinant le soufre avec le vermillon, il est nécessaire de tamiser le mélange dans un tamis rotatif. Le vermillon ne doit contenir aucune trace de plomb.

On peut également obtenir un mélange rose par coloration à l'oxyde d'or. Ce procédé est plus coûteux, mais le produit est inaltérable et ne contient aucun principe nuisible.

L'opération du mélange est très délicate. On applique le caoutchouc broyé souple sur le cylindre avant du mélangeur ordinaire, sur une épaisseur de 2 à 5 centimètres. Les ingrédients ne doivent être ajoutés qu'à mesure de l'absorption par le caoutchouc ; il faut veiller à ce que le caoutchouc ne se sépare pas et que la surface du cylindre ne soit pas mise à nu.

Les types de mélanges donnés ci-dessous sont empruntés principalement aux ouvrages de Pearson (1) et de Ditmar (2).

Mentionnons, à titre documentaire, l'obtention du caoutchouc dentaire par chauffage du caoutchouc avec du sulfite d'aluminium (3).

On renforce quelquefois les pièces de prothèse en plaçant à l'intérieur une toile de platine ou de nickel.

CAOUTCHOUC DENTAIRE ROSE CLAIR POUR GENCIVES

Fine para	16,0
Lithopone (cachet vert)	56,0
Soufre précipité	6,0
Chaux	2,0
Vermillon pâle	20,0
Bleu d'outremer	trace.

ROSE CLAIR

Fine para	16,0
Lithopone	56,0
Soufre précipité	6,0
Chaux	2,0
Oxyde d'or	10,0
Bleu d'outremer	traces.

PALAIS NOIR

Fine para	77,0
Soufre précipité	15,0
Noir de fumée	4,0
Chaux	4,0

PALAIS ROUGE

Fine para	62,5
Soufre précipité	12,5
Vermillon foncé	22,0
Chaux	3,0

(1) H.-C. PEARSON. — *Crude Rubber and Compounding Ingredients*, 3^e édition, New-York, 1920.

(2) R. DITMAR. — *Mischungsbuch für die Kautschuk-Industrie*, Wien, 1917,

(3) G. DIEFFENBACH, U. S. P. 25957 (1859).

CAOUTCHOUC DENTAIRE NOIR CHARGÉ

Fine para	20,5
Soufre précipité	15,5
Chaux	1,0
Feuille d'étain pur	61,5
Huile de lin brute	1,5

CAOUTCHOUC DENTAIRE BLANC

	I	II	III
Caoutchouc plantation Ceylan	4,80	5,00	2,56
Soufre (crist.)	2,40	3,00	1,14
Huile de lin blanchie	0,20	—	—
Sulfure de zinc, exempt de plomb	15,00	16,00	5,87
Huile de ricin blanchie	—	0,25	—
Magnésie calcinée	—	—	0,42

Le caoutchouc sera plastifié pendant au moins quatre heures sur les cylindres chauds ; durée du mélange : au moins une heure.

Vulcanisation : monter lentement en vingt minutes à 6 atm. 4, cuisson cinquante-cinq minutes.

CAOUTCHOUC DENTAIRE ROUGE

	I	II
Caoutchouc para	4,80	10,00
Soufre	2,40	4,50
Vermillon	3,60	10,00
Huile de ricin	—	0,50

CAOUTCHOUC DURCI DENTAIRE ROUGE

	I	II	III
Caoutchouc plantation pâle	2,00	2,00	2,00
Crêpe Ceylan	2,00	2,00	2,00
Sulfure de zinc, exempt de Pb.	0,50	0,65	—
Vermillon	0,60	—	—
Soufre	0,90	—	—
Oxyde de zinc	—	—	0,20
Soufre doré (avec 50 % S. libre)	—	2,00	1,85

Malaxage sur cylindres chauds pendant au moins quatre heures, mélange une heure.

Vulcanisation : monter lentement en cinquante minutes à 160°; cuisson, soixante minutes.

CAOUTCHOUC DENTAIRE ROUGE TRÈS BRILLANT

Caoutchouc plantations Ceylan	1,1
Gutta-percha blanche blanchie	0,3
Sulfure de zinc	0,2
Vermillon	0,9
Soufre	0,5
Cire blanche	0,1

Vulcanisation : monter lentement à 8 atmosphères en cinquante minutes ; cuisson, une heure vingt.

CAOUTCHOUC DENTAIRE ROUGE

Caoutchouc para Ceylan	1,30
Gutta-percha blanchie	0,40
Craie	0,20
Sulfure de zinc, ex. Pb	1,50
Cire blanche	0,05
Huile de lin	0,01
Vermillon	1,40
Soufre	1,00

Malaxage sur cylindres chauds pendant au moins quatre heures.

Vulcanisation : monter lentement à 4 atmosphères en trente minutes, puis à 8 atmosphères en vingt minutes ; cuisson, quarante-cinq minutes.

CAOUTCHOUC DENTAIRE ROUGE

Fine para ou plantation	50,0
Soufre précipité	12,5
Vermillon foncé	10,0
Vermillon clair	8,0
Talc	2,5
Chaux	2,0
	<hr/>
	85,0

CAOUTCHOUC DENTAIRE NOIR

	i	ii
Caoutchouc para	6,8	4,8
Soufre	2,7	2,4
Magnésie calcinée	0,05	0,05
Noir de fumée	—	2,40

CAOUTCHOUC DURCI DENTAIRE ARGENTÉ (GOLDDUST)

Poudre d'aluminium	0,7
Caoutchouc para	6,8
Soufre	2,5

Avant le mélange, on malaxe le caoutchouc para pendant plusieurs heures sur les cylindres. Il conserve ainsi sa souplesse et sa plasticité pendant des années.

Vulcanisation : une heure à 6 atm. 32.

Lorsque le mélange est terminé, on fait subir au caoutchouc sept passages entre les cylindres très rapprochés. Dans le calandrage du caoutchouc dentaire, il est inutile d'obtenir des feuilles calandrées souples, absolument unies, puisque ces feuilles sont mises en pile, sur une table à lisser spéciale où toute inégalité se trouve enlevée. On calandre le caoutchouc dentaire sur une toile écrue glacée (85 yards par rouleau). On enlève la lisière de la toile en la déchirant, et on divise la largeur de la toile en bandes égales, d'une largeur de 50 centimètres environ. Il n'est pas pratique de mettre le caoutchouc dentaire en feuilles sur de la toile de grande largeur. On charge le caoutchouc réchauffé à la calandre par petites quantités, l'épaisseur de la feuille laminée étant réglée par l'ajustage entre les cylindres médian et supérieur. La largeur est réglée par deux couteaux. Une charge moyenne de caoutchouc dentaire est de 25 à 30 kgs. La bande de toile passe entre le cylindre supérieur et le cylindre inférieur ; la feuille de caoutchouc s'applique d'une manière continue sur le tissu par la pression du cylindre du milieu et s'enroule sur le rouleau. Le rouleau est porté le plus rapidement possible à l'atelier de découpage, où on le découpe en longueurs de 8 pieds, que l'on empile les unes sur les autres sur la table à lisser où toute inégalité des feuilles disparaîtra par suite de la

souplesse du caoutchouc calandré. La table à découper est munie d'une plaque de verre de 10 pieds \times 18 pouces \times 5/8 pouce. Le découpage se fait au couteau, en se guidant avec une règle droite et un T. On prélève deux feuilles de caoutchouc sur la table à lisser et on les place sur la table à découper, côté caoutchouc au-dessous. On trace la largeur et la longueur des sections à faire sur la feuille et on découpe en se guidant par la règle dans les coupes longitudinales et par le T dans les coupes transversales. On enlève ensuite les feuilles de la table, en protégeant la surface nue du caoutchouc de chaque feuille, au moyen d'une toile. On marque les feuilles, on les pèse, emballe et envoie à la salle d'expédition.

Le caoutchouc dentaire se vulcanise généralement à une pression de 5 kgs à 5 kgs 500 par centimètre carré. La chaudière de vulcanisation, en cuivre fort, est construite de façon à contenir deux, trois ou quatre récipients ; bien entretenue, elle dure un temps indéfini. La chaudière porte un thermomètre et un manomètre ; les indications de ces deux appareils ne concordent pas toujours dans les opérations, le tube du manomètre étant susceptible de s'affaiblir par l'usage continu. La meilleure méthode consiste à utiliser à la fois le thermomètre et le manomètre, ce dernier servant plutôt de régulateur, pour fixer le thermomètre à une température donnée. Les récipients sont de types différents ; ils contiennent la plaque de vulcanite et le moule en plâtre. Le caoutchouc dentaire vulcanisé entre deux surfaces de métal est bien supérieur et plus durable que lorsqu'on le vulcanise entre deux surfaces de plâtre à modeler. La vulcanisation du caoutchouc entre deux plaques de métal le rend imperméable aux liquides de la bouche. Par suite de la surface unie du métal, on économise beaucoup de temps dans l'ajustage, le finissage et le polissage. Pour avoir des impressions de la bouche avec du métal mince, flexible, on se sert d'un dispositif spécial.

Pour obtenir une surface lisse dans les pièces de caoutchouc dentaire moulées dans le plâtre, Weidinger (1) conseille d'enduire toutes les surfaces du plâtre avec un mélange d'une partie de silicate de soude et de deux parties d'alcool.

A l'exception du caoutchouc fabriqué spécialement en vue des réparations, la vulcanisation généralement adoptée pour les caoutchoucs

(1) *Zahnaerzliche Rundschau*, 33, 171 (1924).

dentaires consiste à monter à 175° en trente minutes et de cuire pendant une heure quinze à cette température.

On trouve, à l'heure actuelle, des mélanges dentaires vulcanisant beaucoup plus vite : en trente minutes, à 157°; ces mélanges sont naturellement préférés.

Comme composition de caoutchouc dentaire, Supplee et Engstrom emploient un mélange de caoutchouc vulcanisé finement divisé et de caoutchouc non vulcanisé. On vulcanise ensemble ; l'expansion de l'un des produits compense le rétrécissement de l'autre.

Dans la fabrication des plaques comprenant des caoutchoucs dentaires de deux couleurs différentes, par exemple : du caoutchouc blanc ou rose pour les dents ou les gencives, et du caoutchouc de couleur foncée pour le palais, C. Joannides (1) cherche à durcir le caoutchouc plus faible (rose) avant de le soumettre à la pression correspondant au caoutchouc plus résistant (formant le support) pendant la vulcanisation. Les moyens employés sont les suivants :

1° Emploi d'un caoutchouc rose qui a été vulcanisé partiellement au préalable, mais qui est encore plastique ;

2° Emploi d'un caoutchouc rose vulcanisé partiellement ou non, contenant un accélérateur, avec ou sans un activateur tel que l'oxyde de zinc, de façon qu'il se vulcanise et durcisse avant d'atteindre la pression totale ;

3° Emploi, pour le moule ou une partie du moule, de plâtre contenant un accélérateur, un activateur, un agent de vulcanisation, ou une combinaison quelconque de ces substances, de façon à provoquer ou à accélérer la vulcanisation partielle ou complète du caoutchouc ;

4° Vulcanisation partielle préliminaire du caoutchouc durci, par traitement par la chaleur, des produits chimiques ou des gaz, après l'application des dents, mais avant celle du support ;

5° Emploi, simultanément avec l'un des moyens ci-dessus, d'ingrédients renforçateurs tels que des fibres ou du caoutchouc vulcanisé, incorporés dans le caoutchouc rose.

Dans la fabrication de ces caoutchoucs roses améliorés, l'accélérateur peut être ajouté au cours de l'opération de mélange habituelle

(1) C. JOANNIDES, brevet anglais 218.846.

sur cylindres chauffés ; il peut également être ajouté, en même temps qu'une partie des colorants ou d'autres ingrédients, à une phase ultérieure, après refroidissement des cylindres ; on peut également dissoudre le caoutchouc et incorporer les autres ingrédients, y compris l'accélérateur, dans la solution qui, après évaporation du solvant, est tirée en feuilles.

L'auteur de ce brevet signale que le caoutchouc employé peut être remplacé par des substances vulcanisantes équivalentes, telles que le caoutchouc synthétique, la balata, la gutta-percha.

Les accélérateurs indiqués sont la thiocarbanilide, l'hexaméthylène-tétramine, les dérivés de la guanidine, le superac (mélange de pipéridine et de kaolin).

Signalons le procédé suivant permettant d'appliquer aux plaques de caoutchouc durci un revêtement en or, en platine, en argent, en étain, etc. (1). On trempe d'abord les plaques dans un solvant ou un autre agent plastifiant, puis dans la solution d'un sel du métal déposant le métal sur la plaque. On peut employer comme solvant le chloroforme, l'alcool, l'acide acétique ou leur mélange, jusqu'à ramollissement suffisant de la surface ; après lavage, on trempe dans une solution de chlorure d'or à 20 %, à laquelle on a ajouté préalablement 10 % de sulfure de potassium ou d'un autre sulfure soluble, et 10 % d'un agent réducteur, tel que l'acide oxalique ou l'acide tannique. On peut augmenter l'épaisseur du dépôt par une nouvelle immersion dans la solution de chlorure d'or ou par dépôt galvanique. On peut remplacer le chlorure d'or par le nitrate d'argent, le tétrachlorure de platine ou le bromure stanneux.

(1) J.-A. DALY et GOLD SEALED DENTURE PROCESS C^o, brevet anglais 224.317.

CHAPITRE XV

FABRICATION DES ARTICLES EN POUDRE DE CAOUTCHOUC DURCI COMPRIMÉE

Cette fabrication consiste à soumettre les déchets de caoutchouc durci, à l'état divisé, à l'influence de la chaleur et de la pression, *sans aucune addition de caoutchouc brut*. La poudre de caoutchouc durci peut être additionnée de soufre, avec ou sans charges (poudre d'amiante, mica, résine, brai, huile).

On comprime la matière dans des moules chauffés sous pression élevée. La partie supérieure de ces moules pénètre comme un piston dans la partie inférieure et comprime la poudre en une masse compacte, en lui donnant la forme voulue. Pour fabriquer un article de dimensions déterminées, il faut employer un volume de poudre beaucoup plus grand et, par suite, un moule beaucoup plus volumineux que la dimension de l'objet terminé.

D'après le procédé de Karavodine (1), on introduit la poudre de caoutchouc durci avec du soufre dans un moule chauffé à 156-200°, et on soumet pendant une à deux heures à une pression de 150 à 200 atmosphères.

Au lieu d'employer la poudre tamisée, on a parfois recours au procédé suivant : les déchets sont réduits en petites parcelles, de façon que le volume par unité de poids de la matière réduite, à l'état non comprimé, soit considérablement plus grand que celui de la matière pulvérisée. La tournure ou les copeaux conviennent très bien.

C'est le procédé d'Immisch (2). On introduit la masse dans un moule froid, d'une capacité plus grande que celle de l'objet désiré, dans le sens de la plus grande dimension. On soumet alors à une pression élevée et on maintient cette pression par serrage ou par un autre dispositif. Le moule est placé dans un four et réchauffé lentement, à une température de 138° environ, pendant un temps qui dépend des dimensions et du poids du moule. Il est parfois avantageux de répéter

(1) Brevet anglais 12.454, 1906.

(2) Brevet anglais 28.367, 1907.

ce chauffage sous pression. Le moule encore chaud est retiré du four et, pendant que la matière se refroidit, elle est comprimée à nouveau, de façon à en réduire le volume à celui de l'objet désiré. On serre le moule et on le chauffe à une température comprise entre 204 et 227°, pendant un temps qui dépend du poids et des dimensions du moule. On retire ensuite le moule et on laisse refroidir ; on enlève le dispositif de serrage et on sort l'objet du moule.

Dans la fabrication des objets de grandes dimensions, il est recommandable d'utiliser un dispositif à ressort, qui permet d'absorber tout excès de pression dépassant celle que le système de serrage peut retenir. On peut éviter ainsi d'abîmer le moule.

Pour augmenter l'homogénéité et supprimer l'aspect granulé des déchets agglomérés, on ajoute aux déchets réduits en particules (non en poudre) une petite quantité d'un liquide volatil, tel que l'huile de cajeput, sans action sur le caoutchouc, et ayant un point d'ébullition légèrement inférieur à la température de traitement. On opère en deux phases, comme plus haut. Une quantité d'huile de 0,1 % donne un bon résultat ; la quantité doit être suffisante pour produire la vapeur d'huile nécessaire pour chasser l'air contenu entre les particules.

Le procédé breveté de fabrication de caoutchouc durci de la N. V. Nederl. Mij tot Exploitatie van Optimiet fabrieken, d'Amsterdam, consiste à dissoudre des déchets de vieux caoutchouc dans une huile préalablement chauffée avec de la paraffine et une résine. On ajoute les charges : terre d'infusoires, noir animal, magnésie, et le soufre ; on moule et on traite à la vapeur.

Dans le procédé de Gares, on soumet d'abord la poudre à une forte pression, pour expulser l'air, puis on chauffe à 250°.

Pour renforcer les articles fabriqués avec la poudre de caoutchouc durci, C.-E. Wing (1) garnit un ou plusieurs côtés du moule contenant la poudre d'une feuille de caoutchouc durci vulcanisée, et vulcanise le tout par application de chaleur et de pression.

Certains brevets ont indiqué la construction de machines automatiques pour la fabrication de différents articles en poudre de caoutchouc durci comprimée, agglomérée ; jusqu'à présent, aucun de ces procédés ne semble avoir acquis une importance industrielle quelconque.

(1) U. S. P., 1.493.511.

CHAPITRE XVI

CAOUTCHOUC MI-DUR

Il n'y a pas de démarcation nette entre le caoutchouc souple et le caoutchouc durci. A mesure que l'on augmente la teneur en soufre, la souplesse diminue et la dureté augmente progressivement, en passant successivement par tous les degrés de dureté.

En vue de certaines applications, on fabrique spécialement un caoutchouc mi-dur, intermédiaire entre le caoutchouc souple et le caoutchouc durci ; il a une flexibilité rappelant un peu celle du cuir.

Cette fabrication a déjà été mentionnée par Hancock lui-même (1) : « Par ce procédé, le caoutchouc..... peut être amené à un état intermédiaire quelconque, c'est-à-dire flexible, mais non élastique, comme les qualités de cuir les plus solides ».

La fabrication du caoutchouc mi-dur ne nécessite pas d'outillage spécial. Il est important de choisir une teneur convenable en soufre et d'employer judicieusement une adjonction d'huile dans le mélange.

Le caoutchouc mi-dur en *plaques* se fabrique comme le caoutchouc souple.

Les *tubes* en caoutchouc mi-dur (tubes isolants) ont un grand marché. Leur fabrication est la même que celle des tubes en caoutchouc durci, mais il faut prendre la précaution de ne pas pousser la vulcanisation au-delà du point pour lequel le tube est encore flexible à froid. Ces tubes, à parois minces, sont tenaces et peuvent se courber facilement.

Les tubes venant de la boudineuse, en longueurs de 1 à 3 mètres, passent sur des courroies transporteuses ; on les fait passer, immédiatement à la sortie, si cela est nécessaire, dans de l'eau froide, pour les refroidir rapidement, de façon à conserver leur forme.

(1) *Loc. cit.*, page 53.

Voici quelques formules de mélanges de caoutchouc mi-dur :

I

Fine para	34,0
Plomb sublimé	17,0
Oxyde de zinc	17,0
Litharge	17,0
Noir de fumée	11,5
Soufre	3,5

II

Caoutchouc Pérou	28
Factice brun	8
Goudron cuit	7
Soufre	3,5
Craie	38

Vulcanisation : montée, 30 minutes ; cuisson, 165 minutes ; 5 atm.

III

Caoutchouc Mozambique	5
Adeliballs	1,5
Régénéré foncé	5
Factice brun	4
Goudron	3
Soufre	1,25
Craie	21,5
Litharge	7,5
Magnésie calcinée	0,5
Sulfate de baryte	5
Kaolin	0,5

Vulcanisation : montée, 15 minutes ; cuisson, 20 minutes ; 4 atm.

IV

Batanga	1,5
Balata	0,5
Poudre caoutchouc durci.....	6
Almeidina	3
Régénéré	12
Mélange pontianac	6
Talite, atmido ou atmoid.....	15
Noir de carbone.....	2
Soufre	5
Factice d'huile de colza brun.....	8
Kaolin (exempt de mica).....	15
Carbonate de chaux.....	6
Huile de palme ou de ricin.....	2
Magnésie calcinée	1
Goudron	2,5

Vulcanisation : 1 heure à 145°.

CONDITIONS DE RÉCEPTION. — A titre d'exemple de conditions de réception de caoutchouc mi-dur, nous reproduisons ci-dessous un paragraphe du cahier des charges de la Compagnie de Chemin de Fer de Paris à Orléans, concernant les *pièces en caoutchouc demi-durci, pour accouplements métalliques du chauffage à la vapeur* (§ XIII de l'article 9) :

« Le caoutchouc employé pour ces pièces devra satisfaire à toutes les conditions de l'article 7 du cahier des charges, sauf, toutefois, pour la proportion de parties solubles dans l'acétone, qui pourra atteindre 8 %, le chiffre de parties solubles dans la soude alcoolique restant fixé à 8 % ; la totalité ne devra donc pas dépasser 14 %.

« Ce caoutchouc devra avoir une densité de 1.500 à 1.550. Il contiendra 40 à 45 % de charge, et 6 à 6,5 de soufre ».

L'article 7 mentionné ci-dessus est ainsi conçu :

« La gomme employée à la fabrication de toutes les pièces sera du caoutchouc pur et des meilleures qualités.

« Elle sera seulement additionnée :

« 1° De soufre ;

« 2° D'une charge constituée uniquement par des matières
« minérales fixes et exemptes de tout composé du soufre ».

« Le caoutchouc vulcanisé devra être souple, élastique, parfaitement homogène, et exempt de soufflures. La section, faite par un instrument tranchant, devra être translucide et brillante.

.....
« Le caoutchouc vulcanisé des divers objets compris dans les §§ I à XII de l'article 9 du présent cahier des charges, devra toujours, en outre des conditions spéciales imposées pour chaque objet, satisfaire aux essais suivants :

« 1° Chauffé à l'étuve à air chaud, à la température constante « de 135° C, pendant 2 heures consécutives, il ne devra subir aucune « altération, ni perdre plus de 1,5 % du poids de la gomme vulca-
« nisée (c'est-à-dire déduction faite de la charge) ;

« 2° Soumis à l'action de l'eau sous pression, à une tempéra-
« ture minimum de 200°, pendant 2 heures, il devra conserver toutes
« les propriétés d'un bon caoutchouc vulcanisé ;

« 3° Epuisé successivement par l'acétone pur, puis par la soude
« alcoolique, il n'abandonnera comme partie soluble que :

« 6 % au maximum dans l'acétone, et 8 % au maximum dans
« la soude alcoolique. De plus, la totalité des parties solubles dans
« ces deux épuisements ne devra en aucun cas dépasser 12 %.

« Ces pourcentages doivent être également évalués % de la
« gomme vulcanisée (c'est-à-dire déduction faite de la charge).

« La Compagnie d'Orléans se réserve d'ailleurs d'utiliser toute
« méthode permettant de s'assurer de la pureté de la gomme
« employée ».

CHAPITRE XVII

SUCCÉDANÉS DU CAOUTCHOUC DURCI

Nous n'avons pas la prétention de décrire dans ce chapitre tous les produits qui ont été proposés ou effectivement employés comme succédanés ou substituts du caoutchouc durci.

Nous signalerons d'abord certaines matières plastiques qui concurrencent le caoutchouc durci dans différentes applications ; ce ne sont pas, à proprement parler, des succédanés du caoutchouc durci, mais des concurrents qui, par certaines propriétés, sont même supérieurs au caoutchouc durci.

Dans cette catégorie, figurent surtout, d'une part, la caséine formolée, connue sous le nom de galalithe, etc., et, d'autre part, les résines artificielles, obtenues par condensation des phénols et d'autres corps organiques avec la formaldéhyde, telles que la bakélite, la résinite, le redmanol, la condensite, la juwelite, la wenjacite, les albertols, etc.

On trouvera une importante documentation sur la caséine formolée dans les articles d'O. Meier (1).

Quant aux résines artificielles phénol-formaldéhydiques, elles ont été décrites en détail dans de nombreuses études parues dans *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha* et dans les ouvrages de H. Blücher (2) et de J. Fritsch (3). Dans ces deux volumes, on trouvera aussi des informations sur de nombreuses autres matières plastiques qui, dans certains cas, sont utilisées dans les mêmes applications que le caoutchouc durci. Nous pouvons mentionner également l'ouvrage de E. Hemming (4), sur les isolants électriques moulés, et le livre de C. Ellis (5).

(1) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 22 (1925), 23 (1926), 24 (1927).

(2) H. BLÜCHER. — *Plastische Massen*, Leipzig, 1924.

(3) J. FRITSCH. — *Fabrication des Matières Plastiques*, Paris, 1926.

(4) E. HEMMING. — *Plastics and molded electrical insulation*, New-York, 1923.

(5) C. ELLIS. — *Synthetic resins and their plastics*, New-York, 1923.

En ce qui concerne la bakélite, on sait que la condensation du phénol avec la formaldéhyde se fait en trois phases donnant successivement : la *bakélite A*, sirupeuse ou solide, mais soluble et fusible; la *bakélite B*, peu soluble et infusible, se ramollissant à température élevée et pouvant se mouler; la *bakélite C*, insoluble, infusible, résistant à une température de 360°. La bakélite a l'inconvénient d'être cassante; on peut y remédier par addition de certaines charges. Comme isolant, la bakélite n'a pas donné autant de satisfaction que l'on pensait; elle devient parfois conductrice, sans qu'on puisse connaître la raison de ce changement de propriété.

Il convient enfin de mentionner le *celluloïd* et les dérivés de l'*acétate de cellulose*, concurrents très sérieux du caoutchouc durci pour certaines applications.

La caséine formolée, les résines synthétiques, le *celluloïd*, l'*acétate de cellulose*, sont des produits relativement bien définis, à composition déterminée.

En dehors des matières de cette catégorie, on utilise, comme succédanés du caoutchouc durci, des mélanges de matières les plus diverses. On fabrique, notamment, beaucoup d'*isolants* à l'aide de mélanges; la matière isolante proprement dite ne pourrait pas se travailler; il est nécessaire de l'additionner de substances liantes.

Les matières destinées à la fabrication des isolants ne doivent pas être hygroscopiques et doivent posséder une certaine résistance mécanique.

*
**

Nous donnons ci-dessous des procédés divers d'obtention de substances variées pouvant être utilisées comme succédanés du caoutchouc durci.

En traitant le caoutchouc par le *chlore*, on obtient une substance ayant les propriétés du caoutchouc durci, très stable vis-à-vis des alcalis, des acides, et résistant aux températures élevées.

Le caoutchouc chloré a été proposé pour remplacer l'ivoire, l'os, la corne, l'ébène, le bois, etc., par F. et Th. Hurtzig (1).

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 4 (2), 232 (1865).

Le procédé original suivant part du latex (1) : on imprègne 100 parties de kieselgur avec 150 parties d'eau contenant 9 parties d'ammoniaque, et on malaxe ce mélange. On ajoute ensuite 100 parties de latex contenant 36 parties de matières solides et on mélange. On fait passer la masse à travers des tamis et on la sèche. On la traite alors par le chlore gazeux, jusqu'à ce qu'il ait une augmentation de poids de 20 à 24 %, c'est-à-dire qu'il n'y ait plus absorption de chlore. On aère complètement le récipient, on agite avec de l'ammoniaque concentrée pour neutraliser l'acide, on lave, on sèche et on moule sous pression hydraulique.

Pour obtenir des articles poreux, on moule la masse non chlorée, on sèche à 93° et on traite par le chlore gazeux.

On obtient un produit analogue au caoutchouc durci avec le mélange suivant :

Mélange caoutchouc chloré sec.	90
Noir de gaz.	15
Benzol	36
Déchets caoutchouc broyés.	10

On opère à 93-115°. La masse se moule en quelques minutes. Les objets moulés prennent un beau poli.

Avec les caoutchoucs synthétiques, le chlore donne des corps analogues. D'après Ostromyslenski, le produit obtenu par action du chlore sur le caoutchouc d'érythrène normal synthétique n'est pas modifié par action prolongée des agents suivants :

- Acide nitrique ($d = 1,35$) ;
- chlorhydrique fumant bouillant ($d = 1,19$) ;
- chromique bouillant ;
- sulfurique concentré.

Ces produits peuvent se travailler et se polir comme le caoutchouc durci. La plasticité est la même. La densité est presque égale à celle

(1) U. S. P. 1.491.265.

du caoutchouc durci. C'est un meilleur isolant électrique ; sa conductibilité s'approche de celle du verre ou de la bakélite. En général, le produit est noir, mais il est possible de l'obtenir presque blanc ou même incolore ou transparent ; il peut se colorer facilement.

On peut également obtenir une substance ressemblant au caoutchouc durci en chauffant le chlorure et le bromure de caoutchouc dans un moule en fer, à l'abri de l'air, à la température courante de vulcanisation, mais le produit obtenu est toujours plus ou moins poreux.

La *vulphanasbest* ou *amiante vulcanisé* s'obtient en ajoutant à un mélange d'amiante et de soufre une solution de caoutchouc dans l'essence de pétrole. Après évaporation de l'essence, on vulcanise la masse dans du talc, en moule ou librement.

Un autre substitut de caoutchouc durci s'obtient en dissolvant du caoutchouc non vulcanisé dans des huiles siccatives additionnées préalablement de paraffine fondue, de stéarine, de résine, etc. ; on chauffe, on malaxe mécaniquement, puis on ajoute une charge finement divisée et on vulcanise.

Le succédané de R. Castells se compose de :

Résine (par exemple colophane)	3 1/2 p.
Caoutchouc	3 p.
Soufre	1 p.
Essence de pétrole	1 p.
Chaux sèche ou blanc d'Espagne . .	2 p.

On prépare le mélange à feu nu ; on peut le colorer au vermillon.

La *plombite*, matière résistant aux acides, due à A. Flexer, est une combinaison de caoutchouc durci et d'acide oléique, avec addition d'acide sulfurique concentré (1) et de soufre libre. Elle a un point de fusion élevée : 130° ; elle est inodore et s'obtient avec une grande variété de couleurs. Elle peut servir comme revêtement de récipients à acide et d'appareils exposés aux vapeurs acides. Pour appliquer une feuille de plombite sur une surface métallique, on trempe dans la plombite fondue qui sert de colle.

M. Dubosc (1) a communiqué l'analyse d'un caoutchouc durci factice assez résistant, pouvant être employé dans la fabrication d'isolateurs :

Cendres	61,0 %
Soufre total	10,6 —
Cérésine	5,9 —
Huile libre	1,1 —
Factice blanc	12,3 —
Caoutchouc	9,1 —

Les cendres sont constituées principalement par du carbonate de chaux (41,5 %), du sulfure d'antimoine, de la magnésie et de la silice. La nature de ces charges interdit l'emploi de ce caoutchouc durci dans la fabrication des bacs à accumulateurs.

Voici un autre succédané : on porte à la température de fusion le mélange :

Huile de lin cuite	10 p.
Résine	5 p.
Paraffine	3 p.

et on ajoute :

Poudrette de caoutchouc	25 p.
-------------------------------	-------

en chauffant jusqu'à dissolution. Après refroidissement, on ajoute :

Soufre	8 p.
Terre d'infusoires	10 p.
Noir animal	10 p.
Magnésie	3 p.
Kaolin	5 p.

La masse ainsi obtenue est laminée à chaud, calandree, mise en moule, pressée et vulcanisée en deux heures.

Ce produit est un bon isolant, aussi dur que le caoutchouc durci, moins cassant et moulable à chaud. Il peut se tourner et se polir. On peut le colorer. Il résiste à la lumière, il est insoluble dans les acides et n'est pas attaqué par les huiles froides ou chaudes.

(1) *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 17, 10288 (1920).

L.-H. Baekeland obtient un caoutchouc durci en chauffant du caoutchouc, du soufre et des charges avec un produit de condensation phénol-formaldéhydrique. La matière obtenue se polit plus facilement et résiste mieux à la chaleur et aux solvants que le caoutchouc durci ordinaire.

L'imitation de caoutchouc durci suivante s'applique aux tubes, aux articles chirurgicaux, aux brosses, etc. On mélange :

Résine dammar	40
Poix	100
Cire	12
Nigrosine	25
Liège en poudre	30
Terre brûlée	40

On fait fondre doucement dans un récipient approprié, en agitant de façon à obtenir une bouillie homogène à 120°. On charge la matière dans des moules et on chauffe à nouveau à 60-70°. Si l'on emploie des moules en fer, il faut enduire régulièrement les surfaces intérieures avec du graphite, pour éviter le collage de la matière aux parois.

Pour des objets blancs ou colorés, on prend le mélange suivant :

Gomme-laque blanche moulue.....	50
Poix	110
Cérésine purifiée	15
Lithopone	30
Carbonate de magnésie.....	40
Magnésie calcinée	40

On chauffe lentement à 115-125°, on agite bien, on introduit dans des moules et on réchauffe à 75°.

Pour les articles bruns, on utilise la composition suivante :

Sulfate de baryum	60
Poix en petits fragments.....	60
Résine	20
Factice dur foncé.....	30-40

Le mélange bien divisé est réchauffé jusqu'à 100°, en agitant, on charge en moules et on réchauffe à 55°.

P. Balke et G. Leysieffer (1) obtiennent une matière plastique ressemblant au caoutchouc durci, en mélangeant des éthers celluloseux contenant de l'eau, sans addition de solvants volatils, avec une quantité beaucoup plus grande d'un agent de gélatinisation que la proportion nécessaire pour gélatiniser les éthers celluloseux traités, et avec des charges en quantités notables ; on chauffe pour évaporer l'eau.

D'après L. Collardon, on obtient une matière ressemblant au caoutchouc durci en préparant une masse pâteuse à base de produits de condensation phénol-formaldéhydiques et de xanthate de cellulose.

Le procédé de Krause et Blücher consiste à traiter des résidus de fermentation, tels que ceux obtenus dans la fabrication d'extraits de levure par l'aldéhyde formique pour les durcir. On moule et on chauffe sous pression, en ajoutant à volonté des matières albuminoïdes et des huiles.

Le succédané de caoutchouc durci de Steinitzer (2) s'obtient en chauffant à 150° en vase clos :

Furfurol	100
Phénol	50-100
Acide sulfurique concentré	3

On obtient un produit solide, brillant, noir, ayant la dureté et l'élasticité du caoutchouc durci. La dureté augmente avec la durée de chauffage. L'acide sulfurique peut être remplacé par un courant d'acide chlorhydrique gazeux.

L'Institut Plauson (3) obtient un substitut de caoutchouc durci en chauffant sous pression l'acide pyromucique avec des phénols ou des huiles contenant des phénols et de la formaldéhyde ou non, en présence d'un acide minéral, tel que l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique ou l'acide phosphorique, à 120-150°, sous une pression de 1 à 6 atmosphères, avec ou sans addition de charges. Un chauffage de peu de durée, à basse pression, donne un produit de condensation liquide, convenant comme agent d'imprégnation, durcissant ultérieurement par le chauffage. Le chauffage prolongé donne

(1) Brevet américain n° 1.468.222.
(2) Brevet allemand n° 305.264.
(3) Brevet allemand n° 342.365.

des masses solides. L'acide libre du produit peut être neutralisé par la chaux ou extrait par des solvants.

L'*amiroïne* est de l'amiante imprégné avec une solution de copal. A l'état sec, cette masse est dure comme de la pierre. On la broie et on la moule sous pression à 160°.

La *ténacite* et la *kronite* sont des matières analogues.

Comme tant, on peut remplacer la résine par du brai, du goudron et de l'asphalte, et même par du silicate de soude, qui possède l'avantage de l'incombustibilité, mais l'inconvénient de l'hygroscopicité. Il est évident que le produit, dans ce dernier cas, est bien éloigné du caoutchouc durci.

Ces succédanés divers, à base de résines, de fibres et de charges, se préparent de la manière suivante : on dissout la résine dans 125 % de son poids d'alcool absolu : l'opération se fait dans un malaxeur du type Werner et Pfeleiderer, et elle est facilitée si la résine est réduite au préalable en poudre dans un broyeur. Le liquide est filtré et le résidu du filtre est réchauffé et traité par une nouvelle quantité de solvant ; la dissolution obtenue est ajoutée à la première. En outre de la résine, la masse contient des fibres d'amiante, des fibres de jute et différentes charges, telles que le kaolin, le carbonate de magnésium, l'oxyde de zinc, le sulfate de baryte et le lithopone. Comme colorant, on emploie le noir de Francfort, la nigrosine, le noir de carbone (en petite quantité seulement, parce qu'il est conducteur) et l'oxyde de fer. Les différents ingrédients sont pesés et chargés dans un grand malaxeur Werner et Pfeleiderer ; on peut mettre la machine en mouvement et on ajoute lentement la solution de résine.

L'alcool supplémentaire nécessaire est ajouté ultérieurement.

Lorsque le mélange a été malaxé intimement pendant une heure environ, on introduit lentement la fibre d'amiante ou de jute, sous forme d'un duvet très léger. Les propriétés du produit fini sont d'autant meilleures que ce duvet est plus léger. On continue le malaxage pendant une heure et demie à deux heures. La pâte obtenue est étalée sur des claies en fer à une profondeur de 2 centimètres et chargée dans un séchoir à vide. L'alcool est distillé et récupéré pour une nouvelle opération. Le séchage se fait à 140° dans un vide de 65 centimètres ; il est terminé en deux heures et demie. La masse sèche obtenue

est concassée et finement broyée. La poudre est comprimée dans des moules et transformée en objets de diverses formes.

Heil et Esch (1) indiquent les compositions suivantes :

I

Solution de résine.....	30
Alcool	8
Déchet d'ambroïne pulvérisé.....	15
Kaolin	5
Magnésie	10
Atmoïd.....	5
Noir de Francfort.....	4,500
Fibre d'amiante	5
Fibre d'amiante déchet	2,500
Fibre de jute.....	2,250
Huile de lin.....	0,750
Ozokérite	0,250
Poix de Bourgogne.....	7
Colophane	2

Le noir de Francfort peut être remplacé par 0500 nigrosine.

II

Solution de résine.....	12,500
Alcool	3
Déchet d'ambroïne pulvérisé.....	2,500
Kaolin	,500
Magnésie	3
Atmoïd	1
Oxyde de fer.....	1,750
Fibre d'amiante.....	4
Fibre d'amiante déchet.....	1,250
Fibre de jute.....	0,800
Huile de lin	0,550
Ozokérite	0,200
Poix de Bourgogne	0,750

L'oxyde de fer peut être remplacé par 0,250 uschine.

(1) HEIL et ESCH. — *The Manufacture of rubber goods*, p. 223.

III

Imitation du caoutchouc durci brillant :

Solution de résine	12
Alcool	3
Magnésie	1,200
Kaolin	2,500
Blanc de zinc.....	2
Noir de carbone.....	0,750
Fibre d'amiante, fine, courte.....	5

La *gummite* est une matière moulée, à base de brai, de colophane et de mica, utilisée pour les bacs d'accumulateurs.

La *plastite* est un caoutchouc durci rouge, à base de sulfure d'antimoine, chargé avec de la magnésie et du brai de goudron.

L'*esbénite*, qui sert à la fabrication des bacs d'accumulateurs, se compose de cellulose, de poudre d'amiante, de magnésie et de chaux.

La *fibre vulcanisée* est obtenue en traitant de la cellulose, sous forme de papier mince, non encollé (1), par du chlorure de zinc. Il existe dans le commerce deux qualités de fibre vulcanisée : dure et souple.

On trouvera des listes de produits utilisés comme isolants électriques dans l'ouvrage de A. Monkhouse (2).

(1) A.-D. LUTTRINGER. — *La Fibre vulcanisée*, in *Le Caoutchouc et la Gutta-Percha*, 23, 19992 (1926).

(2) A. MONKHOUSE. — *Electric insulating materials*, Londres, 1926, p. 166 et p. 195.

CHAPITRE XVIII

L'AVENIR DU CAOUTCHOUC DURCI

Au cours des chapitres précédents, on a vu que l'on fabrique une très grande variété d'objets en caoutchouc durci ; il serait d'ailleurs possible d'obtenir en caoutchouc durci un grand nombre d'autres objets. Hancock, nous l'avons vu dans le chapitre relatif à l'historique, avait déjà prévu, avec une largeur de vue remarquable, de nombreuses applications.

En 1919, la Rubber Growers' Association avait organisé un concours pour de nouvelles applications du caoutchouc, afin de trouver des débouchés pour le produit des plantations. Les emplois suivants ont été proposés pour le caoutchouc durci (1), dont la plupart ne constituent d'ailleurs pas une nouveauté. Cependant, cette liste peut suggérer des idées aux fabricants et, à ce titre, elle présente un certain intérêt :

- Boutons de sonnette ;
- Billes de billard ;
- Tables pour billards ;
- Lames de jalousies ;
- Blocs pour construction, imitant la brique, la pierre, le bois ;
- Planches à pain ;
- Boutons ;
- Chandeliers ;
- Cannes ;
- Casques (caoutchouc durci ou semi-durci pour remplacer le cuir de la calotte de certains casques d'uniformes) ;
- Sculptures, statues, plaques et autres ornements (pour remplacer la pierre, le bois, le plâtre, le bronze, etc.) ;
- Pincés pour étalages (pour supporter les articles exposés ; dans le genre des pincés à linge ou des attaches à papier) ;

(1) *Handbook on rubber uses and their development*, Londres, 1923, p. 139.

- Cercueils ;
- Baleines de corsets ;
- Maillets de croquet ;
- Tringles à rideaux (tube en caoutchouc durci sur tige en métal ; bel aspect, sans vernissage) ;
- Anneaux de rideaux ;
- Rideaux orientaux ;
- Dés à jouer ;
- Boîtes pour usages ménagers (sucre, thé, céréales, etc. ; avec couvercles à rainure ou à charnière ; avec ou sans inscription ; ces boîtes sont propres, résistent à l'humidité et se nettoient facilement) ;
- Poignées et boutons de portes ;
- Portes (composées de panneaux et d'un cadre comme les portes en bois ; en caoutchouc mi-durci) ;
- Instruments de dessin, règles, équerres, règles graduées ;
- Gobelets ;
- Chevilles pour chevalets ;
- Ailettes pour ventilateurs ;
- Plaques de propreté pour portes ;
- Pots à fleurs et cache-pots ;
- Meubles (Pour le placage et la marquetterie, on peut employer des feuilles minces de différentes couleurs. Pour la construction massive, le caoutchouc durci est trop cassant, mais on peut remédier jusqu'en un certain point à cet inconvénient par des armatures métalliques. On a proposé, entre autres, les appareils suivants : autels, fauteuils, bureaux, tabourets, cheminées, tabourets de piano, porte-parapluies) ;
- Cornets de gramophone ;
- Coffres à gramophones ;
- Gouttières pour toits (Caoutchouc semi-durci ou durci sous-vulcanisé, pour éviter la fragilité) ;
- Manches pour coutellerie, instruments de chirurgie, outils, etc. ;
- Manches pour cannes, parapluies, etc. ;
- Connexions pour tuyaux ;

Encriers et écrivoires ;
Isolateurs pour poteaux télégraphiques et téléphoniques ;
Bijouterie (broches, etc., imitant le jais) ;
Porte-couteaux ;
Aiguilles à tricoter ;
Entrées de boîtes aux lettres ;
Lettres (pour enseignes, etc.) ;
Modèles pour réclames (animaux, fruits, etc.) ;
Carcasses d'automobiles ;
Pièces moulées d'architecture (corniches, chapiteaux) ;
Pièces moulées pour portes et fenêtres ;
Plaques de noms (pour bâtiments, gares, rues, véhicules,
etc.) ;
Panneaux ;
Patrons et gabarits ;
Porte-plume ;
Capsules, cuvettes, cuves, séchoirs photographiques ;
Touches de piano ;
Fifres, flûtes, etc. ;
Cadres pour tableaux (Caoutchouc durci de différentes
couleurs, y compris les produits obtenus par addition
de mica, de poudre de bronze, etc.) ;
Supports pour plumes et pipes ;
Rouleaux ;
Tuiles pour toitures (en caoutchouc dur ou semi-dur) ;
Soucoupes pour pots à fleurs ;
Cartes d'abonnement (Pour chemins de fer, tramways,
expositions, etc., en caoutchouc durci mince, avec
dessins décoratifs) ;
Sièges pour water-closets (imperméables à l'humidité, faciles
à maintenir à l'état de propreté, ne nécessitant aucun
vernissage) ;
Anneaux à serviettes ;
Plinthes d'appartement ;
Armatures pour lunettes ;
Panneaux pour lavabos (contre les éclaboussures) ;
Cuillers (notamment pour le service des enfants) ;

Barres pour tapis d'escalier (avec renforcement métallique) ;
Supports pour timbres en caoutchouc ;
Boutons pour cols, etc. ;
Interrupteurs pour lumière électrique, etc. ;
Tables (Le caoutchouc durci donne une surface prenant un beau poli, mais se rayant et se ternissant facilement ; il conviendrait pour de petites tables de fantaisie. On peut ajouter des effets décoratifs, des incrustations, des dessins en relief) ;
Pots à tabac ;
Coupes diverses (à cendres, à plumes, à épingles, etc.) ;
Vases ;
Parties de violons ;
Articles de fantaisie (en caoutchouc durci contenant du mica ou de la poudre de bronze, pour troussees de manucures, boîtes à poudre, brosses, etc.) ;
Robinets à eau (couverts en caoutchouc durci: ne nécessitent jamais de nettoyage) ;
Cadres de fenêtres ;
Poignées d'espagnolettes.

Si en temps de surproduction et de très bas prix du caoutchouc brut, on peut être amené à envisager des applications spéciales diverses du caoutchouc, telles que celles qui sont énumérées ci-dessus, il n'en est pas ainsi en temps normal.

Lorsque le produit est cher, il est nécessaire de rechercher l'économie et de ne jamais employer de mélange d'une qualité supérieure à celle qui est strictement nécessaire.

Le caoutchouc durci a de nombreux concurrents et remplaçants bon marché. Pour beaucoup d'applications, il a été détrôné par des matières plus économiques. Le caoutchouc durci possède un ensemble de qualités caractéristiques :

Résistance mécanique,
Flexibilité,
Pouvoir isolant,
Faculté de se polir,
Elasticité.

Le caoutchouc durci n'est vraiment d'un emploi rationnel que dans les applications exigeant l'existence simultanée de plusieurs de ces qualités ; les concurrents du caoutchouc durci ne réunissent pas toutes ces qualités dans un même produit. La nécessité d'un travail mécanique et d'un façonnage spécial, le retrait, etc., sont des inconvénients du caoutchouc durci.

Le développement de la T. S. F., au cours des années récentes, offre de nouveaux débouchés au caoutchouc durci.

L'industrie du caoutchouc durci aura surtout de belles perspectives si elle fabrique de beaux produits de qualité supérieure ; malheureusement, très souvent, la qualité et le fini laissent à désirer, dans le cas de nombreux fabricants. Le succès de certains caoutchoucs durcis, de provenance étrangère, tient précisément à leur bonne qualité.

CHAPITRE XIX

FORMULES DE MÉLANGES ET RECETTES DIVERSES

Nous avons réuni ci-après un certain nombre de formules de mélanges (1). Une formule ne suffit pas pour la fabrication d'un produit satisfaisant ; il faut qu'elle soit appliquée rationnellement par un homme de l'art.

Certaines de ces formules sont anciennes et ne présentent guère qu'un intérêt rétrospectif. Nous avons tenu cependant à les reproduire, à titre documentaire ; elles peuvent donner quelquefois des indications utiles.

L'ensemble de ces formules doit être considéré comme un guide auquel s'adressera le technicien qui sera embarrassé ou qui cherchera une idée ou une suggestion.

Dans les chapitres précédents, on a déjà eu l'occasion de donner certaines compositions de mélanges destinés à des fabrications spéciales.

Signalons que l'on trouvera également quelques formules dans l'*Annuaire technique du caoutchouc* (2).

CAOUTCHOUC DURCI ANCIEN

Caoutchouc	66
Soufre	34

PEIGNES

Fine para	53
Soufre	47

PEIGNES

Caoutchouc	70-75
Soufre	30-25

Vulcanisation : de huit à dix heures.

(1) Certaines de ces formules sont empruntées aux ouvrages de PEARSON, DITMAR, FACTORY MANAGER.

(2) *Annuaire technique du caoutchouc*, pages 167 et suivantes.

TUBES POUR SERINGUES

Fine para	53,5
Soufre	28,5
Poudre caoutchouc durci.....	18,0

FEUILLES

Fine para	27,5
Pinky Madagascar	27,5
Soufre	41,0
Chaux	2,75
Cire d'abeilles	1,25

CAOUTCHOUC DURCI

Caoutchouc plantation	30
Mineral rubber	24
Soufre	30
Cérésine	5
Factice	10,5
Chaux	0,5

CAOUTCHOUC DURCI

Régénéré flottant	30
Soufre	6

Vulcanisation à 148°; montée, 15 minutes; cuisson, 120 minutes.

CAOUTCHOUC DURCI

Guayule	3
Régénéré	30
Soufre	1
Magnésie	1

Vulcanisation à la presse, 35 minutes à 142°.

CAOUTCHOUC DURCI

Caoutchouc.....	11
Régénéré	9
Soufre	4
Magnésie	3
Mineral rubber.....	3
Litharge	5

Vulcanisation à la presse, 10 minutes à 142°.

CAOUTCHOUC DURCI

Régénéré bonne qualité	20
Chaux	8
Soufre	1

Vulcanisation à la presse, 20 minutes à 148°.

CAOUTCHOUC DURCI

Régénéré ordinaire	100
Chaux	2
Soufre	2

Vulcanisation à la presse, 15 minutes à 148°.

Enveloppé : montée, 15 minutes ; cuisson, 15 minutes ; à 142°.

CAOUTCHOUC DURCI

Caoutchouc	18
Soufre	19
Chaux	3

Enveloppé : montée, 60 minutes ; cuisson, 210 minutes ; à 142°.

CAOUTCHOUC DURCI

Para	15
Soufre	3

Enveloppé : montée, 20 minutes ; cuisson, 60 minutes ; à 142°.

CAOUTCHOUC DURCI (première qualité)

Para	10
Soufre	3
Huile de lin.....	0,200
Cire	0,250

CAOUTCHOUC DURCI (première qualité)

Para	2
Madagascar	3
Soufre	2
Huile de lin.....	0,2
Cire	0,5

CAOUTCHOUC DURCI (première qualité)

Para Ceylan	4,6
Factice brun	1,2
Soufre	3,8
Chaux vive.....	0,1
Magnésie	0,3

Vulcanisation : montée, 1 heure ; cuisson, 7 heures ; 4 atm.

CAOUTCHOUC DURCI (première qualité)

Para fin	31,17
Huile de lin soufflée.....	0,74
Cire	0,92
Soufre	11,19

Vulcanisation : montée, 30 minutes ; cuisson, 8 heures ; 4 atm.

CAOUTCHOUC DURCI (première qualité)

Caoutchouc Pérou	3,1
Para Ceylan	3,1
Soufre	2,5
Magnésie	0,3
Kaolin	0,2
Factice brun	0,8
Noir de fumée.....	0,4

Vulcanisation : montée, 1 heure ; cuisson, 7 heures ; 4 atm.

CAOUTCHOUC DURCI, BEAU NOIR

Caoutchouc Mangabeira	6,6
Soufre	2,8
Magnésie calcinée	0,3
Oxyde de zinc.....	0,2
Chaux vive	0,1

Vulcanisation : montée, 1 heure; cuisson, 7 heures ; 4 atm.

CAOUTCHOUC DURCI, A VULCANISATION RAPIDE

Camerounballs (résine 16 %)	2,5
Régénéré Shawnee	1,5
Soufre	3,8
Chaux vive	0,1
Magnésie calcinée lourde.....	0,1
Asphalte	2,0

Vulcanisation à la presse : 2 heures, à 135°.

CAOUTCHOUC DURCI, A CASSURE GRENUE

Caoutchouc Guatemala	1,0
Magnésie calcinée lourde.....	0,5
Alumine	1,4
Soufre.....	0,6

Vulcanisation : montée, 30 minutes; cuisson 270 minutes ; 4 atm.

CAOUTCHOUC DURCI (bonne qualité)

Para Ceylan	12,99
Adeliballs	19,48
Huile de lin soufflée.....	1,79
Cire	3,25
Soufre	13,00
Sulfo-oxy-quinoléine.....	1,70

Vulcanisation : montée, 30 minutes ; cuisson, 5 heures ; 4 atm.

CAOUTCHOUC DURCI (bonne qualité)

Para	2,500
Crêpe	5
Poudre caoutchouc durci.....	11
Noir d'ivoire	1
Huile de lin cuite.....	0,600
Soufre	4
Cire de Candelilla.....	0,900

Vulcanisation : montée, 1 heure ; cuisson, 2 heures ; 3 kgs 5.

CAOUTCHOUC DURCI (bonne qualité)

Para	6
Poudre caoutchouc durci.....	12
Noir au stéarate.....	1,500
Huile de bois.....	1
Soufre	14
Cire de Carnauba.....	1
Huile de ricin.....	1

Vulcanisation : montée, 1 heure ; cuisson, 2 heures ; 3 kgs 5.

CAOUTCHOUC DURCI ROUGE (première qualité)

Caoutchouc (7 % résine)	5,20
Factice brun	0,60
Cinabre	2,20
Soufre	2,00

Vulcanisation : montée, 30 minutes à 4 atmosphères ; montée, 30 minutes à 7 atmosphères ; cuisson, 390 minutes à 7 atmosphères.

CAOUTCHOUC DURCI (très bon marché)

Caoutchouc Pérou	2,00
Guayule	1,00
Régénéré brun	2,50
Kaolin	4
Magnésie calcinée lourde.....	1,40
Soufre	4,50
Graphite	1,00
Cérésine	0,50

Litharge	1,50
Hypo noir	2,00
Goudron	0,75

Vulcanisation : montée, 20 minutes ; cuisson, 2 heures ; 4 atm.

CAOUTCHOUC DURCI POUR ARTICLES POLIS (qualité supérieure)

Crêpe	8,000
Poudre caoutchouc durci	7,000
Soufre	0,500
Paraffine	0,125
Accélérateur	0,080

15,705

Vulcanisation : montée, 2 heures ; cuisson, 8 heures ; à 149°.

CAOUTCHOUC DURCI (qualité moyenne)

Feuille fumée	8,000
Poudre caoutchouc durci	8,000
Chaux	1,000
Litharge	1,000
Blanc de zinc	4,000
Soufre	4,000
Huile de lin cuite	0,500

26,500

CAOUTCHOUC DURCI BON MARCHÉ, POUR ARTICLES MOULÉS

	A	B
Feuille fumée	8,000	8,000
Poudre de caoutchouc durci	8,000	4,000
Blanc de zinc	8,000	12,000
Kaolin	4,000	—
Régénéré noir Nestor	—	4,000
Soufre	4,000	5,500
Huile de lin cuite	0,500	0,500

32,500 34,000

Vulcanisation : 1 heure, à 4 kgs 200.

CAOUTCHOUC DURCI (qualité supérieure)

Caoutchouc plantation lavé.....	70
Soufre	29
Camphre ou cérésine.....	1
	<hr/>
	100

CAOUTCHOUC DURCI, PLAQUES

Caoutchouc plantation lavé.....	15
Soufre	10
Poudre caoutchouc durci.....	65
Huile de lin cuite.....	5
Camphre	3
Chaux	2
	<hr/>
	100

CAOUTCHOUC DURCI, PLAQUES

Caoutchouc plantation lavé.....	30
Poudre caoutchouc durci.....	50
Soufre	14
Régénéré flottant	3
Cérésine	1
Magnésie calcinée	1
Huile de lin cuite.....	1
	<hr/>
	100

CAOUTCHOUC DURCI ROUGE

Caoutchouc plantation lavé.....	25
Vermillon pâle.....	3,5
Vermillon foncé.....	3,5
Kaolin	2
Talc	1,5
Soufre	8
Oxyde rouge de fer.....	3,5
Oxyde de zinc.....	3
	<hr/>
	50

CAOUTCHOUC DURCI ROUGE, POUR ARTICLES POLIS

Caoutchouc plantation lavé.....	12,5
Soufre précipité	7,5
Magnésie calcinée	3,5
Oxyde de zinc.....	6,0
Atmido ou kaolin.....	7,5
Vermillon	6
Colcothar	3,5
Huile de lin cuite.....	2
Cérésine	1,5
	<hr/>
	50

BATONS ET TUBES

Caoutchouc plantation lavé.....	40
Poudre caoutchouc durci.....	15
Magnésie calcinée.....	4
Kaolin ou catalpo.....	15
Soufre	25
Huile de lin cuite.....	1
	<hr/>
	100

BATONS ET TUBES

Caoutchouc plantation lavé.....	20
Farine fossile	30
Noir de carbone	3
Magnésie calcinée	5
Soufre	16
Brai de goudron ou mineral rubber...	16
Factice brun	5
Kaolin	5
	<hr/>
	100

BATONS

Pinky Madagascar	13,00
Congo Ball	8,00
Bornéo	5,25
Poudre caoutchouc durci.....	44,00
Soufre	23,50
Huile de coton.....	4,00
Cire d'abeilles	0,75
Chaux	1,50

TUBES FINS

Fine para	25,00
Factice	8,00
Oxyde de zinc.....	60,00
Soufre	4,25
Huile de palme.....	2,75

PETITS ARTICLES MOULÉS

Coarse para	38,0
Madagascar	16,0
Poudre caoutchouc durci.....	32,5
Bleu de plomb.....	11,0
Huile de palme.....	2,5

ARTICLES MOULÉS ROUGES

Fine para	53,0
Oxyde rouge	7,0
Vermillon	14,0
Kaolin	7,0
Soufre	18,0
Huile de palme.....	1,0

CAOUTCHOUC DURCI POUR BATONS ET TUBES

Caoutchouc	5,0
Poudre caoutchouc durci.....	20,0
Soufre	3,0
Chaux	0,5
Huile de lin.....	2,0
Camphre	1,0

On cuit d'abord le camphre et l'huile de lin. Le mélange peut être modifié suivant les prix. On peut supprimer complètement le camphre, qui agit principalement sur le polissage et moins sur la qualité.

Vulcanisation : 6 à 7 heures, à 3 atmosphères.

TUBE ISOLANT

Caoutchouc Madagascar	0,96
Balata bloc.....	0,32
Régénéré foncé	8,00
Poudre caoutchouc durci.....	2,00
Pontianak.....	3,00
Goudron cuit	2,90
Factice brun	5,00
Atmido	9,00
Kaolin	9,00
Craie	4,00
Noir de fumée.....	1,00
Huile de paraffine	1,28
Soufre	3,70
Pipéridine	0,60

Vulcanisation : montée, 20 m. ; cuisson, 25 m. ; 4 atm. 3.

STABILITE ROUGE

Caoutchouc plantation lavé.....	14
Talc	10
Blanc de zinc.....	12
Sulfate de chaux.....	6
Vermillon	5
Colcothar	5
Chaux	3
Amiante ou fibre de chanvre broyée.	8
Soufre	7
	<hr/>
	70

BACS D'ACCUMULATEURS

Caoutchouc plantation lavé.....	20
Poudre caoutchouc durci.....	6
Soufre	10
Pierre ponce en poudre.....	8
Talc	4
Magnésie calcinée.....	1
Huile de lin cuite.....	1
	<hr/>
	100

BACS D'ACCUMULATEURS, BON MARCHÉ

Caoutchouc plantation lavé.....	6
Poudre caoutchouc durci fine.....	45
Chaux	3
Soufre	6
Régénéré bonne qualité	24
Huile de lin cuite.....	4,5
Brai de goudron ou mineral rubber..	4,5
Kaolin	7
	<hr/>
	100

BACS D'ACCUMULATEURS

Crêpe	10
Régénéré gris	27
Poudre caoutchouc durci	15
Charges	30
Soufre	18

BACS D'ACCUMULATEURS

Congo	10
Soufre	4
Poudre caoutchouc durci	2,500
Pierre ponce en poudre	5
Huile de lin	6

BACS D'ACCUMULATEURS

Congo	10
Soufre	4
Magnésie	0,250
Poudre caoutchouc durci	4
Pierre ponce en poudre	7
Huile de lin	0,800

Dans les deux mélanges ci-dessus, on peut remplacer avantageusement la pierre ponce par la silice pure obtenue dans la fabrication du fluosilicate de sodium (1).

BACS D'ACCUMULATEURS

Coarse para	28,0
Balata	14,0
Factice noir	14,0
Asbestine	14,0
Soufre	14,0
Poudre caoutchouc durci	14,0
Huile de coton	2,0

(1) HEIL et ESCH. — *The Manufacture of rubber goods*, page 216.

BACS D'ACCUMULATEURS

Feuille fumée	10,000
Poudre caoutchouc durci.....	7,000
Kaolin	3,000
Blanc de zinc.....	3,000
Soufre	4,000
Huile de lin cuite.....	0,875
M. R. X.....	0,125

28,000

Vulcanisation : 2 heures, à 4 kgs 200.

SÉPARATEURS POUR ACCUMULATEURS

Feuille fumée	10,000
Poudre caoutchouc durci.....	7,000
Soufre	4,000
M. R. X.....	0,250
Paraffine	0,250
Huile de lin cuite.....	0,250

21,750

Vulcanisation : 2 heures, à 4 kgs 200.

CAOUTCHOUC DURCI POUR ÉLECTRICITÉ (qualité supérieure)

Feuille fumée ou crêpe.....	8,000
Poudre caoutchouc durci.....	8,000
Soufre	3,500
Huile de lin cuite.....	0,250

19,750

Vulcanisation : montée, 2 heures ; cuisson, 6 heures ; à 149°.

CAOUTCHOUC DURCI POUR ÉLECTRICITÉ (bonne qualité moyenne)

Feuille fumée ou crêpe	8,000
Poudre caoutchouc durci.....	8,000
Soufre	4,000
Blanc de zinc.....	2,000
Huile de lin cuite.....	0,625
M. R. X.....	0,375
	<hr/>
	23,000

Vulcanisation comme pour le mélange précédent.

CAOUTCHOUC DURCI BRUN

Para Ceylan	4,00
Oxyde de zinc.....	2,00
Cire blanche	0,10
Magnésie calcinée	0,40
Cinabre	2,60
Soufre	2,00

Vulcanisation : montée, 1 heure ; cuisson, 7 heures ; 4 atm.

CAOUTCHOUC DURCI POUR POMPES A ACIDE

Caoutchouc Sumatra, première qualité.	2,00
Soufre	1,00
Factice paraffinique brun.....;	0,50
Asphalte	0,75
Craie	0,50
Kaolin	0,20
Magnésie calcinée	0,05

Vulcanisation : montée, 1 heure ; cuisson, 7 heures ; 4 atm.

CAOUTCHOUC DURCI POUR RÉCIPIENTS ET POMPES A ACIDE, ETC.

Feuille fumée	10
Poudre caoutchouc durci.....	8
Soufre	3,500
Huile de lin cuite.....	0,625
	<hr/>
	22,125

Vulcanisation : montée, 2 heures ; cuisson, 8 heures ; à 149°.

CAOUTCHOUC DURCI RÉSISTANT AU CHLORE

Caoutchouc para	57
Soufre	33
Graphite pur pulvérisé.....	10

Vulcanisation : montée, 1-2 heures ; cuisson, 40-45 heures ; 3 atm.

CAOUTCHOUC DURCI POUR ESSOREUSES A ACIDE

Caoutchouc Congo	5,57
Caoutchouc Colombie	8,00
Ceara	9,00
Poudre caoutchouc durci.....	18,00
Paraffine	2,00
Huile de paraffine.....	1,40
Soufre	7,91
Sulfo-oxyquinoléine	1,50

Vulcanisation : montée, 1 heure ; cuisson, 5 heures ; 4 atm.

REVÊTEMENT SUR FER

Adeliballs	7,00
Caoutchouc Congo, deuxième qualité... ..	10,00
Poudre caoutchouc durci.....	20,40
Goudron cuit.....	0,68
Litharge	3,40
Huile de lin.....	1,70
Soufre	6,80
Pipéridine	0,30

Vulcanisation dans le talc : montée, 1 heure ; cuisson, 6 heures ;
4 atmosphères.

REVÊTEMENT SUR FER

Caoutchouc Madagascar	9,00
Caoutchouc Penang	9,00
Régénéré foncé	17,00
Litharge	3,57
Soufre	8,92
Sulfo-oxyquinoléine	0,50

Vulcanisation : montée, 1 heure ; cuisson, 6 heures ; 3 atm. 8.

REVÊTEMENT SUR FER, COUCHE INTERMÉDIAIRE

Lumps Côte de l'Or.....	13,50
Mozambique	10,00
Goudron cuit.....	1,18
Poudre caoutchouc durci.....	11,73
Huile de lin.....	1,90
Soufre	11,74
Sulfo-oxyquinoléine	0,75

Vulcanisation : montée, 1 heure ; cuisson, 6 heures ; 3 atm. 8.

GARNISSAGE DES ROULEAUX D'IMPRIMERIE, ETC.

Feuille fumée	10,000
Poudre de caoutchouc durci.....	12,000
Soufre	4,000
Blanc de zinc.....	2,000
Litharge	2,000
Huile de lin cuite.....	1,000
M. R. X.....	0,625
	<hr/>
	31,625

Vulcanisation : montée, 2 heures ; cuisson, 8 heures ; à 149°.

GARNISSAGE DES ROULEAUX ; COUCHE INTERMÉDIAIRE

Feuille fumée.....	10,000
Poudre de caoutchouc durci.....	5,000
Soufre	5,000
Huile de lin cuite.....	0,750
M. R. X.....	0,625
	<hr/>
	21,375

Vulcanisation comme ci-dessus.

GARNISSAGE DES ROULEAUX

Caoutchouc de plantation.....	10
Régénéré noir	3
Magnésie calcinée	2
Sulfate de baryum	4
Chaux	3
Soufre	3
Litharge	2
Chiffons broyés	2
Mineral rubber	1

GARNISSAGE DE ROULEAUX

Caoutchouc	12
Régénéré	15
Litharge	18
Soufre	10

Vulcanisation: montée, 20 minutes; cuisson, 40 minutes; à 142°.

GARNISSAGE DE ROULEAUX

Caoutchouc de plantation	10
Cametas	10
Chiffons broyés	5
Magnésie calcinée	5
Carbonate de chaux	10
Litharge	3
Soufre	3
Mineral rubber dur	2
Oxyde de zinc	2

ROULEAUX POUR FORTES PRESSES

Congo	100
Régénéré	100
Soufre	50
Magnésie	10
Litharge	20

CYLINDRE ROULANT CONTRE SURFACE GARNIE DE CUIR

Para	50
Mozambique	50
Litharge	40
Sulfate de baryte	70
Soufre	15
Cérésine	5

JONCTION POUR ROUES, ETC.

Caoutchouc plantation	35
Mineral rubber	5
Soufre	35
Carbonate de magnésie	7
Litharge	15
Carbonate de chaux	13
	<hr/>
	100

BANDAGES PLEINS, PREMIÈRE COUCHE SUR LE FER

Caoutchouc para	0,6
Caoutchouc Pérou	0,4
Soufre	0,6
Régénéré foncé	0,2
Poudre de caoutchouc durci	0,5
Factice de paraffine brun	2,0
Litharge	1,0
Sulfate de baryum	0,7
Oxyde de zinc	0,8
Craie	3,4
Magnésie	0,2

Vulcanisation : montée, 20 minutes ; cuisson, 3 heures ; 4 atm.

BANDAGES PLEINS. — La couche en contact immédiat avec l'armature est du durci, fixé au moyen de dissolution.

M. Jacobs (1) donne les compositions suivantes :

1° Dissolution sur armatures :

Gomme	50
Charge	28
Soufre	22
	—
	100

Gomme : 1/3 Para ou crêpe, 1/3 très bonne gomme d'Amérique (Manaos), 1/3 autre gomme de première qualité.

Charges : Sulfate de baryte, blanc de zinc, carbonate de magnésie, chaux vive.

(1) F. JACOBS. — *L'Industrie du caoutchouc*, Paris, 1923.

2° Durci sur armatures :

Gommes	25 à 35
Charges	35 à 25
Amiante fibre ou coton effiloché.	15
Soufre	25 à 30
	<hr/>
	100

Gomme : 1/2 para ou crêpe, 1/2 bonne gomme d'Amérique.

Charges : Sulfate de baryte, litharge (3 %), chaux, magnésie calcinée, craie (charges tamisées et sèches).

3° Demi-durci :

Gommes	42
Charges	38
Soufre	20
	<hr/>
	100

Gommes : Para, Crêpe, Manaos, etc.

Charges : Craie, carbonate de magnésie, chaux (2 %), litharge (4 %), blanc de zinc.

COLLE DE CAOUTCHOUC DURCI

Fine para	30 kgs.
Soufre	10 kgs.
Naphte	120 litres.

DISSOLUTION DU CAOUTCHOUC DURCI. — Pour dissoudre le caoutchouc durci, on peut utiliser le dissolvant breveté par la E. H. Clapp, Rubber C° (1) obtenu en chauffant un mélange intime d'essence de térébenthine avec 2,5 à 10 % d'acide oxalique hydraté cristallisé du commerce, à 140-163°, à une pression égale ou supérieure

(1) U. S. P., 1.409.570.

à la pression atmosphérique. On laisse refroidir pour séparer l'acide oxalique et on élimine totalement cet acide par lavage. On soumet le produit à la distillation fractionnée en enlevant toutes les huiles ayant un point d'ébullition inférieur à 202°. Le résidu est une huile lourde qui dissout le caoutchouc durci. On peut obtenir des distillats plus lourds en soumettant ce résidu à une nouvelle distillation ; les fractions obtenues dissolvent également le caoutchouc durci.

La solution se prépare en introduisant le caoutchouc durci finement broyé dans le solvant et en agitant.

Un mélange à parties égales de caoutchouc durci et de dissolvant donne une masse collante ou pâteuse. Par exposition à la chaleur, la masse se solidifie et acquiert une rigidité analogue à celle du caoutchouc durci primitif.

La solution de caoutchouc durci peut être employée avantageusement pour enduire divers articles.

FIXATION DU CAOUTCHOUC DURCI SUR L'ALUMINIUM, LE LAITON ET D'AUTRES MÉTAUX. — Le revêtement de divers appareils avec du caoutchouc durci a déjà été traité dans un chapitre spécial de ce livre. Nous donnons ci-dessous quelques principes qu'il importe de suivre pour éviter des échecs lorsqu'on veut fixer le caoutchouc durci par vulcanisation sur certains métaux.

Si la surface d'aluminium à garnir est très grasse, il est recommandable de l'enduire ou de la laver avec de l'acide chlorhydrique ; avant application de la solution de caoutchouc durci, on lave avec de l'essence.

La surface à garnir doit être très grossière.

Le caoutchouc doit être appliqué très solidement sur la surface à garnir et être bien maintenu en place.

Dans le cas du laiton, du cuivre, du bronze, etc., il est avantageux d'étamer ou de galvaniser la surface, ou d'appliquer une couche intermédiaire telle que le vernis employé dans l'émaillage des cadres de bicyclettes et d'articles analogues. Ce vernis s'applique au pinceau ou par trempage. Les objets enduits sont chargés dans une étuve et séchés dans l'air chaud pendant le temps et à la température nécessaires. On applique ensuite la dissolution de caoutchouc durci et on

fixe le caoutchouc de la manière habituelle. Le vernis en question se trouve dans le commerce. Il est recommandable de maintenir le temps de séchage légèrement au-dessous du temps indiqué par le fournisseur ; le vernis se combine alors mieux avec le caoutchouc et durcit complètement pendant la vulcanisation. On détermine par des essais préliminaires la qualité de vernis convenable et le temps de séchage nécessaire.

VERNIS AU CAOUTCHOUC DURCI. — On emploie une dispersion de poudre de caoutchouc durci dans un produit non dissolvant, à point d'ébullition élevé, à raison de 10 %. La dispersion est effectuée dans un moulin colloïdal ou dans un broyeur analogue ; on obtient un liquide clair, mobile, complètement homogène, qui peut être appliqué sur une surface, et qui forme, après séchage, une couche solide ressemblant à un vernis qui, par chauffage, devient solide et dure comme une couche mince de caoutchouc durci.

Le procédé de la Mechanical Rubber C^o (1) consiste, entre autres, à dissoudre du caoutchouc dans un solvant à point d'ébullition élevé, appartenant de préférence à la série aromatique, à ajouter suffisamment de soufre pour donner un caoutchouc vulcanisé ayant une teneur en soufre combiné comprise entre 15 et 32 % et à chauffer la solution. Le vernis ainsi obtenu est fluide après concentration, jusqu'à une teneur en matières solides de 50 % et même parfois 80 %.

W. J. Mellersch-Jackson (2) a breveté un vernis donnant, par séchage, une pellicule de caoutchouc durci, constitué par une solution de caoutchouc vulcanisé dans un dissolvant organique, ne contenant pas moins de 10 % de matières solides, au moins 15 % de soufre combiné (rapporté au caoutchouc) et sensiblement pas de soufre libre, et ayant, à 50°, une viscosité de 1 à 10 Engler. La solution peut être obtenue en dissolvant du caoutchouc brut ou vulcanisé dans un solvant organique à point d'ébullition élevé (tel que le solvant-naphta, le xylène, le naphtalène, etc.), en ajoutant suffisamment de soufre pour produire un caoutchouc vulcanisé contenant de 15 à 32 % de soufre, avec ou sans addition d'accélérateurs, et en chauffant le

(1) U. S. P., 243.966.

(2) Brevet anglais n° 243.966.

mélange, par exemple, à 160-170°, jusqu'à obtention de vulcanisation au degré désiré. La plus grande partie du solvant peut être distillée ensuite et remplacée par un autre solvant. Les solutions peuvent être colorées au moyen de colorants ou de pigments.

On peut employer la dibenzylamine ou le dithiocarbamate de dibenzylamine comme accélérateur.

CAOUTCHOUC DURCI MÉTALLISÉ. — On obtient un caoutchouc durci métallisé en précipitant électrolytiquement un métal sur du caoutchouc durci, rendu conducteur à l'aide de substances conductrices finement divisées, telles que la poudre de charbon. On ajoute cette poudre au mélange habituel ; on chauffe jusqu'à plastification, on moule et on vulcanise (1).

I

Caoutchouc	9
Pontianak	2
Soufre	4,5
Huile de lin.....	4,5
Craie	22
Charbon de cornue broyé.....	58

II

Caoutchouc	13
Soufre	4,8
Huile de lin cuite.....	4,8
Charbon broyé.....	77,4

CAOUTCHOUC DURCI POREUX (2). — On obtient des corps poreux pour batteries d'accumulateurs, cellules d'électrolyse, filtres, etc., fabriqués au moyen de poudre et de déchets de caoutchouc durci, partiellement ou totalement vulcanisés, avec une couche mince de caoutchouc durci non vulcanisé ou partiellement vulcanisé, en introduisant la poudre, etc., dans un volume plus grand que celui qui serait occupé sous pression et en vulcanisant.

(1) B. et F. BOURNE, brevet anglais 710, 1919.

(2) M. WILDERMAN, brevet anglais 200.577.

On peut également mélanger la poudre de caoutchouc durci avec une substance telle que le sel, ne se combinant pas avec le durci, et qui peut être éliminée, après vulcanisation, par dissolution ou par d'autres moyens.

On peut combiner le caoutchouc durci avec du métal pendant la fabrication.

La porosité peut être modifiée en remplissant les vaisseaux capillaires avec des substances telles que le sulfate de baryum, le ciment, les colloïdes, etc. Les plaques peuvent également être utilisées comme supports pour d'autres matières filtrantes.

CAOUTCHOUC DURCI MULTICOLORE. — On obtient des caoutchoucs durcis, d'un aspect particulier, en vulcanisant ensemble des couches minces comprenant des fils ou bandes de couleurs différentes (1).

(1) FULLER'S UNITED ELECTRIC WORKS, LTD., et A. P. WELCH. — Brevet anglais 226.340.

CHAPITRE XX

BIBLIOGRAPHIE

Il n'existe aucun ouvrage spécialement consacré au caoutchouc durci ; nous donnons ci-dessous une liste de livres sur le caoutchouc en général, qui constituent le fond de toute bibliothèque des techniciens du caoutchouc :

- P. BARY *Le Caoutchouc.*
C. - W. BEDFORD et
H. A. WINKELMANN. *Systematic survey of rubber chemistry.*
BEDIN *Analyse des caoutchoucs bruts et manu-
facturés.*
A. BULTEMANN *Dielektrisches Material.*
W. CASPARI *India Rubber Laboratory Practice.*
A. CHAPLET *Manuel de l'Industrie du Caoutchouc.*
A.-D. CILLARD *Annuaire Technique du Caoutchouc.*
R. DITMAR *Mischungsbuch für die Kautschuk-Indus-
trie.*
R. DITMAR *Technologie des Kautschuks.*
A. DUBOSC et A.-D.
LUTTRINGER *Le Caoutchouc, sa Chimie nouvelle, ses
Synthèses.*
FACTORY MANAGER... *Rubber goods manufacture.*
R. DE FLEURY *Technologie du caoutchouc souple.*
K. GOTTLÖB *Technologie der Kautschukwaren.*
E.-A. HAUSER et K.
MAIER *Gummi-Kalender.*
A. HEIL et W. ESCH.. *The manufacture of rubber goods.*
E. HEMMING *Plastics and molded electrical insulation.*
F. JACOBS *L'Industrie du Caoutchouc.*
B.-D. LUFF *Chemistry of rubber.*
A.-D. LUTTRINGER... *Aide-Mémoire pour l'industrie du Caout-
chouc.*
R. MARZAHN *Matières premières de la fabrication du
caoutchouc.*
A. MONKHOUSE *Electrical insulating materials.*

H. PEARSON	<i>Crude rubber and compounding ingredients.</i>
PETIT	<i>Manuel du fabricant de caoutchouc.</i>
PONTIO	<i>Analyse du caoutchouc et de la gutta-percha.</i>
A. REGLER	<i>Hartgummi u. Hartgummi-Ersatz.</i>
Ph. SCHIDROWITZ	<i>Rubber.</i>
S.-P. SCHOTZ	<i>Synthetic rubber.</i>
H.-E. SIMMONS	<i>Rubber manufacture.</i>
E. TASSILLY	<i>Le Caoutchouc et la Gutta-Percha.</i>
J.-B. TUTTLE	<i>The analysis of rubber.</i>
C.-O. WEBER	<i>The chemistry of india rubber.</i>
L.-E. WEBER	<i>The Chemistry of rubber manufacture.</i>
G.-S. WHITBY	<i>Plantation rubber and the testing of rubber.</i>

On trouve une documentation importante sur le caoutchouc dans les périodiques suivants :

<i>Le Caoutchouc et la Gutta-Percha</i>	Paris.
<i>The India Rubber Journal</i>	Londres.
<i>Rubber Age</i>	Londres.
<i>Institution of the Rubber Industry Transactions</i>	Londres.
<i>The India Rubber World</i>	New-York.
<i>Rubber Age</i>	New-York.
<i>India Rubber Review</i>	Akron.
<i>Gummi-Zeitung</i>	Berlin.
<i>Kautschuk</i>	Berlin.
<i>Kunststoffe</i>	Munich.

INDEX ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEUR

	Pages
ANDERSON	18
BAE ELAND	149
BALFE	150
BARY	184
BEDFORD	184
BERGIUS	19
BEYERSDORFER	49
BLUCHER 144,	150
BOURNE	182
BRANDT	27
BREUIL	27
BROCKEDOWN	18
BROWN	49
BULTEMANN	184
BUREAU DE CHIMIE DES ETATS-UNIS	51
CASPARI	184
CASTELLS	147
CHAPLET	184
CILLARD	184
CLAPP RUBBER C ^o	179
COLLARDON	150
DALY	137
DESPLANQUES	83
DIEFFENBACH	131
DIETRICH	29
DITMAR 3, 131, 159,	184
DUBOSC 38, 148,	184
ENGSTROM	136
ELLIS	144
ESCH 3, 136, 144, 152, 171,	184
FACTORY MANAGER", 159,	184
FLEURY (de)	184
FLEXER	147
FLIGHT 31, 35,	37
FOL	42
FRICTH	144
FULLER'S UNITED ELECTRIC WORKS	183
GARS	139
GEER	15
GIBBS 46,	49
GLANCY 8, 10, 38,	39
GOLD SEALED DENTURE PR. C ^o	137
GOODYEAR 15, 17,	18
GOTTLÖB 3, 27, 36, 39,	184
GRAY	29
HANCOCK 15, 17, 20, 140,	154
HARRISON	122
HAUSER	184
HAYWARD	15
HEIL 3, 152, 171,	184
HEMMING 144,	184
HENRIQUEZ	22
HINRICHSEN	7
HOXIE	53
HURTZIG	145
HUTIN, 25, 37, 60, 92,	112
IMMISCH	138

	Pages		Pages		
JACOBS	3, 178,	184	PETIT	84, 87,	184
JANE		9	PLAUSON		150
JOANNIDES		136	PONTIO		184
KARAVODINE		138	PORRITT	18,	19
KINDSCHER		7	PRICE	49,	53
KINNES	22,	35	RAYNER	22,	35
KRAUSE		150	REGLER		184
LEYSIEFFER		150	ROGERS	18,	19
LUFF		184	ROSENBAUM		41
LUTTRINGER..	24, 27,		RUBBER GROWERS' ASSO-		
	29, 36, 41, 153,	184	CIATION		154
MAIER		184	SCHIDROWITZ		185
MARZAHN		184	SCHOTZ		185
MECHANICAL RUBBER			SIMMONS		185
C ^o		181	SOCIÉTÉ A. E. G.		100
MEIER		144	SPENCE		7
MELLERSCH-JACKSON..		181	STEINITZER		150
MEYER		17	STERLING TELEPHONE		
MILLER RUBBER C ^o		76	& ELECTRIC C ^o		122
MONKHOUSE	153,	184	STEVENS		37
MORARD		28	SUPPLEE		136
NAUNTON		12	TASSILLY		185
NEDERL. MIJ. TOT EXPL.			THOMAS		94
VAN OPTIMIET FABR.		139	TUTTLE		185
NEWITT		100	VALON		95
NUTALL		30	VARENHORST		42
OON		10	WEBER	7, 25,	185
OSTROMYSLENSKI		146	WEIDINGER		135
PARAGON RUBBER MFG.			WELCH		183
C ^o		95	WHITBY	9,	185
PARKES		9	WILDERMANN		182
PATERSON	22,	35	WING		139
PAYEN		87	WINKELMANN		184
PEARSON..	131, 159,	184	WRIGHT		10
			YOUNG		7

INDEX ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

	Pages
Accélérateurs	40
— (Emploi des) dans le caoutchouc durci	10
Acétate de cellulose	145
Agitateurs (Garnissage des)	107
Albertols	144
Ambroïne	151
Amiante	40
— vulcanisé	147
Analyse chimique	24
Appareils non métalliques (Garnissage des)	111
Applications nouvelles du caoutchouc	154
Arbres (Garnissage des)	110
Arrosoirs	79
Articles moulés (Défauts de fabrication)	66
— (Fabrication des)	64
— (Formules)	168
Articles techniques bruts	70
Avenir du caoutchouc durci	154
Bacs d'accumulateurs	89
— (Accessoires, couvercles, tasseaux, séparateurs)	94
— cylindriques	90
— essais chimiques	93
— essais électriques	92
— essais mécaniques	27
— essais physiques	92
— de forme spéciale	90
— (formules)	170, 171
— rectangulaires	91
— réparations	91
Bacs et revêtements	89
Bakélite	144
Bandages pleins (formules)	178
Bâtons et tubes (applications)	63
— (fabrication)	60
— (formules)	167 à 169
— de gros diamètre	62

	Pages
Bibliographie	184
Bouchons en caoutchouc durci	72
Boudineuse (Fabrication des tubes à la)	60
Boutons	71
Brai de goudron	40
Broyage du caoutchouc durci (Précautions à prendre pour le) ..	51
Cahier des charges	23
Calandrage des plaques	55
Caoutchouc brut	36
Caoutchouc durci ancien (formule)	159
— brun (formule)	173
— pour électricité (formule)	172, 173
— pour essoreuses à acide (formule)	174
— (formules diverses)	160 à 165
— métallisé	182
— multicolore	183
— pour pompe à acide (formule)	173
— poreux	182
— pour récipients à acide (formule)	173
— résistant au chlore (formule)	174
— rouge (formules)	164, 166, 167
Caoutchouc mi-dur	140
Carbonate de calcium	39
Caséine	26
Caséine formolée	144
Celluloïd	145
Cérésine	40
Chanvre	40
Charges minérales	39
— organiques	40
Chaux	39
Chloré (Caoutchouc)	145
Collage	128
— sur le verre	128
Colle de caoutchouc durci	179
Colorants	40
Composition (Relations entre la) et les qualités d'usinage ..	112
Condensite	144
Conditions de réception du caoutchouc mi-dur	142
Courbage	118
Crosses d'armes	74
Cylindres couverts de caoutchouc	96

	Pages
Cylindres à écharner pour tanneries.....	96
— des machines à écrire (Vérification de la dureté)....	27
— pour papeteries et teintureries.....	97
— roulant contre une surface garnie de cuir (formule).....	177
Déchets de caoutchouc.....	37
Déchets de caoutchouc durci (classification).....	43
Découpage.....	117
Dentaire (Caoutchouc).....	129
— (formules).....	131
Dessus de sièges de water-closets.....	79
Dissolution de caoutchouc durci.....	179
Ebonite.....	5
Entonnoirs.....	79
Eolite.....	40
Esbénite.....	153
Essais mécaniques.....	27
— électriques.....	30
Essoreuses (Garnissage des).....	101
Estampage.....	81
Etain (Feuilles d').....	54
— emploi pour les articles moulés.....	66
Explosions de poussières.....	46
Factices.....	38
Fausses cartouches.....	80
Feuilles (formules).....	160
Fibres végétales.....	40
Fibre vulcanisée.....	153
Flotteurs pour chasses d'eau.....	79
— pour filets de pêche, bouées de sauvetage, bacs, etc.....	76
Formules de mélange et recettes diverses.....	159
Galets pour filature.....	80
Garnissage de rouleaux.....	176, 177
— de rouleaux d'imprimerie.....	175
Gummite.....	153
Hard rubber.....	6
Hartgummi.....	6
Historique.....	15
Huile de lin.....	40
— minérale.....	40

	Pages
Introduction	5
Industrie chimique (Applications du caoutchouc durci dans l').	98
Isolants électriques	31
Jonction pour roues, etc. (formules)	177
Juwélite	144
Kaolin	39
Kieselgur	40
Kronite	151
Liège (Poudre de)	26
Litharge	39
Lithopone	40
Magnésie	39
Marine (Applications à la)	111
Mastic pour caoutchouc durci	128
Matériel électrique (Petit)	82
Matières premières	36
Mélanges pour plaques	54
Métaux (Fixation du caoutchouc durci sur l'aluminium et d'autres)	180
Meules en émeri aggloméré au caoutchouc	83
Mineral rubber	40
Moules	65
Noir de carbone	40
Noyaux pour billes de billard	77
Oxyde de fer	40
— de zinc	39
Panneaux de revêtement	79
Peignes (Fabrication des)	67
— par découpage dans les plaques, 69,	70
— par moulage de plaquettes	68
— vulcanisation	69
Peignes (formules)	159
— (Travail des)	126
Perçage	122
Pierres à aiguiser et à affûter les outils tranchants	88
Pierre ponce	40

	Pages
Plaques (Applications des)	58
— (Fabrication des)	54
— (Formules)	166
— pour poudreries nationales	58
Plastite	153
Plombite	147
Polissage	122
— des feuilles	126
Pompes	82
Porte-plume à réservoir	78
Poudre de caoutchouc durci	38, 42
— (Différentes qualités de)	42
— (Explosions produites par la) ..	49
— (Fabrication)	44
Poudre de caoutchouc durci comprimée (Articles en)	138
Propriétés du caoutchouc durci	21
Récepteurs téléphoniques	72
Récipients cylindriques (Garnissage des grands)	106
— métalliques (Garnissage des)	100
— à parois composées de caoutchouc durci et de caoutchouc souple	95
Redmanol	144
Régénéré	38
Résine	40
Résines artificielles	144
Résinite	144
Résistance électrique (Essai de la)	32
Revêtements sur fer	174, 175
Robinets	72
Rouleaux pour fortes pressions (formules)	177
Sciage	121
Seaux	79
Séparateurs pour accumulateurs (formule)	172
Siphons	82
Soufre	38
— (Action du) sur le caoutchouc	5
Stabilité	170
Succédanés du caoutchouc durci	144
Sulfate de baryum	39
Sulfure d'antimoine	40

	Pages
Talc	39
Ténacité	151
Tour (Travail au)	119
Travail mécanique et façonnage du caoutchouc durci.....	112
Tubes (Fabrication des)	60
— isolants (Formule)	169
— pour seringues (formule)	160
Tuyaux (Garnissage des)	108
Tuyaux de pipe	74
— (Essais des)	27
Vermillon	40
Vernis au caoutchouc durci	181
Vernissage	127
Vieillessement.....	29
Volants d'automobiles	82
Vulcanisation du caoutchouc durci	6
Vulcanisation des plaques	56
— à la presse	56
— dans l'eau	56
Vulcanite	5
Vulkanasbest	147
Wenjacite	144

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
AVANT-PROPOS	3
CHAPITRE I	
INTRODUCTION	5
CHAPITRE II	
HISTORIQUE	15
CHAPITRE III	
PROPRIÉTÉS DU CAOUTCHOUC DURCI.....	21
CHAPITRE IV	
ANALYSE CHIMIQUE	24
CHAPITRE V	
ESSAIS MÉCANIQUES	27
CHAPITRE VI	
ESSAIS ÉLECTRIQUES	30
CHAPITRE VII	
MATIÈRES PREMIÈRES	36
Caoutchouc brut.....	36
Déchets de caoutchouc.....	37
Poudre de caoutchouc durci.....	38
Soufre	38
Régénéré	38
Factice	38
Charges minérales.....	39
Produits organiques.....	40
Accélérateurs	40
Colorants	41
CHAPITRE VIII	
POUDRE DE CAOUTCHOUC DURCI.....	42
Différentes qualités de poudre de caoutchouc durci.....	42
Classification des déchets de caoutchouc durci.....	43
Fabrication de la poudre de caoutchouc durci.....	44

	PAGES
Considérations générales sur les explosions de pous- sières	46
Explosions produites par la poudre de caoutchouc durci	49
Précautions à prendre pour le broyage du caout- chouc durci	51
CHAPITRE IX	
FABRICATION DES PLAQUES	54
Mélanges	54
Feuilles d'étain	54
Calandrage	55
Vulcanisation	56
Vulcanisation à la presse	56
Vulcanisation dans l'eau	56
Applications des plaques	58
Plaques pour poudreries nationales	58
CHAPITRE X	
FABRICATION DES BATONS ET TUBES	60
Fabrication à la boudineuse	60
Fabrication des bâtons et tubes de gros diamètre ..	62
Applications	63
CHAPITRE XI	
FABRICATION DES ARTICLES MOULÉS	64
Moules	65
Emploi des feuilles d'étain	66
Défauts de fabrication	66
Fabrication des peignes	67
Fabrication des peignes par moulage de plaquettes ..	68
Fabrication des peignes par découpage de plaques vulcanisées	69
Vulcanisation des peignes	69
Découpage des peignes dans les plaques	70
Articles techniques bruts	70
Boutons	71
Bouchons en caoutchouc durci	72
Récepteurs téléphoniques	72
Robinets	72
Crosses d'armes	74

	PAGES
Tuyaux de pipe	74
Flotteurs pour filets de pêche, bouées, bacs, etc.	76
Noyaux en caoutchouc durci pour billes de billard.	77
Porte-plume à réservoir	78
Seaux, arrosoirs, entonnoirs	79
Dessus de siège de water-closets	79
Panneaux de revêtement	79
Flotteurs pour chasses d'eau	79
Galets pour filature	80
Fausse cartouches pour tubes à tirs	80
Généralités sur l'estampage	81
Siphons	82
Pompes	82
Volants d'automobiles	82
Petit matériel électrique	82
Fabrication des meules en émeri aggloméré au caoutchouc	83
Pierres à aiguiser et à affûter les outils tranchants.	88

CHAPITRE XII

BACS ET REVÊTEMENTS	89
Bacs pour accumulateurs	89
Réparation de bacs défectueux	91
Essais physiques des bacs d'accumulateurs	92
Essais chimiques des bacs d'accumulateurs	93
Accessoires des bacs pour accumulateurs	94
Récipients à parois composées de caoutchouc durci et de caoutchouc souple	95
Cylindres couverts de caoutchouc	96
Garnissage des cylindres à écharner pour tanneries.	96
Garnissage des cylindres pour papeteries et teintu- reries	97
Applications dans l'industrie chimique	98
Garnissage de récipients métalliques; opérations préli- minaires	100
Garnissage des essoreuses	101
Garnissage de grands récipients cylindriques	106
Agitateurs	107
Garnissage des tuyaux	108
Garnissage des arbres	110
Applications à la marine	111
Garnissage d'appareils non métalliques	111

CHAPITRE XIII

	PAGES
TRAVAIL MÉCANIQUE ET FAÇONNAGE DU CAOUTCHOUC DURCI	112
Relations entre la composition du caoutchouc durci et ses qualités d'usinage	112
Découpage du caoutchouc durci	117
Courbage du caoutchouc durci	118
Travail au tour	119
Sciage du caoutchouc durci	121
Perçage du caoutchouc durci	122
Polissage du caoutchouc durci	122
Polissage du caoutchouc durci en feuilles	126
Travail des peignes	126
Vernissage du caoutchouc durci	127
Collage du caoutchouc durci	128
Collage du caoutchouc durci sur le verre	128
Mastic pour caoutchouc durci	128

CHAPITRE XIV

LE CAOUTCHOUC DENTAIRE	129
------------------------------	-----

CHAPITRE XV

FABRICATION DES ARTICLES EN POUDRE DE CAOUTCHOUC DURCI COMPRIMÉ	138
---	-----

CHAPITRE XVI

CAOUTCHOUC MI-DUR	140
-------------------------	-----

CHAPITRE XVII

SUCCÉDANÉS DU CAOUTCHOUC DURCI	144
--------------------------------------	-----

CHAPITRE XVIII

L'AVENIR DU CAOUTCHOUC DURCI	154
------------------------------------	-----

CHAPITRE XIX

FORMULES DE MÉLANGES ET RECETTES DIVERSES	159
Caoutchouc durci ancien	159
Peignes	159
Tubes pour seringues	160
Plaques	160

	PAGES
Caoutchoucs durcis divers.....	160
Bâtons et tubes.....	167
Articles moulés.....	168
Tube isolant.....	169
Stabilité.....	170
Bacs d'accumulateurs.....	170
Séparateurs.....	172
Caoutchouc durci pour électricité.....	172
Caoutchouc durci brun.....	173
Caoutchouc durci pour pompes et récipients à acide.....	174
Caoutchouc durci pour essoreuses à acide.....	174
Revêtement sur fer.....	174
Garnissage de rouleaux.....	175
Jonction pour roues.....	177
Bandages pleins.....	178
Colle de caoutchouc durci.....	179
Dissolution du caoutchouc durci.....	179
Fixation du caoutchouc durci sur l'aluminium, le laiton et d'autres métaux.....	180
Vernis au caoutchouc durci.....	181
Caoutchouc durci métallisé.....	182
Caoutchouc durci poreux.....	182
Caoutchouc durci multicolore.....	183

CHAPITRE XX

BIBLIOGRAPHIE.....	184
INDEX ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS.....	186
INDEX ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.....	188

JAMES FERGUSON & SONS, Ltd

Maison Fondée en 1898

LEA PARK WORKS, PRINCE'S ROAD
MERTON ABBEY, LONDON, S. W. 19

POUDRE D'ÉBONITE

== FERGUSON ==

Qualités uniformes et suivies

DEUX CATÉGORIES :

N° 1. - Fabriquée spécialement à partir du caoutchouc
et du soufre

N° 2. - Obtenue par broyage de déchets d'ébonite classés

Représentant pour la France et la Belgique :

A. BERJONNEAU, 33, Boulevard des Batignolles
-- PARIS --

Télégr.: ONOJREB-PARIS -- Téléph. : CENTRAL 74-92

DISTILLERIES DES DEUX-SÈVRES

Société Anonyme au Capital de 4.000.000 de Francs

= **MELLE** (Deux-Sèvres) —

AGENT GÉNÉRAL :

LOUIS MACRÉ, 17, Rue de Sévigné, PARIS (IV^e)
TÉLÉPHONE ANCH VES 24-08

VULCAZOL

Accélérateur de vulcanisation en poudre

VULCAMEL

Accélérateur liquide de vulcanisation

H. A. MEBS

57, Chaussée d'Antin, 57

PARIS (9^e)

Adresse Télégr. : HAMEBSAH-PARIS Téléph. : TRUDAINE 02-39 et 02-40

Caoutchouc brut
Balata - Gutta-Percha
Régénérés -- Factices
Produits chimiques

LEFRANT, DARGAUD & C^{ie}

à **HAM** (Somme)

Maison Fondée en 1901

HUILES DE GRAINES

FACTICES

SOUFRES DORÉS

ET

CRAMOISIS

D'ANTIMOINE

LITHOPONES

SOCIÉTÉ FRANÇAISE PIRELLI

Société Anonyme au Capital de 500.000 francs

1, Avenue Niel — PARIS (17^e)

Téléph. : CARNOT
— 33.26 et 33.27 —

— Adresse Télégr. —
PIRELLI - PARIS

PLANTATIONS DE CAOUTCHOUC A JAVA ET SINGAPOUR

Usines à MILAN (Ville) - MILAN (Bicocca) - SPEZIA
VERCURAGO - BUENOS-AIRES - SOUTHAMPTON
VILLANUEVA-Y-GELTRU (Barcelone) - MANRESA

Fabricants de tous produits en Caoutchouc et Gutta-Percha

Département A : Fils et Câbles électriques - Ebonites.

Département B : Pneus pour Auto-Moto-Vélo-Avion, Bandages pleins.

Département C : Caoutchouc Industriel, Sanitaire et dans toutes ses applications.

Négociants en Matières Premières

Caoutchouc brut

Gutta-Percha

Balata

de toutes provenances

Poncin & C^{ie}, 40, Rue St-Georges
PARIS (9^e)

Adr. Télégr.
FIRCAS-PARIS

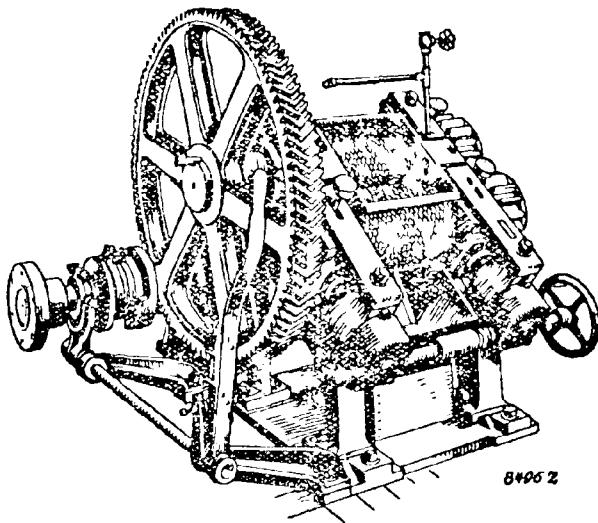
R. C. Seine
N° 223.954-B

Téléph. Trudaine
60-31 et 70-41

Maisons à Bordeaux et au Havre

KRUPP GRUSONWERK

M A G D E B U R G



Laminoir à laver le caoutchouc brut

MACHINES pour la MANUFACTURE du CAOUTCHOUC

Calandres -- Laminoirs à laver,
mélanger et broyer le Caoutchouc
Machines pour la fabrication des Tuyaux
PRESSES A VULCANISER

Représentant : Michel LEPAGE

14, Rue de Marignan, 14, PARIS (VIII^e)

Établ^{ts} LEROUX & GATINOIS



— 19 à 25, Rue de la Voûte
— — — — — PARIS (XII^e)

AUTOCLAVES — de tous modèles —
de toutes dimensions

GÉNÉRATEURS de VAPEUR à circulation intensive
Btés S. G. D. G.
- et grand rendement -

— Tous —
Travaux de **CHAUDRONNERIE et TOLERIE**

.....
— Renseignements et Devis sur demande —
.....

Nouvelle Usine à BLANC-MESNIL (Seine-et-Oise)

ÉBONITAGE

de toutes pièces métalliques

- - servant à l'emmagasinage - -
à la manipulation et aux transports

des ACIDES

par procédés brevetés : 1884 - 1885 - 1895, etc.

Wagons-Citernes, Tonneaux, Déposoirs, Pompes, Ventilateurs, Essoreuses
Caoutchouc durci et souple dans toutes ses applications industrielles

Médaille d'Or
LYON 1894

PEINTURE INATTAQUABLE AUX ACIDES
" LA CARBITE " (Nom déposé)

Grand Prix
LYON 1914

P. LACOLLONGE, 50 et 52, Cours de la République

R. C. LYON, N° B. 2.336 **LYON-VILLEURBANNE** Téléph. VAUDREY 26-48

Société Anonyme des Matières Colorantes et Produits Chimiques

de SAINT-DENIS

Capital : 30.000.000 de Francs

SIÈGE SOCIAL :

105, Rue Lafayette, PARIS (10^e)

TÉLÉPHONE :

Trudaine 02-25 et 02-26

Benzine cristallisable -- Solvent-Naphta -- Toluène pur -- Toluène commercial

ACCÉLÉRATEURS

pour la Vulcanisation du Caoutchouc, adaptés à tous les besoins industriels

ACCÉLÉRÈNE (p-nitrosodiméthylaniline)

ACCÉLÉRATEUR S

ACCÉLÉRATEUR D (diphénylguanidine)

ACCÉLÉRATEUR L (thiocarbanilide)

Echantillons et Renseignements techniques sur demande

Nos Laboratoires sont outillés pour l'étude de toutes questions relatives à l'industrie du Caoutchouc

Établissements PALLADIUM

Société Anonyme au Capital de 12 Millions de Francs

Pneumatique Aéro-Auto

Caoutchouc Technique

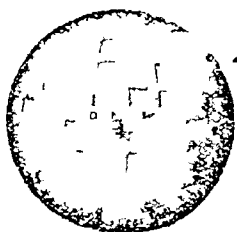
Caoutchouc Industriel

Bacs d'Accu -- Tout l'Ebonite

Siège social et Usine : 8, Rue Grande-Ceinture — ARGENTEUIL

Magasin de Vente : 10, Rue du Colonel-Moll — PARIS

R. C. Versailles N° 16.085



Les Balles de Golf

DUNLOP

*sont adoptées pour les
Grands Championnats*

DUNLOP

Fondateur de l'Industrie du Pneumatique
64, Rue de Lisbonne - PARIS

**EXPLOITATION GÉNÉRALE
DES DÉCHETS DE CAOUTCHOUC ET GUTTA-PERCHA
- ÉBONITE EN MORCEAUX -:- COPEAUX ET POUDRE -
- - - BACS EN DURCI -:- GUMMITE, etc. - - -**

C. BAURGARD

60, Rue d'Avron -:- PARIS

Caoutchouc brut

Factices -:- Régénérés -:- Dissolutions

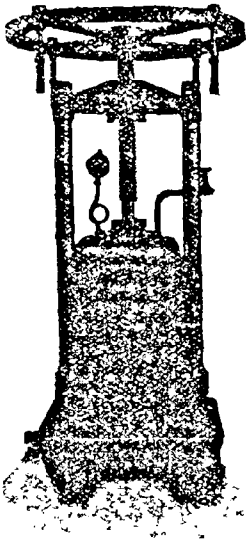
RÉCOMPENSES :

Expositions Universelles
1910 Bruxelles : Médaille d'Argent
1911 Turin : Diplôme d'Honneur
1913 Gand : Diplôme d'Honneur

Téléphone : Diderot 11-01

Adr. Télégr. : Charbourgard, PARIS

Codes {
Lieber's
Universel
Simplex



Presses-Autoclaves " BELGICA "

Brevet Français N° 559.596

POUR LA

Vulcanisation des articles en
- caoutchouc moulé-pressé -

Manœuvre très facile
Production maximum
Economie de vapeur
Emplacement réduit

ÉTABLISSEMENTS

SEVRIN & MIGEOT
AUVÉLAIS (Belgique)

DÉCHETS D'ÉBONITE de toutes
qualités

ACHAT ET VENTE

ARDOISE EN POUDRE

PULVÉRISATION

de tous produits et spécialement d'ÉBONITE

LANDREAU (Ing. A. & M.,

48, Rue du Château, 48

RUEIL (Seine-et-Oise)

— Téléphone 166 —

— Téléphone 166 —

LE MATÉRIEL SPÉCIAL

L. M. S.

Société Anonyme au Capital de 500 000 Francs

SIÈGE SOCIAL ET BUREAUX : | Téléphone : Trudaine 19-28
160, Boulevard Magenta, PARIS (10^e) | Adresse tél. : Ellemessa 26, Paris

MATÉRIEL "L.M.S.-LOIRE"

Construit par la Société des Ateliers et Chantiers de la Loire

USINES à — Saint-Denis (Seine) —
Saint-Nazaire et Nantes

MATÉRIEL COMPLET POUR LA FABRICATION
du CAOUTCHOUC et des MATIÈRES PLASTIQUES

Le Caoutchouc et la Gutta-Percha

REVUE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE

24^e Année

PRIX DE L'ABONNEMENT (Janvier à Décembre)

France..... 40 Francs

Etranger..... 60 Francs

ADMINISTRATION ET DIRECTION :

49, Rue des Vinaigriers, 49

PARIS (X^e)

Librairie A.-D. CILLARD

49, Rue des Vinaigriers, PARIS (X^e)

	Prix dans nos Bureaux	Prix franco	
		France	Etranger
Aide-Mémoire de l'Industrie du Caoutchouc et des Matières plastiques, par A.-D. LUTTRINGER	36	» 38	» 40
Annuaire technique du Caoutchouc et des Industries qui s'y rattachent.....	36	» 38	» 40
Les Caoutchoucs factices ou Huiles vulcanisées, par A. DUBOSC.....	30	» 32	» 33
Le Caoutchouc durci, par A.-D. LUTTRINGER	30	» 31 50	» 33
Les Ethers de la Cellulose, par A. DUBOSC.	54	» 56	» 58
Le Mazout, par F. DAVIN <i>ingénieur-mecanicien de la Marine</i>	24	» 25 50	» 27
Eléments de la Technique des Petroles, par G. LEVI, <i>ingénieur au corps des Mines</i>	30	» 32	» 33

Laboratoires A.-D. CILLARD

49, Rue des Vinaigriers -- PARIS (10^e)

ESSAIS MÉCANIQUES ET PHYSIQUES

du Caoutchouc et des Matières plastiques

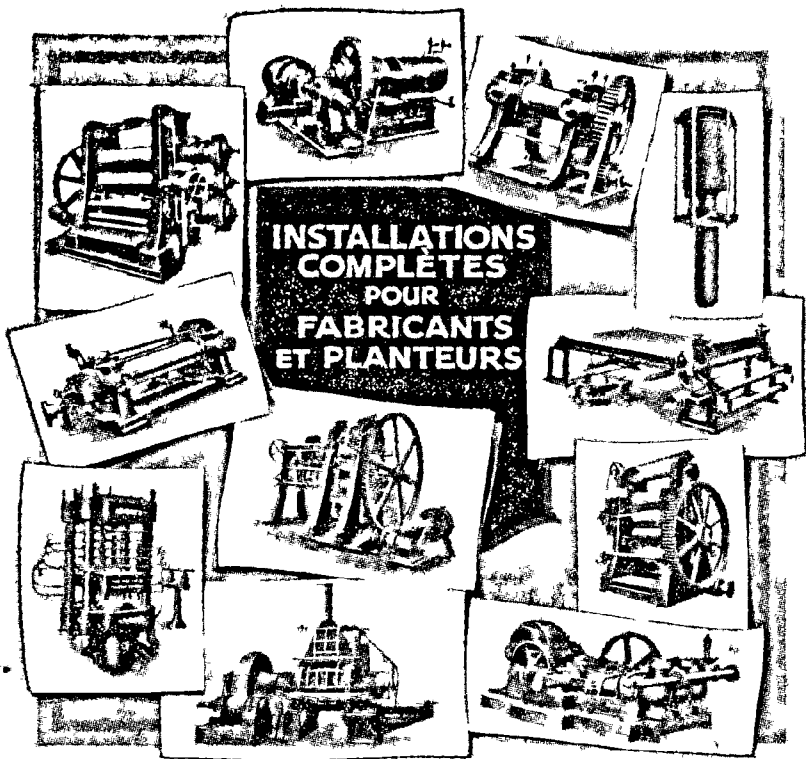
(Résistance à la traction -- Allongement -- Elasticité -- Dureté -- etc.)

ANALYSES ET ÉTUDES CHIMIQUES

Latex : : : : : ■	Factices : : : : :
Caoutchouc brut : : : : :	Soufre : : : : :
Caoutchouc vulcanisé : :	Ingrédients et charges : :
Régénéré : : : : :	Dissolvants : : : : :
Gutta-Percha et Balata : : ■	Huiles, etc. : : : : :

MACHINES MODERNES DE BRIDGE

POUR L'INDUSTRIE DE CAOUTCHOUC



DAVID BRIDGE & CO. LTD.

FONDERIES ET ATELIERS

DE CONSTRUCTIONS MECANQUES

CASTLETON

BUREAU À LONDRES.



MANCHESTER

95, QUEEN VICTORIA ST. E.C.