

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Auteur collectif - Revue
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1949-2003
Collation	167 vol.
Nombre de volumes	167
Cote	INDNAT
Sujet(s)	Industrie
Note	Numérisation effectuée grâce au prêt de la collection complète accordé par la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (S.E.I.N.)
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039224155
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT
LISTE DES VOLUMES	
	1949, n° 1 (janv.-mars)
	1949, n° 2 (avril-juin)
	1949, n° 3 (juil.-sept.)
	1949, n° 4 (oct.-déc.)
	1949, n° 4 bis
	1950, n° 1 (janv.-mars)
	1950, n° 2 (avril-juin)
	1950, n° 3 (juil.-sept.)
	1950, n° 4 bis
	1951, n° 1 (janv.-mars)
	1951, n° 2 (avril-juin)
	1951, n° 3 (juil.-sept.)
	1951, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° 1 (janv.-mars)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	1952, n° 2 (avril-juin)
	1952, n° 3 (juil.-sept.)
	1952, n° 4 (oct.-déc.)
	1952, n° spécial
	1953, n° 1 (janv.-mars)
	1953, n° 2 (avril-juin)
	1953, n° 3 (juil.-sept.)
	1953, n° 4 (oct.-déc.)
	1953, n° spécial
	1954, n° 1 (janv.-mars)
	1954, n° 2 (avril-juin)
	1954, n° 3 (juil.-sept.)
	1954, n° 4 (oct.-déc.)
	1955, n° 1 (janv.-mars)

	1955, n° 2 (avril-juin)
	1955, n° 3 (juil.-sept.)
	1955, n° 4 (oct.-déc.)
	1956, n° 1 (janv.-mars)
	1956, n° 2 (avril-juin)
	1956, n° 3 (juil.-sept.)
	1956, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° 2 (avril-juin)
	1957, n° 3 (juil.-sept.)
	1957, n° 4 (oct.-déc.)
	1957, n° spécial (1956-1957)
	1958, n° 1 (janv.-mars)
	1958, n° 2 (avril-juin)
	1958 n° 3 (juil.-sept.)
	1958, n° 4 (oct.-déc.)
	1959, n° 1 (janv.-mars)
	1959, n° 2 (avril-juin)
	1959 n° 3 (juil.-sept.)
	1959, n° 4 (oct.-déc.)
	1960, n° 1 (janv.-mars)
	1960, n° 2 (avril-juin)
	1960, n° 3 (juil.-sept.)
	1960, n° 4 (oct.-déc.)
	1961, n° 1 (janv.-mars)
	1961, n° 2 (avril-juin)
	1961, n° 3 (juil.-sept.)
	1961, n° 4 (oct.-déc.)
	1962, n° 1 (janv.-mars)
	1962, n° 2 (avril-juin)
	1962, n° 3 (juil.-sept.)
	1962, n° 4 (oct.-déc.)
	1963, n° 1 (janv.-mars)
	1963, n° 2 (avril-juin)
	1963, n° 3 (juil.-sept.)
	1963, n° 4 (oct.-déc.)
	1964, n° 1 (janv.-mars)
	1964, n° 2 (avril-juin)
	1964, n° 3 (juil.-sept.)
	1964, n° 4 (oct.-déc.)
	1965, n° 1 (janv.-mars)
	1965, n° 2 (avril-juin)
	1965, n° 3 (juil.-sept.)
	1965, n° 4 (oct.-déc.)
	1966, n° 1 (janv.-mars)
	1966, n° 2 (avril-juin)
	1966, n° 3 (juil.-sept.)
	1966, n° 4 (oct.-déc.)
	1967, n° 1 (janv.-mars)
	1967, n° 2 (avril-juin)
	1967, n° 3 (juil.-sept)

	1967, n° 4 (oct.-déc.)
	1968, n° 1
	1968, n° 2
	1968, n° 3
	1968, n° 4
	1969, n° 1 (janv.-mars)
	1969, n° 2
	1969, n° 3
	1969, n° 4
	1970, n° 1
	1970, n° 2
	1970, n° 3
	1970, n° 4
	1971, n° 1
	1971, n° 2
	1971, n° 4
	1972, n° 1
	1972, n° 2
	1972, n° 3
	1972, n° 4
	1973, n° 1
	1973, n° 2
	1973, n° 3
	1973, n° 4
	1974, n° 1
	1974, n° 2
	1974, n° 3
	1974, n° 4
	1975, n° 1
	1975, n° 2
	1975, n° 3
	1975, n° 4
	1976, n° 1
	1976, n° 2
	1976, n° 3
	1976, n° 4
	1977, n° 1
	1977, n° 2
	1977, n° 3
	1977, n° 4
	1978, n° 1
	1978, n° 2
	1978, n° 3
	1978, n° 4
	1979, n° 1
	1979, n° 2
	1979, n° 3
	1979, n° 4
	1980, n° 1
	1982, n° spécial

	1983, n° 1
	1983, n° 3-4
	1983, n° 3-4
	1984, n° 1 (1er semestre)
	1984, n° 2
	1985, n° 1
	1985, n° 2
	1986, n° 1
	1986, n° 2
	1987, n° 1
	1987, n° 2
	1988, n° 1
	1988, n° 2
	1989
	1990
	1991
	1992
	1993, n° 1 (1er semestre)
	1993, n° 2 (2eme semestre)
	1994, n° 1 (1er semestre)
	1994, n° 2 (2eme semestre)
	1995, n° 1 (1er semestre)
	1995, n° 2 (2eme semestre)
	1996, n° 1 (1er semestre)
	1997, n° 1 (1er semestre)
	1997, n°2 (2e semestre) + 1998, n°1 (1er semestre)
	1998, n° 4 (4e trimestre)
	1999, n° 2 (2e trimestre)
	1999, n° 3 (3e trimestre)
	1999, n° 4 (4e trimestre)
	2000, n° 1 (1er trimestre)
	2000, n° 2 (2e trimestre)
	2000, n° 3 (3e trimestre)
	2000, n° 4 (4e trimestre)
	2001, n° 1 (1er trimestre)
	2001, n° 2-3 (2e et 3e trimestres)
	2001, n°4 (4e trimestre) et 2002, n°1 (1er trimestre)
	2002, n° 2 (décembre)
	2003 (décembre)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	L'Industrie nationale : comptes rendus et conférences de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale
Volume	1952, n° 2 (avril-juin)
Adresse	Paris : Société d'encouragement pour l'industrie nationale, 1952

Collation	1 vol. (p. [19]-32) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	28
Cote	INDNAT (16)
Sujet(s)	Industrie
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	03/09/2025
Date de génération du PDF	08/09/2025
Recherche plein texte	Non disponible
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?INDNAT.16

Note d'introduction à [l'Industrie nationale \(1947-2003\)](#)

[L'Industrie nationale](#) prend, de 1947 à 2003, la suite du [Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publié de 1802 à 1943 et que l'on trouve également numérisé sur le CNUM. Cette notice est destinée à donner un éclairage sur sa création et son évolution ; pour la présentation générale de la Société d'encouragement, on se reportera à la [notice publiée en 2012](#) : « [Pour en savoir plus](#) »

[Une publication indispensable pour une société savante](#)

La Société, aux lendemains du conflit, fait paraître dans un premier temps, en 1948, des [Comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#), publication trimestrielle de petit format résumant ses activités durant l'année sociale 1947-1948. À partir du premier trimestre 1949, elle lance une publication plus complète sous le titre de [L'Industrie nationale. Mémoires et comptes rendus de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale](#).

Cette publication est différente de l'ancien [Bulletin](#) par son format, sa disposition et sa périodicité, trimestrielle là où ce dernier était publié en cahiers mensuels (sauf dans ses dernières années). Elle est surtout moins diversifiée, se limitant à des textes de conférences et à des rapports plus ou moins développés sur les remises de récompenses de la Société.

[Une publication qui reflète les ambitions comme les aléas de la Société d'encouragement](#)

À partir de sa création et jusqu'au début des années 1980, [L'Industrie nationale](#) ambitionne d'être une revue de référence abordant, dans une sélection des conférences qu'elle organise — entre 8 et 10 publiées annuellement —, des thèmes extrêmement divers, allant de la mécanique à la biologie et aux questions commerciales, en passant par la chimie, les différents domaines de la physique ou l'agriculture, mettant l'accent sur de grandes avancées ou de grandes réalisations. Elle bénéficie d'ailleurs entre 1954 et 1966 d'une subvention du CNRS qui témoigne de son importance.

À partir du début des années 1980, pour diverses raisons associées, problèmes financiers, perte de son rayonnement, fin des conférences, remise en question du modèle industriel sur lequel se fondait l'activité de la Société, [L'Industrie nationale](#) devient un organe de communication interne, rendant compte des réunions, publiant les rapports sur les récompenses ainsi que quelques articles à caractère rétrospectif ou historique.

La publication disparaît logiquement en 2003 pour être remplacée par un site Internet de même nom, complété par la suite par une lettre d'information.

Commission d'histoire de la Société d'Encouragement,

Juillet 2025.

Bibliographie

Daniel Blouin, Gérard Emptoz, « [220 ans de la Société d'encouragement](#) », Histoire et Innovation, le carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement, en ligne le 25 octobre 2023.

Gérard EMPTOZ, « [Les parcours des présidents de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale des années 1920 à nos jours. Deuxième partie : de la Libération à nos jours](#) », Histoire et Innovation, carnet de recherche de la commission d'histoire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, en ligne le 26 octobre 2024.

S. E. I. N.
Bibliothèque

L'INDUSTRIE NATIONALE



COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES
DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

1952

N° 2

Conférences du 150^e Anniversaire



L'INDUSTRIE NATIONALE

COMPTES RENDUS ET CONFÉRENCES DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

publiés sous la direction de **M. Albert CAQUOT**, Membre de l'Institut, Président,
avec le concours de la Commission des Publications
et du Secrétariat de la Société

N° 2 : AVRIL - JUIN 1952

SOMMAIRE

LE RAFFINAGE ÉLECTROLYTIQUE DE L'ALUMINIUM, par M. E. RAVIER . 19

★

Liste des Récompenses décernées pour l'année 1950. 31

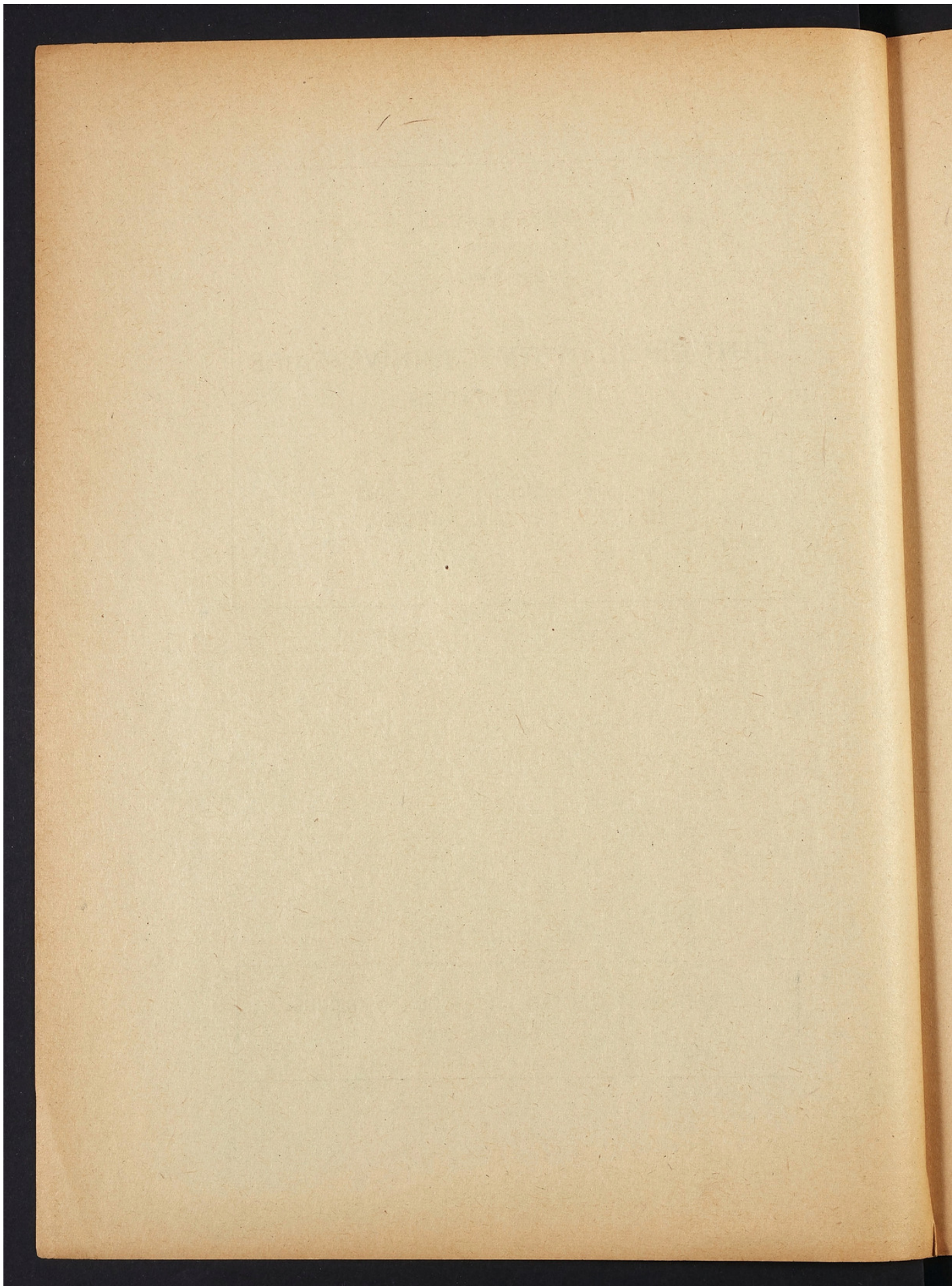
44, rue de Rennes, PARIS 6° (LIT 55-61)

Publication trimestrielle

CONFÉRENCES
organisées
à l'occasion
du
CENT-CINQUANTIÈME ANNIVERSAIRE
DE LA FONDATION
de la
SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT
POUR L'INDUSTRIE NATIONALE
1801 1951



LE RAFFINAGE ÉLECTROLYTIQUE DE L'ALUMINIUM
par M. Émile RAVIER



LE RAFFINAGE ÉLECTROLYTIQUE DE L'ALUMINIUM (1)

par M. Émile RAVIER,

Ingénieur au Service des Recherches et de Fabrication de la Compagnie Pechiney.

SOMMAIRE.

- I. — Classification de l'aluminium commercial.
- II. — Principe du procédé de raffinage électrolytique.
- III. — Perfectionnements successifs apportés à la composition du bain.
- IV. — Le raffinage des déchets d'aluminium.
- V. — Amélioration de la consommation spécifique d'énergie.
- VI. — Propriétés et emplois de l'Aluminium raffiné.

I. — CLASSIFICATION DE L'ALUMINIUM COMMERCIAL.

On convient d'appeler titre de l'aluminium commercial la différence à 100 de la somme des teneurs en fer et en silicium du métal. Ces deux impuretés sont en effet de beaucoup les plus abondantes dans le métal fabriqué à partir d'alumine par le procédé électrolytique classique de Héroult. Les autres, titane et vanadium par exemple, n'y existent qu'à l'état de traces négligeables. On classe ainsi l'aluminium ordinaire en diverses catégories commerciales suivant son degré de pureté, par exemple :

Qualité A.4 : Aluminium à 99 p. 100.
— A.5 : — à 99,5 et 99,6.
— A.7 : — à 99,7.
— A.8 : — à 99,8.

Il est très difficile par le procédé Héroult de produire un métal d'une pureté supérieure à 99,8 p. 100; en effet les oxydes de fer et de silicium qui existent dans les matières premières utilisées, c'est-à-dire l'alumine, le charbon des anodes, la cryolithe sont électrolysés également de sorte que le fer et le silicium correspondants se retrouvent en définitive dans le métal cathodique. Il s'y ajoute encore d'autres causes importantes de souillures; poussières silicieuses, dissolution partielle des outils de piquage qui sont en fer, etc.

Ainsi donc, si on veut obtenir industriellement un métal d'une pureté supérieure à 99,8, on sera conduit à traiter le métal primaire pour en éliminer les impuretés. Ce traitement constitue le raffinage. Le seul procédé qui soit à l'heure actuelle exploité industriellement est un procédé électrolytique qu'on appelle encore procédé aux 3 couches superposées. Il permet d'obtenir couramment un métal d'une pureté comprise entre 99,990 et 99,999.

On désigne par métal A.99 un métal dont la somme des teneurs en Fe + Si + Cu n'excède pas 0,008 p. 100, la teneur en magnésium ne devant pas excéder 0,002 p. 100. C'est donc un métal titrant au moins 99,99 p. 100 d'aluminium.

On désigne par métal A.95 un métal dont la somme des teneurs en Fe, Si, Cu et Mg n'excède pas 0,05 p. 100. C'est donc un métal titrant de 99,95 à 99,99 p. 100 d'aluminium. Ainsi que nous l'avons dit les qualités A.99 et A.95 ne peuvent être obtenues que par raffinage de métal moins pur : ce métal brut de départ ne contient pas forcément lui-même du cuivre ou du magnésium mais comme on risque d'en introduire des traces au cours de l'opération de raffinage, il faut donc en tenir compte.

(1) Conférence faite le 16 octobre 1951 à la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale.

II. — PRINCIPE DU PROCÉDÉ DE RAFFINAGE ÉLECTROLYTIQUE.

C'est l'américain A. G. Betts qui imagina en 1905 le procédé de raffinage à 3 couches superposées, mais la réalisation pratique ne fut faite que 17 années plus tard par un autre américain : Hoopes.

Comme tous les procédés où intervient une électrodéposition d'aluminium, c'est un procédé d'électrolyse ignée, c'est-à-dire que l'électrolyte est un mélange de sels fondus : il est en effet impossible d'obtenir un dépôt

liquides superposées par raison de différences de densité (fig. 1).

1° La *couche anodique*, ainsi appelée car elle recouvre directement le fond carboné de la cellule; elle est formée d'un alliage fondu dont les constituants de base sont l'aluminium et 30 à 40 p. 100 d'un métal lourd, généralement le cuivre, parfois le zinc, dont le but est d'alourdir cette couche afin qu'elle occupe le fond en permanence et ne risque

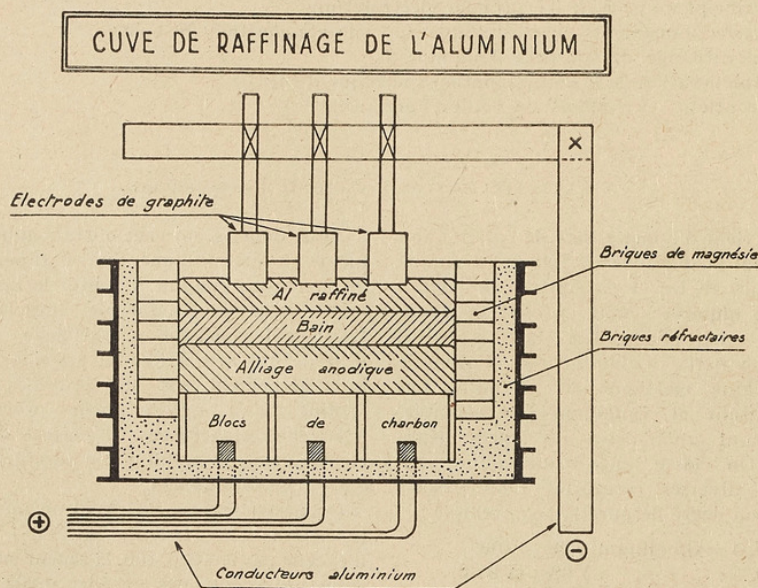


Fig. 1.

d'aluminium en milieu aqueux car le métal naissant formé à la cathode réagit alors immédiatement avec l'eau donnant un précipité d'hydroxyde.

La cellule d'électrolyse proprement dite comporte un creuset dont les côtés sont construits en un matériau réfractaire et non conducteur du courant, tel que la magnésie; le fond par contre est conducteur du courant, il est ordinairement construit en blocs de charbon et est relié, par l'intermédiaire de barres en fer scellées à ces blocs, au pôle positif d'une distribution d'électricité à courant continu. A l'intérieur de ce creuset on rencontre à partir du fond trois couches

pas de se mélanger avec les couches supérieures.

2° La couche intermédiaire est constituée par le *bain d'électrolyse*; c'est un mélange fondu de fluorure d'aluminium et d'halogénures de métaux alcalins et alcalino-terreux. Il entre toujours dans sa composition une notable proportion de chlorure ou de fluorure de baryum, sels denses qui ont pour but de l'alourdir suffisamment afin qu'elle ne se mélange pas avec la couche supérieure.

3° La couche supérieure est appelée *couche cathodique* car elle est directement reliée par l'intermédiaire d'électrodes en graphite ou d'autres dispositifs dont nous parlerons

plus loin au pôle négatif de la distribution de courant. Elle est constituée par de l'aluminium raffiné liquide.

Les densités respectives des 3 couches liquides sont pour les électrolyseurs modernes fonctionnant à 750° C. :

- environ 3 pour la couche anodique,
- 2,7 pour la couche de bain,
- 2,3 pour la couche de métal raffiné.

Sous l'effet de la différence de potentiel appliquée entre l'anode et la cathode un courant électrique s'établit à travers la couche intermédiaire de bain fondu. Ce courant effectue un transport électrolytique sélectif de l'aluminium depuis la couche anodique jusqu'à la couche cathodique. Il suffit donc d'introduire le métal brut à raffiner dans la couche anodique; les impuretés s'accumulent dans la couche d'alliage de fond; l'aluminium raffiné vient grossir la couche cathodique d'où on l'extrait par coulée.

La théorie de Nernst permet d'étudier le mécanisme de ce transport sélectif d'aluminium :

On sait que, si on met une électrode métallique au contact d'une solution de l'un de ses sels, les atomes du métal de l'électrode ont tendance à s'ioniser, c'est-à-dire, à abandonner des charges négatives sur l'électrode et à passer en solution à l'état d'ions positifs. Par suite de l'effet d'attraction électrostatique entre les charges négatives abandonnées sur l'électrode et les ions positifs formés, la dissolution du métal ne peut pas se poursuivre spontanément et on observe seulement que l'électrode prend par rapport à la solution un certain potentiel, dû aux charges électriques. La valeur de ce potentiel, appelé potentiel électrolytique, caractérise la tendance plus ou moins accentuée des divers métaux à passer en solution; en le mesurant pour chaque élément dans des conditions de concentration de solution identiques on a pu y baser un classement des métaux et on obtient ainsi la série suivante où nous n'avons conservé que quelques métaux usuels :
Na — Ba — Ca — Mg — Al — Mn — Zn — Fe — Ni — Cu — Au.

Dans cette série, la tendance des métaux à se dissoudre à l'état d'ions va en décroissant d'un terme au suivant depuis le sodium jusqu'à l'or. Mais, ainsi que nous l'avons

montré, la dissolution du métal ne peut se poursuivre qu'à condition d'extraire de l'électrode métallique les charges négatives qui retiennent par attraction électrostatique les ions positifs; il faut pour cela relier l'électrode au pôle positif d'un générateur d'électricité; c'est précisément dans ce cas que se trouve placé l'alliage anodique de notre cellule électrolytique. Ainsi donc, lorsque le courant passe, les métaux constituant cet alliage anodique vont passer en solution à l'état d'ions dans la couche de bain fondu : les métaux qui se dissoudront les premiers seront évidemment ceux qui ont le plus tendance à s'ioniser naturellement, c'est-à-dire tout d'abord le sodium; quand tout le sodium éventuellement présent aura été épuisé dans l'alliage anodique, ce sera le tour du baryum, puis ensuite celui du calcium, puis du magnésium et ensuite de l'aluminium. Une fois l'aluminium épuisé, le manganèse s'ioniserait, puis le zinc et ainsi de suite. Mais si on maintient toujours, par un apport extérieur régulier d'aluminium, une certaine concentration de ce métal dans l'alliage anodique, on sera assuré que tous les métaux qui le suivent dans la série des potentiels électrolytiques, c'est-à-dire Mn, Zn, Fe, Ni, Cu, etc., y resteront bloqués. On voit donc qu'il s'effectue à l'anode une première sélection des métaux, les métaux moins électropositifs que l'aluminium ne pouvant s'ioniser et passer en solution.

Voyons maintenant ce qui se passe à la cathode, c'est-à-dire à l'interface du bain et de la couche cathodique : c'est le phénomène inverse qui a lieu : la tendance naturelle de l'aluminium serait de passer en solution dans le bain sous-jacent; mais le courant, apportant des charges négatives à la couche d'aluminium, tend à provoquer au contraire une décharge des ions positifs du bain et par suite un dépôt du métal; c'est donc ici les métaux qui auraient le moins tendance à passer spontanément en solution qui passeront en priorité du bain dans la couche cathodique, c'est-à-dire par ordre et jusqu'à épuisements respectifs : Cu — Ni — Fe — Zn — Mn puis Al. Mais on a vu que Cu — Ni — Fe — Zn — Mn ont été bloqués dans l'alliage anodique; il n'y en a donc pas dans le bain, de sorte que le premier métal qui puisse se déposer est l'aluminium; comme la concentration du bain en ions aluminium

est maintenue constante par suite de l'ionisation anodique sélective de cet élément, on est assuré qu'il sera le seul en définitive à se déposer à la cathode.

La quantité d'aluminium transportée obéit à la loi de Faraday, c'est-à-dire que 96 500 coulombs ou encore 26,8 ampères-heure feront passer une valence gramme, soit 9 grammes d'aluminium, de la couche anodique dans le bain et déposeront simultanément une quantité égale dans la couche cathodique. Pour fixer les idées, indiquons par exemple qu'un électrolyseur de 20 000 ampères produirait ainsi théoriquement 160 kg d'aluminium raffiné par jour. Mais en fait la quantité recueillie serait légèrement moindre, car, le métal raffiné étant en surface, il se produit une perte de 2 à 3 p. 100, par oxydation à l'air. On peut donc dire que le rendement des ampères est de 97 à 98 p. 100. La perte par oxydation est relativement faible car une mince pellicule de bain remontée par capillarité vient recouvrir l'aluminium cathodique et le protège efficacement du contact de l'air.

On dispose les cellules électriquement en série en connectant le pôle négatif de l'une au pôle positif de l'autre; elles sont ainsi toutes parcourues par le même courant et la tension aux bornes des machines génératrices est la somme des tensions de chaque électrolyseur.

En règle générale, dans toute électrolyse, la tension aux bornes d'une cellule est égale à la somme de deux facteurs :

- a) Une force contreélectromotrice qui correspond au travail chimique effectué par le courant.
- b) Une chute de tension ohmique qui correspond à un effet Joule.

Dans le cas du raffinage de l'aluminium, le travail chimique effectué à l'anode pour ioniser les atomes d'aluminium est à peu près égal et de signe contraire au travail chimique effectué à la cathode où se réalise en effet

l'opération inverse; le travail chimique total est donc très faible puisqu'il se réduit à un simple transport d'aluminium entre 2 couches à des concentrations différentes; on peut par suite prévoir que la force contreélectromotrice sera très faible et c'est bien en fait ce qu'on observe en mesurant immédiatement après une coupure de courant la force électromotrice de la pile que constitue l'électrolyseur. Celle-ci n'est que de quelques dixièmes de volts. On peut donc dire que la tension aux bornes correspond à peu près intégralement à la chute de tension ohmique et que la puissance électrique absorbée, mesurée par le produit de l'intensité et de la tension, représente l'effet Joule. Cet effet Joule est utilisé pour maintenir dans le creuset une température convenable qui doit être évidemment supérieure au point de fusion des 3 couches : en d'autres termes, cette puissance électrique absorbée est sensiblement égale en marche normale aux pertes de chaleur par seconde.

Les couches anodiques et cathodiques qui sont métalliques ont une résistance électrique négligeable vis-à-vis de la couche de bain; c'est donc dans cette couche intermédiaire que se produit presque en totalité l'effet Joule; on peut augmenter cet effet en augmentant la hauteur de la couche de bain; c'est le remède classique employé pour réchauffer un électrolyseur trop froid.

Pour fixer les idées, indiquons qu'un électrolyseur moderne à 20 000 ampères, dont nous avons vu que la production journalière serait de l'ordre de 155 kg de métal, aurait une tension aux bornes de l'ordre de 6 à 7 volts. On calcule alors aisément que la consommation d'énergie électrique par tonne de métal raffiné serait d'environ 20 000 kWh. Ce chiffre est élevé; pour le réduire il faudrait réduire les pertes de chaleur de l'électrolyseur. Nous verrons plus loin une solution qui a été apportée à ce problème.

III. — PERFECTIONNEMENTS SUCCESSIFS APPORTÉS A LA COMPOSITION DU BAIN.

A) **Procédé Hoopes.** — C'est l'Américain Hoopes qui fit fonctionner le premier, vers 1922, le procédé à 3 couches superposées imaginé par A. G. Betts. Il préconisait un bain de cryolithe, de fluorure d'aluminium

et de fluorure de baryum de composition :

$\text{AlF}_3 = 25 - 30 \text{ p. } 100$

$\text{NaF} = 25 - 30 -$

$\text{BaF}_2 = 30 - 38 -$

$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,5 - 3 -$

Les bains de ce type ont des points de fusion élevés qui obligeaient à opérer vers 950-1 000° C. Or les bains fluorés sont extrêmement corrosifs et, à cette température, il n'est guère qu'un seul réfractaire connu qui leur résiste : le charbon; mais, celui-ci étant conducteur du courant, on ne peut évidemment songer à l'utiliser pour construire les côtés du creuset, car il mettrait en contact électrique les couches anodique et cathodique et court-circuiterait le bain. On était donc obligé de construire les côtés en briques réfractaires et de les refroidir énergiquement par une circulation d'eau de façon à y provoquer un figeage du bain qui servait de revêtement protecteur. Il en résultait de graves difficultés de conduite des électrolyseurs : il était impossible de maintenir rigoureusement constante l'épaisseur de bain figé et celle-ci variait constamment suivant les conditions thermiques de marche; lors des défigeages il y avait chute de croûtes riches en alumine sur l'alliage anodique, embourbant le bain ou produisant des remous et par suite des souillures de la couche de métal raffiné; le bain figé n'avait pas une composition constante car il y avait ségrégation et par suite la composition de l'électrolyte liquide résiduel variait, elle aussi, entraînant des variations de densité pouvant provoquer des mélanges partiels des couches.

B) Le bain chlorofluoré Péchiney. — Vers 1934 fut mis au point dans un laboratoire de recherches de la Compagnie Péchiney, alors Compagnie A. F. G., un électrolyte chlorofluoré à bas point de fusion dont la composition est la suivante :

Ba Cl ² = 60 %	{	Ba Cl ² = 60 %
Al F ³ = 20,5 %		Al F ³ 1,5 Na F = 36 %
Na F = 15,5 %		Na Cl = 4 %
Na Cl = 4 %		

Cet électrolyte ne commence à se solidifier que vers 680° C. Il permet le raffinage à une température de 730 à 740° C. Cette température de marche relativement basse permet de construire le revêtement intérieur du creuset en briques de magnésie qui ne sont pas attaquées. La construction de l'électrolyseur s'en est trouvée considérablement simplifiée.

La figure 1 représente en coupe une cellule d'un modèle courant :

Un caisson carré ou rectangulaire en tôle de fer renforcée par des fers U pour réduire les déformations dues aux contraintes internes sert d'enveloppe extérieure et de fond; on le revêt intérieurement d'une épaisseur de 12 cm environ de briques réfractaires silico-alumineuses qui servent d'isolant thermique; sur le fond on dispose des blocs cubiques de charbon scellés à des barres en fer qui sortent de chaque côté du caisson et auxquelles on connecte les conducteurs d'amenée de courant en aluminium; les joints entre ces blocs de fond sont obturés au moyen d'une pâte fortement damée faite de poussière de charbon agglomérée avec du brai; les parois verticales internes de l'électrolyseur sont constituées de briques de magnésie. Les dimensions du creuset correspondent à des densités de courant de l'ordre de 0,4 à 0,5 ampère par cm². A la partie supérieure on place une superstructure métallique supportant 2 poutres transversales en aluminium à l'extrémité desquelles sont boulonnés les conducteurs de sortie du courant; ces deux poutres, solidaires l'une de l'autre, sont mobiles dans le sens vertical et leur mouvement est commandé par des vérins mécaniques; les électrodes en graphite assurant la sortie du courant de la couche d'aluminium raffiné y sont fixées par un système d'agrafes à vis.

Pour démarrer une cellule, on commence par la munir d'électrodes en carbone amorphe assujetties par leur tige de suspension aux poutres cathodiques en aluminium; on fait porter ces électrodes sur le fond en charbon et on fait passer pendant quelques heures un courant graduellement croissant pour réchauffer le creuset; on prélève un peu de bain liquide dans une cellule déjà en activité; on verse ce bain sur le fond en charbon cependant qu'on soulève les électrodes pour créer une distance interpolaire; on ajoute ensuite progressivement un mélange en poudre de AlF₃ — 3Na F, Al F₃, Ba Cl₂ et Na Cl dans des proportions convenables jusqu'à ce que la quantité voulue de bain liquide soit obtenue. On peut également utiliser pour démarrer de la cryolithe fondue provenant d'un électrolyseur à aluminium ordinaire. On verse enfin un alliage liquide à 30 p. 100 de cuivre qui vient recouvrir le fond et une couche d'aluminium ordinaire pour recouvrir la surface.

Les produits fluorés ajoutés sont généralement assez impurs et d'autre part les briques de magnésie du creuset dégorgent toujours des impuretés pendant quelque temps. Aussi attend-on 5 ou 6 jours avant de remplacer la couche supérieure par une couche d'aluminium raffiné et les électrodes de carbone amorphe par des électrodes de graphite. L'électrolyseur est alors en marche normale; il suffit d'alimenter régulièrement tous les 2 ou 3 jours la couche anodique en métal brut et de couler le raffiné produit.

L'alimentation de la couche anodique en métal à raffiner préalablement fondu peut se faire au moyen d'un tube en graphite traversant les 2 couches supérieures; un deuxième tube concentrique plus court, et à l'intérieur duquel on a coulé le raffiné, mis le bain à nu et passé le tube principal, sert à empêcher ce dernier de venir au contact du raffiné, sans quoi il court-circuiterait les deux couches métalliques extrêmes. On peut également atteindre l'alliage anodique au moyen d'un puisard latéral fixe ménagé dans le briquetage comme nous le verrons plus loin.

La coulée du métal raffiné ne présente aucune difficulté particulière et se fait au moyen d'une louche en graphite.

Il faut surveiller de très près, par voie d'analyse chimique, la composition du bain, car cette dernière varie; l'évaporation lente du bain se fait d'une façon préférentielle et on observe un appauvrissement en ions Al et en ions Cl; il n'est pas possible de compenser cet appauvrissement par adjonction directe de chlorure d'aluminium car ce dernier est un corps hygroscopique qui se décompose partiellement à la chaleur; on doit donc corriger la composition au moyen d'un mélange de sels tel qu'il soit plus concentré en ions Cl et en ions Al que le bain normal; ce mélange se compose de BaCl_2 , AlF_3 et NaCl .

Une grave difficulté surgit par suite de la présence d'impuretés dans les matières premières, en particulier de fer et de silicium qui, introduits dans le bain, passeraient dans la couche cathodique et affecteraient fortement la pureté du métal produit; il n'est pas possible d'épurer, au préalable, le mélange de correction dans une cellule-nourrice dont la production serait sacrifiée, car ce mélange est très difficilement fusible; aussi utilise-t-on l'artifice suivant : on suspend sur

l'électrolyseur un cylindre court de graphite qui traverse la couche de raffiné; on évacue en partie le raffiné à l'intérieur de façon à y découvrir partiellement le bain; on introduit le mélange de correction dans le cylindre; il se dissout dans le bain sous-jacent et les impuretés qu'il contient (oxyde de fer et silice) sont immédiatement électrolysées : les cathions correspondants (fer et silicium) se retrouvent dans la lentille de métal surnageant le bain à l'intérieur du cylindre; une fois la correction achevée il suffit de couler cette faible quantité d'aluminium souillé avant de relever le cylindre et ainsi la couche cathodique d'aluminium raffiné se trouve préservée.

Nous avons vu qu'en général la sortie du courant se faisait au moyen d'électrodes en graphite, qui plongent de 3 à 4 cm dans la couche cathodique; le courant qui les traverse doit être contrôlé attentivement car il peut arriver que des dépôts de crasses à leur partie inférieure viennent isoler certaines d'entre elles; les autres se trouvent dès lors surchargées en intensité et les tiges de suspension ou le scellement de ces tiges sur les électrodes peuvent fondre par effet Joule; l'électrode accidentée tombe alors dans l'électrolyseur provoquant un remous qui entraîne généralement une très forte souillure de la couche cathodique par la couche anodique; ainsi donc lorsqu'une électrode s'isole, il faut immédiatement la débrancher, la sortir de l'électrolyseur et en gratter la partie inférieure avant de la remettre en place.

Pour tous ces travaux le soin le plus attentif est requis de la part du personnel de conduite car l'introduction de poussières, la chute accidentelle d'un objet, un mouvement trop brusque causant un remous, peuvent être la cause d'une remontée de globules d'alliage anodique dans la couche cathodique, et par suite d'une souillure de cette couche.

Le bain chlorofluoré Péchiney ne dissout pas l'alumine; l'alumine apportée par le fluorure d'aluminium, celle qui est due à l'oxydation de l'électrolyte par l'humidité des produits fluorés et enfin celle qui se forme par oxydation du métal raffiné, s'accumulent donc progressivement dans le bain à la surface de l'alliage anodique par suite de sa densité intermédiaire entre celle du bain et celle de l'alliage; ses crasses gênent le raffinage et doivent être éliminées

périodiquement lorsque leur couche est devenue trop épaisse : on met pour cela le bain à nu par coulée de la couche cathodique et on les évacue au moyen d'une pelle à grille; on effectue cette opération à des intervalles de temps de 10 à 12 mois.

De même les parois verticales du creuset au niveau du raffiné et du bain se recouvrent à la longue de croûtes très dures à base de fluorure de magnésium et d'alumine; ces croûtes sont nuisibles car elles rétrécissent la section du creuset et favorisent également la remontée de globules d'alliage anodique dans la couche cathodique; on peut, en général, les détacher au moyen d'un burin en profitant pour cela d'un décrassage du bain; mais il peut arriver, si elles sont trop épaisses, qu'on soit obligé de mettre temporairement hors circuit l'électrolyseur, de le vider et d'en repiquer les côtés.

Ainsi que nous l'avons expliqué, les impuretés du métal brut s'accumulent dans l'alliage anodique qui se concentre donc en fer et silicium; son point de fusion s'élève progressivement; il arrive un moment où son liquidus, ou point de début de solidification, surpasse la température normale de marche, c'est-à-dire que cet alliage comporte alors une phase liquide et une phase solide : il est à l'état pâteux; le raffinage ne se produit plus et le métal recueilli à la cathode est fortement contaminé; il faut à ce moment couler l'alliage anodique impur et le remplacer par un alliage neuf; une cellule alimentée en aluminium électrolytique ordinaire à 99,3-99,4 p. 100 de pureté peut marcher facilement plus d'un an avant que le remplacement de son alliage de fond ne devienne nécessaire; mais si on veut raffiner du métal très impur, tel que des déchets d'alliage à 90 p. 100 d'aluminium, le remplacement de la couche cathodique doit être fait si fréquemment que le raffinage devient très onéreux; nous verrons plus loin une solution élégante apportée à ce problème.

Pour fabriquer 1 tonne de raffiné avec un électrolyseur moderne à bain chloro-fluoré on consomme environ 80 à 100 kg de bain, 20 à 25 kg d'électrodes de graphite et 20 à 22 000 kWh d'énergie électrique.

C) Le bain entièrement fluoré de Neuhausen. — En 1937, la Société Suisse Aluminium Industrie A. G. de Neuhausen

proposa un électrolyte entièrement fluoré comme l'électrolyte de Hoopes, mais ayant un point de fusion notablement plus bas. La composition préconisée est la suivante :

Al F ³	= 48 p. 100.
Na F	= 18 —
Ba F ²	= 18 —
Ca F ²	= 16 —

On peut également avec un tel électrolyte opérer à une température de l'ordre de 740 à 750° C. et on peut donc aussi utiliser un garnissage du creuset en briques de magnésie. Ce bain entièrement fluoré est un peu plus stable que le bain chloro-fluoré; il n'exige pas, en cours de marche, des corrections de composition mais seulement des additions effectuées dans les proportions indiquées ci-dessus; par contre la fusion des constituants est plus malaisée et l'artifice du cylindre en graphite d'épuration ne donne pas de bons résultats; il faut fondre les constituants au bain dans un four électrique séparé puis transvaser le bain liquide impur dans un électrolyseur d'épuration fonctionnant en pure perte et de là le distribuer aux cellules en marche.

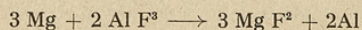
Le bain de Neuhausen a, en outre, une résistance électrique supérieure à celle du bain Péchiney; pour limiter l'effet Joule on est donc conduit à adopter des sections de creuset plus grandes afin de réduire la densité de courant; on obtient alors des électrolyseurs présentant des surfaces de pertes thermiques plus grandes, donc non seulement plus onéreux de construction mais encore se prêtant moins bien à l'obtention de bons rendements énergétiques; on pourrait évidemment réduire aussi la hauteur de bain pour compenser le défaut de résistance mais on est vite limité dans ce domaine, car au-dessous de 12 cm les couches anodique et cathodique trop rapprochées présentent des risques de mélange accrus dans de fortes proportions.

On fabrique facilement avec le bain de Neuhausen de l'aluminium raffiné à 99,99 p. 100, mais il ne semble pas qu'on puisse atteindre aussi aisément qu'avec le bain chloro-fluoré Péchiney de hauts degrés de pureté. La consommation de bain est par ailleurs un peu plus faible mais la consommation d'électrodes en graphite est plus forte que celle qu'on réalise avec le bain Péchiney.

IV. — LE RAFFINAGE DES DÉCHETS D'ALUMINIUM.

Pendant la guerre de 1939-45 commença à se poser le problème de la récupération de l'aluminium contenu dans les carcasses d'avions abattus. Par fusion dans des fours à soles inclinées on parvient aisément à séparer les alliages légers des carcasses et des pièces en acier; ils sont cependant fortement souillés de fer et, de plus, de compositions assez disparates : ils contiennent en moyenne 90 p. 100 d'aluminium et 10 p. 100 de métaux divers tels que le cuivre, le fer, le silicium, le manganèse, le zinc, le magnésium et des traces de nickel, de plomb, d'étain, de titane. L'extraction par raffinage électrolytique de l'aluminium contenu dans ces déchets se heurte à deux difficultés principales qui sont d'une part la présence de notables quantités de magnésium, d'autre part la teneur très élevée en métaux lourds.

A) **Présence de magnésium.** — Nous avons vu que, si on introduit dans l'alliage anodique des métaux plus électropositifs que l'aluminium, ces métaux se dissolvent à l'anode en priorité, mais sont bloqués à la cathode. Ils s'accumulent donc dans le bain à l'état de fluorures ou de chlorures pouvant entraîner des modifications de composition préjudiciables à un bon fonctionnement. C'est précisément le cas du magnésium qui rend rapidement la marche de l'électrolyseur irrégulière : le fluorure de magnésium embourbe le bain; il a tendance à donner des croûtes de côté très épaisses et très dures; il vient également se déposer à la partie inférieure des cathodes de graphite qu'il isole électriquement et qu'il faut alors nettoyer très souvent. Il est donc indispensable d'éliminer le magnésium des déchets destinés à être raffinés; cette élimination a été mise au point et s'effectue dans un four de fusion ordinaire où on traite les déchets fondus par un flux également fondu contenant du fluorure d'aluminium, par exemple de la cryolithe additionnée d'un fondant pour abaisser son point de fusion. Il se produit la réaction d'échanges :



et le magnésium se trouve éliminé sous forme de crasses.

On arrive ainsi sans difficultés à abaisser au-dessous de 0,1 p. 100 la teneur en magnésium, ce qui résout la première difficulté.

B) **Teneur élevée en impuretés du métal brut.** — Comme les alliages anodiques se concentrent très rapidement en métaux lourds, ils doivent, ainsi que nous l'avons expliqué, être remplacés très souvent; or cette opération est très onéreuse car elle perturbe fortement la marche de l'électrolyseur auquel il faut ensuite généralement plusieurs jours pour reprendre une marche normale et qu'il se mette à nouveau à produire du métal de haute pureté.

On peut réduire un peu la fréquence de remplacement des alliages par un artifice de conduite consistant à faire des alimentations plus fortes en métal, ce qui a pour effet de diluer quelque peu les impuretés et de retarder l'instant où elles atteignent une concentration prohibitive; mais la conduite de l'électrolyseur devient délicate car la hauteur de l'alliage anodique va en croissant : des globules d'alliage sont retenus dans les rugosités des parois internes du creuset et il peut en résulter ultérieurement une production de métal à basse teneur lorsque après avoir changé l'alliage on repart pour une nouvelle période de marche avec un niveau redevenu normal.

Il existe une autre méthode : on construit sur l'électrolyseur un puisard adjacent appelé puisard anodique dont l'orifice inférieur débouche dans l'alliage anodique et dont l'orifice supérieur est à l'air libre comme représenté schématiquement sur la figure 2; l'alliage anodique remonte dans ce puits conformément au principe des vases communicants; par son emplacement ce puits se trouve disposé hors de la zone active où a lieu le dégagement de chaleur; l'alliage anodique qui s'y trouve est donc à une température de 30 à 40° C inférieure à celle qui règne dans le creuset principal; à mesure que la couche anodique s'enrichit en impuretés, son point de fusion s'élève comme nous l'avons expliqué, mais la cristallisation des impuretés s'effectue préférentiellement dans la zone froide que constitue le puisard sous forme de composés intermétalliques tels que Mn Al_6 , Fe Al_3 , etc. : il suffit donc

d'évacuer périodiquement les cristaux de ségrégation formés dans le puisard latéral et de cette façon la concentration en métaux lourds de l'alliage anodique reste dans les limites compatibles avec un raffinage régulier.

Le puits anodique est également utilisé pour alimenter l'électrolyseur en métal à raffiner et permet donc d'éviter l'emploi de tubes en graphite traversant le métal raffiné et le bain pour cette opération.

Les cristaux extraits des puits anodiques contiennent encore en général une appréciable proportion d'aluminium et leur concentration en fer est relativement faible (de 7 à 12 p. 100).

Aussi on leur fait subir une liquation dans un four ordinaire de fusion; on parvient ainsi à obtenir des cristaux plus concentrés en impu-

retés (15 à 25 p. 100 de fer par exemple) et à couler une phase liquide constituée d'un alliage Al—Cu à faible teneur en fer récupérable sous forme d'alliage anodique ou pouvant être utilisée dans certains alliages spéciaux de fonderie.

Les deux principales incidences du puits anodique sur l'électrolyseur sont es-

sentiellement la nécessité d'opérer avec une couche anodique plus épaisse et un bilan thermique un peu moins bon dû à l'accroissement des surfaces de pertes thermiques.

CUVE A PUIITS ANODIQUE DE SÉGRÉGATION

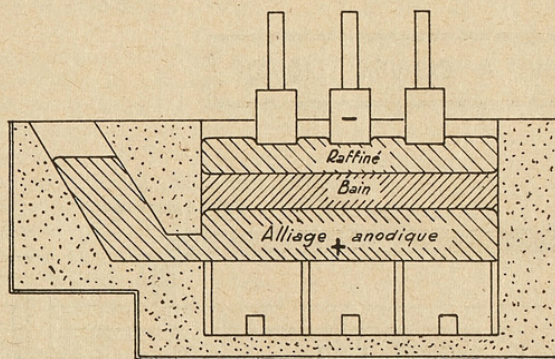


Fig. 2.

V. — AMÉLIORATION DE LA CONSOMMATION SPÉCIFIQUE D'ÉNERGIE.

Nous avons expliqué que la puissance électrique absorbée par l'électrolyseur se transformait à peu près intégralement en chaleur utilisée à maintenir la température à sa valeur de régime, c'est-à-dire en fin de compte à compenser les pertes de chaleur de l'électrolyseur.

Pour réduire la consommation d'énergie électrique à la tonne de produit fabriqué il faut donc calorifuger l'électrolyseur, c'est-à-dire disposer des écrans thermiques ayant pour but de réduire les pertes de chaleur. Ceci fait on pourra se permettre de réduire l'effet Joule, c'est-à-dire l'énergie absorbée, en adoptant des sections de creuset plus grandes, c'est-à-dire des densités de courant plus faibles. A noter que, du point de vue économique, il faut rechercher un compromis, car avec des creusets plus grands et mieux calorifugés on réduit bien la dépense d'énergie à la tonne de produit fabriqué, mais en

revanche on augmente le coût de la construction des électrolyseurs.

Les pertes thermiques se produisent par le fond, par les côtés et par le dessus.

Pour fixer les idées, disons que l'ordre de grandeur des pertes de chaleur par les côtés et le fond d'un électrolyseur à électrodes de graphite est de 30 p. 100 environ de l'effet Joule total et que les pertes par le dessus, dues essentiellement au rayonnement du métal raffiné à 750° C. atteignent 70 p. 100 de cet effet Joule.

Les pertes par les côtés et par le fond sont donc relativement faibles; ceci tient au calorifugeage réalisé par le revêtement réfractaire des caissons; on pourrait, théoriquement du moins, réduire encore davantage cette catégorie de pertes en augmentant les épaisseurs des revêtements réfractaires mais, comme il se produit toujours des infiltrations de bain dans les briquetages, on se

trouve vite limité dans cette voie sans quoi les pertes de bain deviendraient prohibitives; il faut donc consentir une perte thermique difficilement réductible, mais normalement assez faible, par les côtés et le fond.

Un gain très sensible pourrait, par contre, être réalisé en munissant les électrolyseurs de voûtes étanches qui s'opposeraient aux

des côtés des électrolyseurs, un ou plusieurs canaux d'étroite section qui débouchent dans le creuset principal à un niveau tel que la couche cathodique d'aluminium puisse y déborder et les remplir; à l'extrémité de ces canaux, on place des barres en aluminium noyées dans le métal et reliées au pôle négatif; la longueur des canaux est étudiée pour que le métal, liquide à leur entrée, subisse une

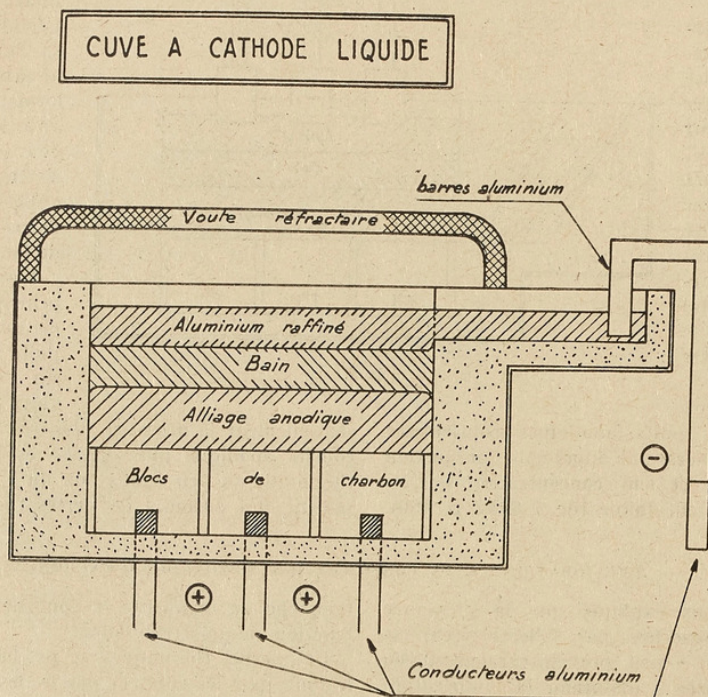


Fig. 3.

pertes par le dessus; mais la présence d'électrodes suspendues complique considérablement la conception d'un chapeau étanche efficace qui obturerait tous les orifices par où de la chaleur pourrait s'échapper; on s'est donc efforcé de trouver des moyens permettant d'assurer la sortie du courant de la couche de métal raffiné sans passer par des électrodes suspendues en graphite. Nous allons décrire un dispositif de ce genre connu sous le nom de cathode liquide (fig. 3). Il est breveté par la Compagnie Pechiney en France et à l'étranger.

On ménage, dans le revêtement réfractaire

chute de température naturelle à l'air d'environ 100° C. sur leur longueur et soit en conséquence solide au voisinage des barres en aluminium qui y sont immergées; le courant sort donc de la couche cathodique en empruntant les canaux et les barres conductrices; on peut alors supprimer en marche normale les électrodes en graphite et recouvrir la partie supérieure de l'électrolyseur d'une voûte.

Il faut noter qu'un contre-coup heureux de la cathode liquide est la suppression de la consommation d'électrodes en graphite.

VI. — PROPRIÉTÉS ET EMPLOIS DE L'ALUMINIUM RAFFINÉ.

Nous avons examiné dans ses grandes lignes l'état actuel de la technique du raffinage électrolytique de l'aluminium.

Le bain électrolytique chlorofluoré de la Compagnie Pechiney était utilisé pendant la guerre en France (Pechiney) en Angleterre (British Al C^o) en Allemagne (I. G. Farbenindustrie) au Japon (Mandchurian Light Metals).

Récemment la Compagnie Pechiney et la British Al C^o ont équipé en commun une usine de raffinage de l'aluminium à Vigelanden en Norvège; cette usine a actuellement une production mensuelle de 130 à 140 tonnes. Elle peut, si les besoins s'en font sentir, augmenter à relativement brève échéance de 50 p. 100 sa capacité de production.

Le bain entièrement fluoré de Neuhausen était principalement utilisé en Allemagne pendant la guerre par la V. A. W. (Erftwerke et Mattigwerke).

Pour conclure cet exposé, nous allons maintenant passer rapidement en revue les propriétés et les emplois de l'aluminium raffiné :

Trois avantages du raffiné sur l'aluminium ont été mis à profit :

A) Son aptitude remarquable à subir le traitement anodique.

B) Sa passivité chimique entraînant une meilleure résistance aux corrosions.

C) Sa ductilité plus grande.

Envisageons rapidement chacun d'eux et les domaines respectifs d'emploi auxquels ils donnent lieu :

A) Aptitude à subir les traitements anodiques. — Traité par brillantage électrolytique, et plus particulièrement par le procédé Brytal, l'aluminium raffiné conduit à un pouvoir réfléchissant très supérieur à celui de l'aluminium ordinaire.

Schématiquement l'opération de brillantage se fait de la façon suivante :

a) Immersion de la pièce dans une solution alcaline pendant quelques secondes. La couche superficielle d'alumine et les aspérités métalliques de la surface sont aussitôt dissoutes à l'état d'aluminate.

b) On relie alors la pièce à la barre positive d'une distribution de courant continu et on oxyde ainsi anodiquement. Cette oxydation donne une pellicule superficielle

d'alumine pulvérulente de 1 à 3 μ d'épaisseur.

c) Après rinçage on procède à une seconde oxydation anodique en solution sulfurique. On obtient ainsi un second revêtement qui pénètre au-dessous du premier et vient le renforcer sans atténuer la haute brillance qu'avait donnée l'oxydation en bain alcalin.

Cette aptitude particulière du raffiné à donner de hauts pouvoirs réfléchissants est mise à profit dans la construction de réflecteurs pour l'automobilisme, l'aviation, les chemins de fer, l'éclairage public, etc.

L'aluminium ordinaire donne des pouvoirs réfléchissants très inférieurs.

L'aluminium raffiné de qualité inférieure A.95 donne également de moins bons résultats que la qualité A.99 : Il se produit avec lui un effet dit de réticulage qui résulte d'une précipitation des impuretés sous forme de composés intermétalliques (Fe Al ou Fe Si Al) aux joints des cristaux d'où abaissement du pouvoir réfléchissant.

Signalons l'emploi du métal brillanté en bijouterie de fantaisie (coupes, gobelets, bougeoirs, bracelets). Ces objets peuvent être colorés ultérieurement en teintes diverses (or ou noire par exemple) par immersion dans des colorants organiques, la couche superficielle d'alumine servant de mordant. D'où emploi en décoration.

Signalons encore qu'en alliant l'aluminium raffiné à du magnésium également très pur on a pu réaliser des alliages mécaniquement supérieurs à l'aluminium raffiné non allié et qui se prêtent aussi bien au brillantage électrolytique.

Il existe d'autres traitements anodiques utilisés à des fins différentes. L'un d'eux par exemple, communément appelé « etching », permet de graver littéralement la surface et de multiplier ainsi la surface apparente par 5 à 7. Cette propriété est mise à profit dans l'utilisation du papier d'aluminium raffiné pour fabriquer des armatures de condensateurs électrolytiques : on sait en effet que la capacité d'un condensateur est directement fonction de la surface réelle des armatures. A noter qu'une autre propriété du raffiné milite encore pour cet usage : doué d'une bonne passivité chimique, il résiste convenablement à l'électrolyte des condensateurs.

Traité par « etching », l'aluminium ordinaire ou la qualité inférieure de raffiné dite A.95 donnent du métal piqué ou du papier de métal percé.

La télévision, la radio consomment donc indirectement de l'aluminium raffiné dont c'est, à l'heure actuelle, l'un des plus importants débouchés.

B) Résistance à la corrosion. — La corrosion d'un métal résulte souvent d'effets électrolytiques locaux analogues à des effets de pile entre le métal et les impuretés qu'il contient; l'aluminium raffiné présente donc de ce fait une résistance accrue aux agents chimiques de corrosion. Nous avons vu que cette propriété était également mise à profit dans l'utilisation du papier d'aluminium raffiné à la fabrication de condensateurs électrolytiques. Dans le même ordre d'idées on a étudié également la possibilité d'utiliser le raffiné à la place des gaines en plomb des câbles électriques. Mais des difficultés de filage n'ont pas permis encore d'obtenir toute satisfaction dans cette voie.

C) Ductilité. — Plus ductile que l'aluminium ordinaire le raffiné a trouvé quelques

emplois dans la confection d'emballages devant présenter des caractères de souplesse tels que des tubes, genre tubes à pâte dentifrice. Mais, ici également, toutes les mises au point de l'outillage nécessaire n'ont pas encore été faites.

Tels sont donc, rapidement passés en revue, les principaux usages du raffiné. Ils sont encore restreints mais de nouveaux emplois se feront sans doute jour dans l'avenir.

Il ne faut pas oublier, aussi paradoxal que cela puisse paraître, que l'aluminium raffiné a un concurrent sérieux dans le métal dont il est issu, c'est-à-dire l'aluminium ordinaire; plus cher que ce dernier d'une quantité égale à la valeur des frais de raffinage, son emploi ne peut se justifier que lorsque les avantages qu'il apporte sont en proportion avec la différence du coût des deux métaux. Il ne fait pas de doute, cependant, que le perfectionnement des électrolyseurs de raffinage aussi bien que l'exploration qui se poursuit des domaines d'utilisation n'assure, à l'industrie du raffinage de l'aluminium, une extension plus grande que celle qui s'est déjà fait jour depuis la fin de la guerre.

RECOMPENSES

RÉCOMPENSES ATTRIBUÉES PAR LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'ANNÉE 1950

La Grande Médaille, à l'effigie d'Ampère, est attribuée à M. Robert BUREAU, sur rapport de M. Belin, au nom du Comité des Arts Physiques.

Le Grand Prix Lamy est attribué à l'ensemble des ENTREPRISES PEUGEOT, sur rapport de M. l'Ingénieur Général Dumanois, au nom du Bureau.

Prix et Médailles spéciaux.

Prix Fery : M. Charles LEGRAND; Rapp. M. Trillat (Arts Physiques). — *Médaille Gaumont* : M. Marcel ABRIBAT; Rapp. M. Belin (Arts Physiques). — *Médaille Legrand* : M. Félix LACHAMPT; Rapp. M. Wolff (Arts Chimiques). — *Médaille Bapst* : M. J. BALLET; Rapp. M. Minard (Arts Économiques). — *Prix Carré* : M. GIGUET; Rapp. M. Ailleret (Arts Économiques). — *Médaille Gilbert* : Dr André FEIL; Rapp. M. Rouvillois (Arts Économiques). — *Médaille Richard* : INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL; Rapp. M. le G^e Nicolau (Arts Mécaniques). — *Médaille Farcol* : M. Jean PERRACHON; Rapp. M. Dumanois (Arts Mécaniques). — *Médaille Giffard* : M. J. SZYDŁOWSKI; Rapp. M. Dumanois (Arts Mécaniques). — *Médaille Christofle* : M. DELSINNE; Rapp. M. Fressinet (Constructions et Beaux-Arts). — *Prix Meynot* : M. Émile GUINE; Rapp. M. Cramois (Agriculture). — *Prix Parmentier* : ÉCOLE DE MEUNERIE; Rapp. M. Nottin (Agriculture). — *Prix Thenard* : M. J. BORDAS; Rapp. M. Rolley (Agriculture). — *Médaille Roy* : Mme Robert GONFREVILLE; Rapp. M. Vayssière (Arts Économiques). — *Médaille Dumas* : M. Gaston CHERREAU; Rapp. M. Chevenard (Arts Physiques). — M. Louis MELIET; Rapp. M. Minard (Arts Économiques). — *Prix Fourcade* : M. Alfred VINCO.

Médailles d'Or.

MM. G. BELFILS (*Électricité*); Rapp. M. Boreau (Arts Physiques). — Jean LE BRAS (*Caoutchouc*); Rapp. M. Dufraisse (Arts Chimiques). — Georges JORET (*Recherches agronomiques*); Rapp. M. Lenglen (Agriculture). — C.-J. GIGNOUX (*Questions Économiques*); Rapp. M. Duchemin (Arts Économiques). — André DEBRIE (*Cinématographie*); Rapp. M. Ragey (Constructions et Beaux-Arts). — Léon NISOLLE (*Mécanique, Chaleur*); Rapp. M. Dumanois (Arts Mécaniques).

Médailles de Vermeil.

MM. Maurice PARADIS (*Électricité*); Rapp. M. Boreau (Arts Physiques). — Henri GUETIER (*Automobile*); Rapp. M. Pomey (Arts Physiques). — Paul MARSAIS (*Recherches viticoles*); Rapp. M. Lenglen (Agriculture). — COLLÈGE PAYSAN DE BACLAIR (*Enseignements conjugués*); Rapp. M. Le Grand (Agriculture). — Pierre BÉZIER (*Études d'Outils*); Rapp. M. Androuin (Arts Mécaniques). — Pierre PERNET (*Arts appliqués*); Rapp. M. Janneau (Constructions et Beaux-Arts). — Gaston RICHET (*Émail*); Rapp. M. Fressinet (Constructions et Beaux-Arts). — René LECUIR (*Céramique*); Rapp. M. Janneau (Constructions et Beaux-Arts).

Médailles d'Argent.

MM. Jacques DINZIN (*Classification des Industries*); Rapp. M. Lemaire (Arts Physiques). — Jean DOLLFUS (*Géographie*); Rapp. M. Lemaire (Arts Physiques). — André KOHN (*Application des Radio-Éléments à la Métallurgie*); Rapp. M. Portevin (Arts Chimiques). — BOURY (*Essais de Moteurs*); Rapp. M. Dumanois (Arts Mécaniques). — Lucien FENAUX (*Mécanique*); Rapp. M. Dumanois (Arts Mécaniques).

Médailles de Bronze.

MM. Raymond CHAMPION (*Mécanique, Optique*); Rapp. M. Pérard (Arts Physiques). — René HANOCQ (*Mécanique, Ajustages, Mesures*); Rapp. M. Pérard (Arts Physiques). — César

CHEVAL (*Mise au point de Moteurs*); Rapp. M. Dumanois (Arts Mécaniques). — Joseph MESLET (*Ajustage*); Rapp. M. Dumanois (Arts Mécaniques). — Albert PIGEON (*Matériaux de Construction*); Rapp. M. Ragey (Constructions et Beaux-Arts).

Médailles des ouvriers et contremaîtres.

Cette médaille a été attribuée à des ouvriers et contremaîtres appartenant aux Maisons suivantes :

A. — Ancienneté.

Anc. Éts BAINOL ET FARJON. — Cie DES COMPTEURS ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ. — Cie DE FIVES-LILLE (Usine de Fives). — Cie DES FORGES DE CHATILLON, COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS. — Éts CAILLARD et Cie. — Éts J.-J. CARNAUD ET FORGES DE BASSE-INDRE (Ét. de Montjean). — Éts KUHLMANN (Usine de Dieuze). — Éts LEQUEUX. — Éts LEVERD ET VOITURIEZ. — Éts ROBERT. — HOUILLÈRES DU BASSIN D'AQUITAINE. — Sté DES CHAUX ET CEMENTS DE LAFARGE ET DU TEIL. — Sté fr. DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES. Anc. Éts CAIL. — Sté D'ÉLECTRO-CHIMIE, D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE ET DES ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE (Usine de N.-D. de Briançon). — Sté DES Éts HENRY-LEPAUTE. — Sté DES FORGES ET CHANTIERS DE LA MÉDITERRANÉE (Chantier de la Seyne). — Sté GOUVY et Cie. — Sté Nat. DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS (Région Est). — Sté DES RAFFINERIES ET SUCRERIES SAY. — Sté DE SAINT-GOBAIN (Verterie de Chalon-sur-Saône). — USINE DES RESSORTS DU NORD. — USINES B. VINCELOT. — GROUPEMENT D'ACHAT DES CARBURANTS.

B. — Titre Mixte.

CHANTIER ET ATELIERS DE SAINT-NAZAIRE-PENHOET. — Cie DES COMPTEURS ET MATÉRIEL D'USINES A GAZ. — Cie D'ÉLECTRO-MÉCANIQUE (Siège social, Usine du Bourget, Usine du Havre, Usine de Lyon). — Cie DE FIVES-LILLE. — Cie DES FORGES DE CHATILLON, COMMENTRY ET NEUVES-MAISONS (Éts du Centre, Houillère des Ferrières). — Cie gén. de MOTEURS. — Cie DES PHOSPHATES DE CONSTANTINE. — Cie gén. DE RADIOLOGIE. — COMPTEURS ET MOTEURS ASTER. — ÉLECTROTUBE-SOLESMES. — ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DU MAROC. — Éts CARNAUD ET FORGES DE BASSE-INDRE (Usine de Basse-Indre, Succursales de Billancourt, de Bordeaux, de Casablanca). — Éts CLUZEL-DUMONT. — Éts GIRARD ET BARRÈRE. — Éts KUHLMANN (Siège Social, Usine de l'Estaque). — Éts MARCHAL FILS. — Éts ROUX et Cie. — Éts SAINT-CHAMOND-GRANAT. — Éts VALLETTE FRÈRES et Cie. — FAIENCERIE DE GIEN. — FONDERIES DE SAINT-NAZAIRE. — FORGES ET ACIÉRIES DU SAUT-DU-TARN. — FOURS A CHAUX, CARRIÈRES ET ENTREPRISES. — LA BAKÉLITE. — LES USINES LAPRADE. — MAISON CHARPIOT. — Sté BÉLIARD CRIGHTON. — Sté DE CONSTRUCTIONS BABCOCK ET WILCOX. — Sté fr. DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES, Anc. Éts CAIL. — Sté DE CONSTRUCTION DE TUYAUTERIES. — Sté D'ÉLECTRO-CHIMIE, D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE ET DES ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE (Usines de Plombière-St-Marcel, de Prémont, d'Ugine, de Venthon). — Sté DES GRANDS TRAVAUX DE MARSEILLE. — Sté DES HAUTS FOURNEAUX DE SAULNES. — Sté HISPANO-SUIZA. — Sté an. LOUVROIL-MONTBARD-AULNOYE. — Sté DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION DE LA LOISNE. — Sté NOBEL FRANÇAISE (Usine de Paulilles). — Sté DE PONT-A-MOUSSON. — Sté DES PRODUITS CHIMIQUES COIGNET. — Sté Nat. DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS (Région Sud-Est, Région Sud-Ouest, Région Ouest, Région Méditerranée, Région Nord). — Sté DE SAINT-GOBAIN (Glacière de Saint-Gobain, Usines de Port-de-Bouc, de l'Oseraie, de Chalette-sur-Loing, de Saint-Pierre-des-Corps, de Wasquehal). — Sté DES TUBES DE VALENCIENNES ET DENAIN. — Cie fr. DE RAFFINAGE (Éts. de Provence, de Normandie). — Cie DE RAFFINAGE SHELL-BERRE (Éts de Pauillac, de Petit-Couronne). — Éts DEMARAI FRÈRES (Éts de Marseille, de Rouen, de Gravelle). — Sté LILLE-BONNIÈRES ET COLOMBES. — Sté DES PÉTROLES TONELINE. — SOCONY-VACUUM FRANÇAISE (Siège social, Éts de N. D. de Gravenchon, de Rouen). — STANDARD FRANÇAISE DES PÉTROLES. — Sté gén. DES HUILES DE PÉTROLE.

Le Président de la Société, Directeur-Gérant : A. CAQUOT.

D. P. n° 10803.

Imprimé en France chez BRODARD ET TAUPIN, Coulommiers-Paris. — 9-1952.

C^{ie} DE FIVES-LILLE

POUR CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ET ENTREPRISES

Société Anonyme au capital de 1.500.000.000 de Francs

7, Rue Montalivet, PARIS (8^e).

Tél. : ANJ. 22-01 et 32-40.

R. C. Seine 75 707.

•
INSTALLATIONS COMPLÈTES
DE SUCRERIES, RAFFINERIES, DISTILLERIES
MATÉRIELS POUR RAFFINERIES DE PÉTROLE

•
LOCOMOTIVES DE RÉSEAUX ET DE MANŒUVRE

•
CENTRALES THERMIQUES ET HYDRAULIQUES
CHAUDIÈRES MULTITUBULAIRES A GRANDE VAPORISATION
MATÉRIEL ÉLECTRIQUE DE TOUTES PUISSANCES

•
PONTS ET CHARPENTES MÉTALLIQUES
MATÉRIELS DE TRAVAUX PUBLICS
ROULEAUX-COMPRESSEURS - COMPRESSEURS D'AIR
MATÉRIELS DE BROYAGE, CONCASSAGE, CRIBLAGE
USINES A CIMENT, A CHAUX, A PLÂTRE

== H.G.D. ==

HUILES, GOUDRONS & DÉRIVÉS

Service Commercial :
10, rue Alfred-de-Vigny
Tél. Wagram 63-21 à 25

S. A. au Capital de 570.000.000 de francs
Siège Social : 10, rue Alfred-de-Vigny
PARIS (8^e)

Usines à Vendin-le-Vieil (P.-de-C.)
Jouy-aux-Arches (Moselle)
Saint-Fons (Rhône)

MATIÈRES PREMIÈRES pour l'Industrie Organique de Synthèse, l'Industrie des Couleurs et Vernis et les Industries diverses

GOUDRONS et dérivés
BRAIS DE HOUILLE
HUILES de houille 1^{re} types
NAPHTALINE brute et pure
ANTHRACÈNE brut et pur
PHÉNOLS et Crésols purs
MÉTACRÉSOL
PARACRÉSOL
FORMOL
MÉTHYLCYCLOHEXANOL

CYCLOHEXANOL
HEXAÉTHYLBENZOTRIMINE
TRIOXYMÉTHYLÈNE
PHTALATES tous types
BENZOLS techniques et purs
LIANTS pour peinture
CARBONILEUM
CRÉSYL
GÉDANTHROL
VERNIS noir et incolore

MATIÈRES PREMIÈRES pour l'Industrie des matières plastiques et MATIÈRES PLASTIQUES

ANHYDRIDE phtalique
FORMOL - PHÉNOL
CRÉSOLS - XYLÉNOLS
PLASTIFIANTS
RÉSINES de coumarone
RÉSINES GÉDÉLITE

RÉSINES Synthétiques
(diverses)
GEDOSOL
(100% phénolique)
GEDOPALS (oleo-solubles)

POUDRES A MOULER

" GÉDÉLITE " thermo durcissable

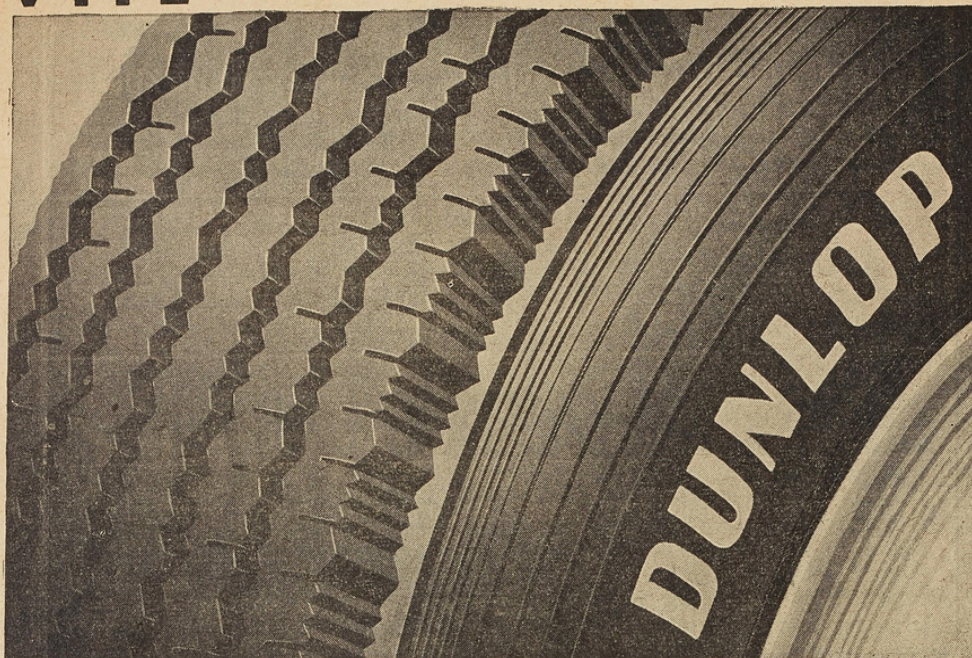
PRODUITS pour l'Industrie Pharmaceutique et la Parfumerie

CHLORURE DE BENZYLE
CHLORURE DE BENZOYLE
ACIDES BENZOÏQUES
BENZOATE DE SOUDE
BENZONAPHTOL

BENZALDÉHYDE
ALCOOL BENZYLIQUE
BENZOATE DE BENZYLE
PEROXYDE DE BENZOYLE
ACÉTATE DE BENZYLE

POUR ALLER
VITE

POUR ALLER
LOIN



DUNLOP 64 RUE DE LISBONNE PARIS — Usines : MONTLUÇON, LE BOURGET, MANTES-GASSICOURT

Compagnie Générale de **GEOPHYSIQUE**

Application des procédés tellurique,
électriques, sismiques, gravimétrique
aux recherches pétrolières, minières,
travaux de Génie Civil.

50, rue Fabert, PARIS (7^e)

Téléphone : INVALIDES 46-24

Compagnie Française de Raffinage

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 6.000.000.000 DE FR.S.

R. C. Seine n° 239.319 B.

SIÈGE SOCIAL : 11, rue du Docteur-Lancereaux, PARIS (8°)

RAFFINERIE DE NORMANDIE

à GONFREVILLE-L'ORCHER (Seine-Inf.)

RAFFINERIE DE PROVENCE

à MARTIGUES (Bouches-du-Rhône)

Hauts Fourneaux Forges et Aciéries de **POMPEY**

61, rue de Monceau, PARIS (8°) — Tél. : LAB. 97-10 (10 lignes)

USINES : { POMPEY et DIEULOUARD (M.-et-M.)
 { MANOIR (EURE) — LORETTE (LOIRE)

ACIERS THOMAS, MARTIN et ÉLECTRIQUE
ACIERS FINS AU CARBONE et ACIERS ALLIÉS
ACIERS RÉSISTANT A LA CORROSION (acide et saline)
ACIERS MOULÉS A HAUTE TENEUR EN ÉLÉMENTS NOBLES
ACIERS FORGÉS (brides, pièces de robinetterie, pièces diverses)
ACIERS ÉTIRÉS et COMPRIMÉS
FONTES HÉMATITES — SPIEGEL — FERRO-MANGANÈSE

Tous Aciers de Construction et d'Outillage

APPAREILS DE LABORATOIRE
ET MACHINES INDUSTRIELLES

P. CHEVENARD

- pour l'analyse dilatométrique et thermomagnétique des matériaux;
- pour l'essai mécanique et micromécanique des métaux à froid et à chaud;
Essais de traction, de flexion, de compression, de dureté;
Essais de fluage (Traction-Relaxation) et de rupture;
Essais de torsion alternée;
Étude du frottement interne;
- pour l'étude des réactions chimiques par la méthode de la pesée continue;
- pour la mesure des températures et le réglage thermostatique des fours.



A. D. A. M. E. L.

4-6, Passage Louis-Philippe.
PARIS (11^e)

CHANTIERS NAVALS DE LA PALLICE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE FR. 250.000.000

29, RUE GALILÉE, PARIS 16^e Tél. KLE 81-90

RÉPARATIONS DE NAVIRES

DEUX CALES SÈCHES : 107 ET 176 M.

CONSTRUCTIONS NAVALES

CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

GROSSE CHAUDRONNERIE

FONDERIE

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES CONSTRUCTIONS

BABCOCK & WILCOX

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 259.200.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 48, rue La Boétie, 48
PARIS (8^e) Téléphone : ÉLYSÉES 89-50



U S I N E S :

La Courneuve (Seine)

Cherbourg (Manche)

CHAUDIÈRES à VAPEUR - GROSSE CHAUDRONNERIE
RIVÉE ET SOUDÉE - MATÉRIELS POUR
RAFFINERIES DE PÉTROLE ET SUCRERIES



La C. I. M. assure au Havre la réception des hydrocarbures à destination de la Région Parisienne et plus particulièrement la desserte des Raffineries de la Basse-Seine.

Bassins accessibles aux plus grands navires pétroliers avec stockage disponible prévu à un minimum de 200.000 m³

Distribution assurée dans la Région Parisienne par un dépôt spécialisé à Gennevilliers (40.000 m³)

COMPAGNIE INDUSTRIELLE MARITIME

Concessionnaire du Port Autonome du Havre

36, rue de Liège

PARIS

EUROPE 44-30

Société Générale d'Entreprises

Société Anonyme au Capital de 1.356.250.000 francs

56, rue du Faubourg-St-Honoré, PARIS (8^e)

Registre du Commerce Seine N° 37.997

ENTREPRISES GÉNÉRALES en FRANCE, dans L'UNION FRANÇAISE et à L'ÉTRANGER

CONSTRUCTION ET ÉQUIPEMENT D'USINES HYDROÉLECTRIQUES
ET DE CENTRALES THERMIQUES
RÉSEAUX DE TRANSPORT D'ÉNERGIE A HAUTE-TENSION
ÉLECTRIFICATION DE CHEMINS DE FER ET TRAMWAYS - ELECTROBUS
RÉSEAUX D'ÉLECTRIFICATION RURALE
USINES, ATELIERS ET BATIMENTS INDUSTRIELS
CITÉS OUVRIÈRES - ÉDIFICES PUBLICS ET PARTICULIERS
ASSAINISSEMENT DES VILLES - ADDUCTIONS D'EAU
ROUTES - CHEMINS DE FER - TRAMWAYS
AÉROPORTS - OUVRAGES D'ART
TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

E N T R E P R I S E S

BOUSSIRON

10, Boulevard des Batignolles, PARIS-17^e.
ALGER - CASABLANCA - TUNIS

S. E. T. A. O. à ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

BÉTON ARMÉ
TRAVAUX PUBLICS
CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES

LABORATOIRE D'ANALYSES CHIMIQUES & INDUSTRIELLES

MARCEL SAMUEL

Ingénieur-Chimiste E. P. C. I.

23, rue Pixérécourt - PARIS-20^e

TÉLÉPHONE : MÉNilmontant 98-30

ANALYSES - EXPERTISES - RECHERCHES - ÉTUDES
CONTROLES de FABRICATIONS - ÉCHANTILLONNAGES
PEINTURES - PIGMENTS - CORPS GRAS
PRODUITS de DROGUERIES et d'ENTRETIEN
TOUS PRODUITS COMMERCIAUX ET INDUSTRIELS

SOCIÉTÉ D'ÉLECTRO-CHIMIE
D'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE
ET DES
ACIÉRIES ÉLECTRIQUES D'UGINE

ACIERS
PRODUITS CHIMIQUES
ALUMINIUM
MAGNÉSIUM
FERRO-ALLIAGES
ÉTAIN

SIÈGE SOCIAL : 10, RUE DU GÉNÉRAL-FOY - PARIS (8^e)

TÉLÉPHONE : LABORDE 12-75 - 12-76 - 18-40

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : TROCHIM-PARIS

SOCIÉTÉ FRANÇAISE de CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

CAIL

S. A. Capital 576 Millions

Siège Social

14, rue Cambacérès - PARIS (8°)
Téléphone : ANJOU 50-95 — 69-61
Télégrammes : ANCICAIL-PARIS 123

Direction Générale & Usines

à DENAIN (Nord)
Téléphone : N° 6, 7 et 8
Télégrammes : ANCICAIL-DENAIN

INSTALLATIONS COMPLÈTES DE SUCRERIES
DE CANNES ET DE BETTERAVES
LOCOMOTIVES - VOITURES MÉTALLIQUES
MATÉRIEL DE CHAUFFERIES

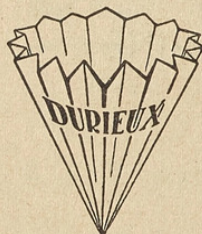
MOTEURS DIESEL "Licence FRANCO-TOSI"

MATÉRIEL DE CIMENTERIES - MATÉRIEL DE CONCASSAGE
MATÉRIEL MÉTALLURGIQUE - PIÈCES FORGÉES ET MOULÉES

GROSSE CHAUDRONNERIE — MÉCANIQUE GÉNÉRALE

TOLES FINES - TOLES DYNAMOS & TRANSFOS - TOLES GALVANISÉES

LES FILTRES DURIEUX



PAPIER A FILTRER

En disques, en filtres plissés, en feuilles 52x52

SPÉCIALITÉS :

FILTRES SANS CENDRES

N°s 111, 112 et Crêpé N° 113 extra-rapide

Filtres Durcis n° 128 & Durcis sans cendres n° 114

Cartouches pour extracteurs de tous systèmes

PAPIER " CRÊPÉ DURIEUX "

Toutes Dimensions, pour Filtres-Presses. (Envoi d'échantillons sur demande)

Registre du Comm. de la Seine N° 722.521-2-3

Téléphone : ARCHIVES 03-51

MÉDAILLE D'OR de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Juillet 1918)

18, rue Pavée, PARIS (4°)

Demandez le Catalogue donnant toutes les explications sur les emplois de mes différentes sortes



PROGIL

Société Anonyme au Capital de 800.000.000 de Francs
10, Quai de Serin, LYON - 77, Rue de Miromesnil, PARIS

PRODUITS CHIMIQUES

CHLORE ET DÉRIVÉS - SOUDE - SOLVANTS CHLORÉS, HYDROGÈNES ET DESHYDROGÈNES - HUILES DIÉLECTRIQUES "PYRALÈNES" - SULFURE DE CARBONE - PHOSPHATES DE SOUDE MONO, DI ET TRISODIQUE - PYRO ET POLYPHOSPHATES - SILICATES DE SOUDE ET DE POTASSE - MÉTASILICATE - PARADICHLOROBENZÈNE - OXYDE D'ÉTAIN - CHLORURES D'ÉTAIN ET DE ZINC - ACÉTATE DE PLOMB - ACIDES OXALIQUE ET FORMIQUE, etc.

CRYPTOGILS ET XYLOPHÈNES POUR LA PROTECTION DES BOIS

LUTTE CONTRE L'ÉCHAUFFURE, LES PIQURES D'INSECTES, LA MERULE ET LE BLEUISSEMENT DES RÉSINEUX

SPÉCIALITÉS POUR LE NETTOYAGE DU MATÉRIEL LAITIER ET DE LA VERRERIE

"PROGICLAIRS" ORDINAIRES ET ANTISEPTIQUES

SPÉCIALITÉS POUR TEXTILE ET TANNERIE

ADJUVANTS POUR TEINTURE, IMPRESSION ET BLANCHIMENT - SPÉCIALITÉS "GILTEX" - TANINS VÉGÉTAUX ET SYNTHÉTIQUES - HÉMATINES - TITANOR - "CRYPTOTAN"

PRODUITS POUR L'AGRICULTURE

INSECTICIDES - ANTICRYPTOGAMIQUES - HERBICIDES

PAPETERIE

CELLULOSE DE CHATAIGNIER BLANCHIE - PAPIERS D'IMPRESSION ET D'ÉCRITURE

*Ingénieurs spécialisés et Laboratoires à la disposition de toutes industries.
Notices sur demande adressée à PROGIL, 10, Quai de Serin, LYON.*

COMPAGNIE FRANÇAISE THOMSON-HOUSTON

Société Anonyme au Capital de 1.985.850.000 Francs

SIÈGE SOCIAL : 173, BOULEVARD HAUSSMANN — PARIS (8°)

R. C. Seine 60.343 - Téléph. : Élysées 83-70 - Télégr. Elihu-42-Paris

GROUPE ELECTRONIQUE

Services Commerciaux :
4, rue du Fossé-Blanc, Gennevilliers (Seine)

DEPARTEMENT RADIO-EMISSION

RADIODIFFUSION - RADIOCOMMUNICATIONS
TÉLÉVISION
HAUTE FRÉQUENCE INDUSTRIELLE

Usines : 4, rue du Fossé-Blanc, Gennevilliers (Seine)
45, rue de la Concorde, Asnières (Seine)

DEPARTEMENT RADAR-HYPERFREQUENCES

TOUTES LES APPLICATIONS DU RADAR
ET DES HYPERFRÉQUENCES

Laboratoire et Usine :
41, rue de l'Amiral-Mouchez, Paris (13°)

DEPARTEMENT TUBES

TUBES ÉLECTRONIQUES - TUBES IONIQUES
TUBES HYPERFRÉQUENCES

Usines : 6, rue Mario-Nikis, Paris (15°)
45, rue de la Concorde, Asnières (Seine)

DEPARTEMENT FILS ET CABLES

FILS ET CABLES ÉLECTRIQUES ISOLÉS

Services Commerciaux : 78, av. Simon-Bolivar, Paris (19°)
Usines à Paris (19°) et à Bohain (Aisne)

SOCIÉTÉ DES TREFILERIES LAMINOIRS ET FONDERIES DE CHAUNY

CUIVRE, ALUMINIUM,
ALMELEC EN FILS, CABLES, MÉPLATS
FILS ET MÉPLATS ÉMAILLÉS
FILS GUPÉS POUR BOBINAGE
CABLES SPÉCIAUX « ROCAMLANTE SILICONE »

Siège Social et Services Commerciaux :
47, rue La Bruyère, Paris (9°)
Usine à Chauny (Aisne)

GROUPE PETIT MATERIEL

Services Commerciaux :
173, Boulevard Haussmann, Paris (8°)

DEPARTEMENT RADIO-RECEPTION

RÉCEPTEURS DUCRETET-THOMSON
MACHINES PARLANTES - SONORISATION
RÉCEPTEURS DE TÉLÉVISION

Usine : 37, rue de Vouillé, Paris (15°)

DEPARTEMENT ELECTRO-MÉNAGER

CHAUFFAGE ET CUISINE DOMESTIQUES ET
PROFESSIONNELS - APPAREILS MÉNAGERS
APPAREILLAGE - TUBES ISOLATEURS
CANALISATIONS ÉLECTRIQUES PRÉFABRIQUÉES

Usines à Lesquin-lez-Lille (Nord) et à Jarville (M.-et-M.)

DEPARTEMENT ELECTRO-MÉCANIQUE

MÉCANIQUE MOYENNE DE PRÉCISION
MATÉRIEL ÉLECTRIQUE - FABRICATION
DE MATÉRIEL FRIGORIFIQUE

Usine : 74, Faubourg de Mouësse, Nevers (Nièvre)

COMPAGNIE GÉNÉRALE DE RADIOLOGIE

APPLICATIONS MÉDICALES ET INDUSTRIELLES
DES RAYONS X
TUBES DE RADIOLOGIE - POMPES À VIDE
APPLICATIONS INDUSTRIELLES DU VIDE

Siège Social et Services Commerciaux :
34, Boulevard de Vaugirard, Paris (15°)
Usines : Boul. Gallieni et rue Camille-Desmoulins
à Issy-les-Moulineaux (Seine)

SOCIÉTÉ FRIGECO

RÉFRIGÉRATEURS ÉLECTRIQUES MÉNAGERS ET
COMMERCIAUX - TOUTES LES APPLICATIONS
DU FROID

Siège Social : 38, avenue Kléber, Paris (16°)
Services Commerciaux : 38, avenue Kléber
et 89, Boulevard Haussmann, Paris (8°)