

BUREAU INTERNATIONAL DES APPLICATIONS DE L'ALUMINIUM

# L'ALUMINIUM

DANS LES  
INDUSTRIES  
CHIMIQUES ET  
ALIMENTAIRES







N-16  
B-3



*Boite 50*

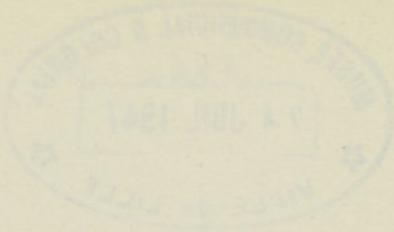
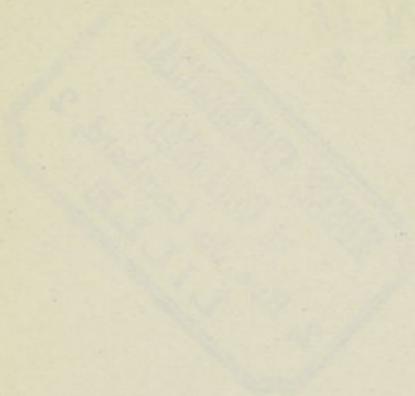
**L'ALUMINIUM  
DANS LES INDUSTRIES CHIMIQUES  
ALIMENTAIRES ET INDUSTRIES  
CONNEXES**



*No Bib 388928 /-165329*

BUREAU INTERNATIONAL  
DES APPLICATIONS DE L'ALUMINIUM  
23 bis, RUE BALZAC - PARIS

*1935*



L'ALUMINIUM  
DANS LES INDUSTRIES CHIMIQUES  
ALIMENTAIRES ET INDUSTRIES  
CONNEXES

BUREAU INTERNATIONAL  
DES APPLICATIONS DE L'ALUMINIUM  
100 RUE MONTMARTRE PARIS



CETTE BROCHURE A ÉTÉ RÉDIGÉE SOUS LES AUSPICES  
DU BUREAU INTERNATIONAL DES APPLICATIONS DE  
L'ALUMINIUM PAR UNE COMMISSION D'INGÉNIEURS  
REPRÉSENTANT LES SOCIÉTÉS SUIVANTES :

ALUMINIUM FRANÇAIS (FRANCE);  
ALUMINIUM-INDUSTRIE A. G., NEUHAUSEN (SUISSE);  
BRITISH ALUMINIUM CO. LTD. (ANGLETERRE);  
VEREINIGTE ALUMINIUM-WERKE (ALLEMAGNE).

RAPPORTEUR : D' HANS BOHNER.

LES PERSONNES QUI ONT BIEN VOULU FOURNIR  
DES DOCUMENTS POUR L'ÉTABLISSEMENT DE CETTE  
BROCHURE SONT PRIÉES DE TROUVER ICI LES  
REMERCIEMENTS DU BUREAU INTERNATIONAL DE  
L'ALUMINIUM POUR LEUR CONTRIBUTION A CE TRAVAIL.



## PRÉFACE

---

L'étude de la tenue de l'aluminium, dans les conditions variées correspondant aux emplois industriels, a conduit de nombreux expérimentateurs à effectuer un nombre considérable de travaux qu'il est bon de passer en revue de temps à autre pour faire le point sur les résultats obtenus.

Cette brochure n'a pas l'ambition de constituer un traité complet du sujet, mais plutôt de coordonner les résultats des expériences effectuées avec les connaissances fournies par les applications pratiques du métal.

Telle quelle, cette brochure est destinée à rendre service à l'utilisateur et à celui susceptible de le devenir, en donnant, sous une forme condensée, le fruit de l'expérience acquise dans les applications du métal.

Il reste encore beaucoup à apprendre sur la tenue de l'aluminium. Tous les chimistes savent qu'une modification, même peu importante, des conditions dans lesquelles le métal est utilisé, peut entraîner des variations considérables dans la tenue du métal. Il s'ensuit que les producteurs d'aluminium ne peuvent prendre la responsabilité des indications contenues dans la brochure que s'ils ont été consultés avant qu'une nouvelle application du métal soit décidée.

Janvier 1935.

# PREFACE

The present volume is a collection of papers presented at the International Conference on the History of Mathematics, held in Paris in 1970. The papers are arranged in chronological order, starting with the work of the ancient Greeks and ending with the modern era. The volume is intended to provide a comprehensive overview of the history of mathematics, from its origins to the present day. It is a valuable resource for students and scholars alike, and is highly recommended for anyone interested in the history of mathematics.

## CHAPITRE PREMIER

---

### GÉNÉRALITÉS

Bien que dans un grand nombre de cas l'emploi de l'aluminium dans les industries chimiques et parachimiques soit justifié non seulement pour la résistance à la corrosion, mais aussi pour d'autres propriétés physiques ou mécaniques, c'est la tenue du métal vis-à-vis des produits chimiques qui joue en général le rôle principal et c'est ce point de vue que nous examinerons en détail dans cette étude. Ces industries demandent des matériaux résistant à la corrosion de façon que la durée des appareils soit suffisamment longue, ne dénaturant pas les produits traités soit en les colorant, soit en les rendant toxiques (cas des produits alimentaires) et comportant un prix raisonnable.

L'aluminium répond dans une très large mesure à ces desiderata, il a une excellente tenue vis-à-vis d'un très grand nombre de produits chimiques ; ses sels sont incolores et non toxiques. En dehors du point de vue chimique le métal se recommande par sa bonne conductibilité thermique et sa facilité de travail.

Bien que les progrès dans la technique de fabrication de l'aluminium aient permis d'élever sa pureté, son prix a diminué continuellement. Ces deux facteurs ont favorisé le développement de l'emploi de ce métal. En outre de nombreux travaux expérimentaux effectués par les producteurs d'aluminium en liaison avec les utilisateurs de ce métal ont conduit à des améliorations techniques de fabrication et à la création d'une gamme étendue de nouveaux alliages. Des recherches ont été poursuivies pour définir la qualité d'aluminium ou d'alliages d'aluminium qui donnait les meilleurs résultats pour un emploi déterminé ; elles ont mis

en évidence par exemple : qu'à conditions de traitement thermique ou mécanique égales, plus le titre en aluminium était élevé, plus grande était la résistance chimique du métal.

Pour la fabrication des articles de ménage courants, on emploie habituellement un métal ayant une pureté d'au moins 99,2 %, mais pour les appareils destinés à l'industrie chimique, on utilise le métal 99,5 % garanti. Dans certains cas particuliers, on peut éventuellement utiliser un métal encore plus pur obtenu par des procédés particuliers de raffinage, qui permettent d'obtenir un titre voisin de 100 %. Dans aucun cas le métal ne doit contenir plus que des traces d'impuretés, telles que le cuivre ou le zinc, car ces deux additions même en faible quantité diminuent notablement la résistance chimique de l'aluminium. Dans ces conditions, le métal employé pour l'industrie chimique doit toujours être du métal de première fusion et jamais du métal fabriqué à partir de déchets.

Pour le même titre en aluminium, la résistance chimique dépend de l'état du matériau et d'une manière générale l'aluminium écroui est légèrement moins résistant que l'aluminium recuit.

La résistance mécanique et la dureté du métal diminuent lorsque le titre du métal augmente, mais les allongements par contre, croissent parallèlement. Le métal recuit, de pureté 99,5 %, a normalement une charge de rupture de 7 à 11 kg./mm<sup>2</sup> avec 30 à 40 % d'allongement. Le métal de même qualité, mais écroui, a une charge de rupture de 15 à 20 kg./mm<sup>2</sup> avec 4 à 8% d'allongement. Les caractéristiques du métal 1/4 dur, 1/2 dur, etc..., sont intermédiaires entre ces limites.

Le métal titrant 99,99% ne possède plus à l'état recuit qu'une charge de rupture d'environ 4 à 5 kg./mm<sup>2</sup> avec au moins 40 % d'allongement.

Etant donné d'une part que dans de nombreux cas rencontrés dans l'industrie chimique les caractéristiques mécaniques de l'aluminium sont insuffisantes, que d'autre part une augmentation des épaisseurs ne peut être admissible

au point de vue économique, et qu'enfin la résistance à la corrosion des alliages simples (aluminium-cuivre ou aluminium-zinc) n'est pas toujours suffisante, les producteurs d'aluminium ont mis au point des alliages offrant une résistance chimique presque équivalente, et dans certains cas même supérieure à celle du métal 99,5 %. Cette amélioration est obtenue soit par des traitements appropriés, soit par une composition spéciale. Ces alliages possèdent d'autre part des caractéristiques mécaniques qui peuvent dépasser de 50 à 100 % celles du métal de haute pureté.

La teneur en éléments d'addition et leur nature dépend du but recherché, soit qu'il s'agisse d'augmenter la résistance chimique, soit que l'on désire une résistance mécanique plus élevée. Ces propriétés peuvent varier dans de grandes limites suivant les traitements mécaniques ou thermiques que subit le matériau en cours de fabrication. Les éléments ajoutés à l'aluminium comme addition, sont en général : le magnésium, le manganèse, le silicium, le nickel et le titane, soit séparément, soit combinés. Il faut également noter que si l'on ajoute environ 0,5 % de silicium aux alliages contenant du magnésium, ceux-ci peuvent être traités thermiquement dans le but d'augmenter leur résistance mécanique.

Lorsque l'on est amené, pour des raisons d'ordre mécanique, à utiliser d'autres alliages (alliages contenant du cuivre par exemple), il est recommandable de protéger ces alliages soit par un procédé d'oxydation, soit en les plaquant avec de l'aluminium pur ou un alliage résistant particulièrement bien à la corrosion.

La transformation de l'aluminium dans les usines qui traitent aussi d'autres métaux (cuivre, laiton, etc...), doit évidemment être effectuée en prenant toute précaution pour éviter l'introduction d'éclats de métaux lourds sur la surface des éléments en aluminium, car ils pourraient créer des corrosions électrolytiques.





## CHAPITRE II

---

### MÉTHODE D'ESSAI DE LA RÉSISTANCE CHIMIQUE DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES

Les phénomènes de corrosion de quelque nature qu'ils soient ne peuvent être exprimés numériquement que si on a par avance fixé une unité, par exemple la perte de poids en  $\text{gr./m}^2$  de surface et par jour, la diminution en mm. de l'épaisseur après un temps donné, l'influence d'un agent déterminé sur les caractéristiques mécaniques telles que la charge de rupture ou les allongements. Il est nécessaire également d'indiquer le genre d'attaque, uniformément répartie ou par points. Au point de vue pratique ce dernier genre d'attaque est dangereux, car dans de tels cas une détérioration de l'appareil peut avoir lieu dans un temps très court et le rendre inutilisable.

Au cours de ces dernières années des méthodes d'essais de corrosion ont été étudiées dans les différents pays, qui permettent d'établir la résistance relative des métaux légers. On peut, grâce à ces méthodes, constater si le métal se trouve ou non dans les conditions physiques les plus appropriées pour l'emploi envisagé.

Comme on l'a indiqué dans le chapitre précédent, un métal n'est pas suffisamment caractérisé, surtout au point de vue de sa tenue chimique, par sa composition et ses propriétés mécaniques, car les traitements mécaniques et thermiques qu'il peut subir pendant la transformation influent souvent davantage sur sa résistance chimique que de faibles écarts dans sa composition ou dans ses caractéristiques mécaniques.

Des études très étendues effectuées par les producteurs d'aluminium ont abouti à l'adoption d'un certain nombre

d'essais accélérés de laboratoire, qui donnent une indication rapide sur la résistance à la corrosion de l'aluminium et de ses alliages.

Les méthodes actuellement reconnues et utilisées d'une manière générale, sont les suivantes <sup>(1)</sup> :

1. Essai au brouillard salin,
2. Essai de corrosion activée (essai oxydant au chlorure de sodium),
3. Essai au mélange d'acides,
4. Essai thermique à l'acide chlorhydrique (essai Mylius),
5. Essai à l'acide chlorhydrique avec détermination des volumes gazeux.

Comme les phénomènes qui produisent la corrosion ou influent sur elle sont très variés, et bien que certains d'entre eux soient maintenant bien identifiés, on ne peut obtenir de résultats comparables qu'en utilisant les mêmes méthodes et en suivant strictement les modes opératoires prescrits.

**Dans l'essai au brouillard salin**, les éprouvettes sont soumises pendant un temps déterminé à l'action de la buée produite par pulvérisation d'une solution de chlorure de sodium. On détermine les modifications des caractéristiques mécaniques après une durée d'essai donnée.

**Dans l'essai de corrosion activée**, on détermine la perte de poids subie par une éprouvette plongée pendant vingt-quatre heures dans une solution aqueuse contenant 3 % d'eau oxygénée et 1 % de chlorure de sodium.

**L'essai au mélange d'acides** consiste à faire agir sur l'éprouvette pendant une heure à la température de 20°, une solution d'acide chlorhydrique (densité 1,19), d'acide nitrique (densité 1,4) et d'eau, dans le rapport 1 : 4 : 4. L'éprouvette est ensuite soigneusement lavée et séchée, puis pesée pour déterminer la perte de poids subie.

(1) Les méthodes ont été décrites en détail dans diverses revues, en particulier :  
Revue de l'Aluminium, n° 47 (1932) page 1650.  
Metallwirtschaft 1933, pages 250-255 et 265-267.  
The Metal Industry, n° 2 et 3, volume 43-1933.  
Schweizerische Technische Zeitschrift n° 17 1932.

Dans l'essai thermique à l'acide chlorhydrique (Essai Mylius). l'échantillon de surface connue est placé dans l'acide chlorhydrique titrant 10 % et on note l'élévation de température due à l'attaque. On appelle « chiffre de réaction » l'augmentation moyenne de température par minute entre 20°, température initiale de l'acide, jusqu'à la température maximum obtenue.

Comme il est impossible d'effectuer l'essai thermique avec les alliages qui ont une faible solubilité dans l'acide chlorhydrique, pour lesquels l'élévation de température serait à peine sensible, on remplace cet essai par un **essai de détermination des volumes gazeux**. Dans cet essai on mesure le volume d'hydrogène dégagé pendant un temps donné par l'attaque d'un échantillon de surface connue dans l'acide chlorhydrique à 10 %. On peut aussi mesurer le temps nécessaire au dégagement d'un volume déterminé d'hydrogène dans les mêmes conditions.

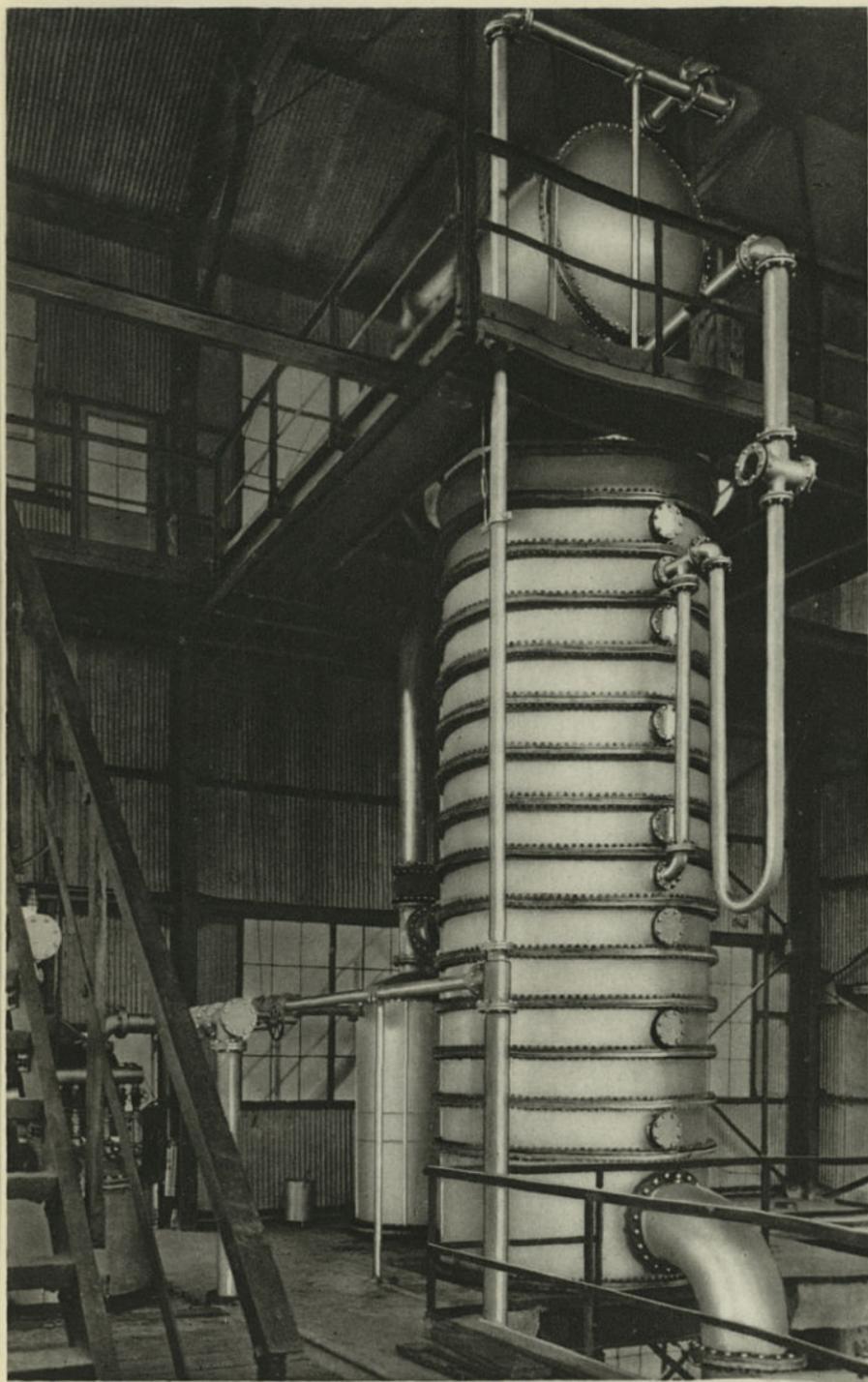
Il ne faut pas demander aux essais de laboratoire, indiqués ci-dessus, mis au point pour des buts bien déterminés et bien que rendant de très grands services, des indications générales sur la tenue de l'aluminium et des alliages en service courant. Il est nécessaire d'effectuer des essais avec les produits considérés, et il faut s'efforcer d'effectuer ces essais dans des conditions aussi voisines que possible des conditions d'emploi. Il faut, en outre, savoir si le métal sera en contact avec des solutions tranquilles ou agitées.

Il est recommandable de ne pas limiter les essais à une seule qualité de métal, mais d'essayer au moins les qualités recuite et écrouie. De plus, il est possible dans de nombreux cas de réduire, ou même de supprimer complètement l'attaque, par des recouvrements protecteurs adéquats, comme on le verra plus loin. Dans ces essais, la méthode la plus satisfaisante consiste à prendre des échantillons de poids et de surface connus et de mesurer la différence de poids après un temps donné d'exposition. Il est, avant tout, indispensable dans les essais de laboratoire d'étudier non seulement la substance chimique pure, mais aussi la qualité qui sera vraisemblablement utilisée industriellement, car

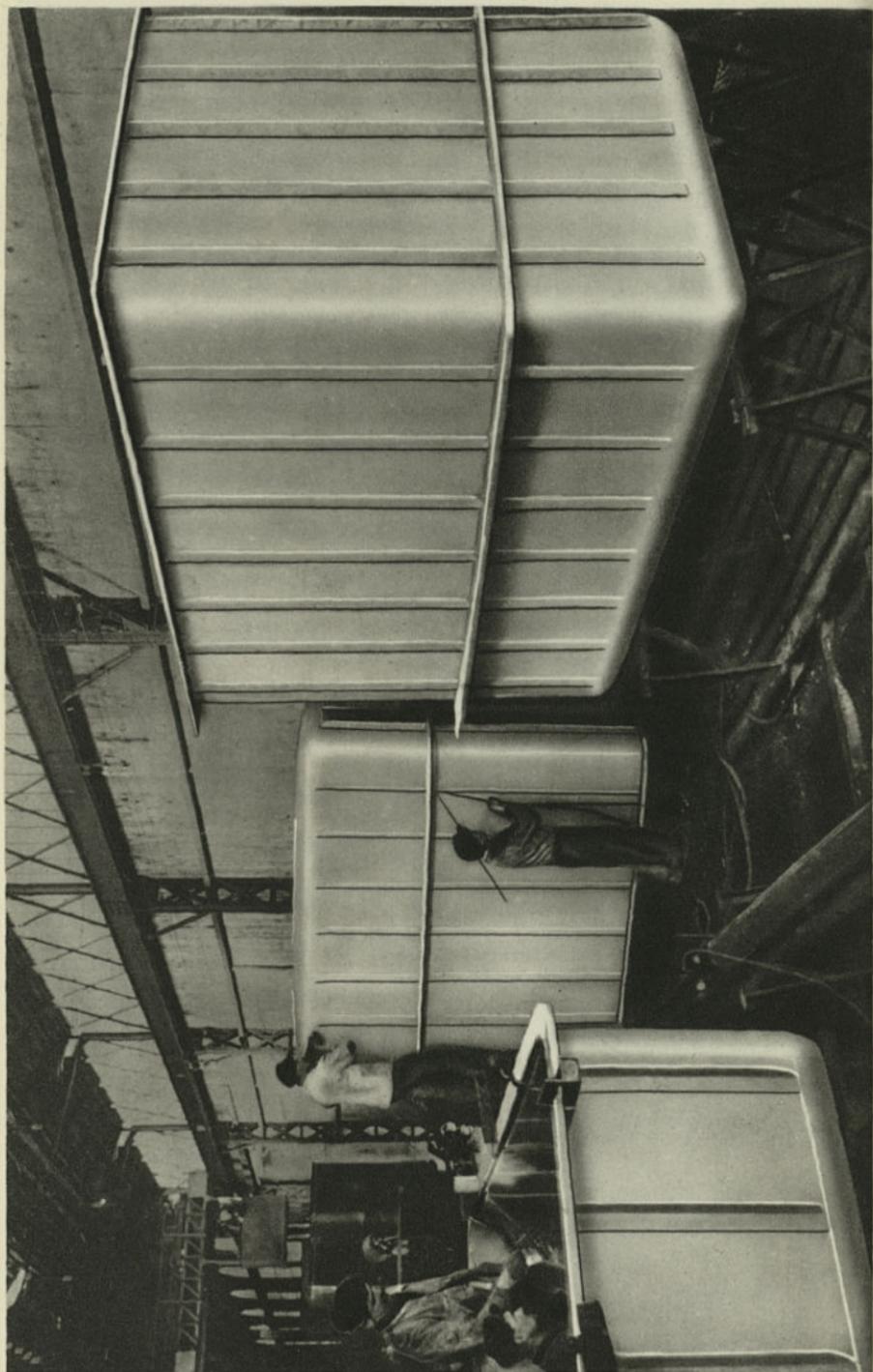
les impuretés présentes peuvent modifier profondément les résultats. Il faut se souvenir également que les essais de laboratoire, quoique reproduisant aussi fidèlement que possible les conditions industrielles, peuvent montrer des corrosions exagérées du fait que les échantillons utilisés ont des bords généralement fraîchement coupés ; en pratique au contraire, la peau de laminage demeure et assure déjà une certaine protection. Enfin, alors qu'en exploitation industrielle on prend tous les soins possibles pour assurer la conservation maximum des installations, la tendance des chimistes au laboratoire est au contraire de conduire leurs essais dans des conditions favorables à la corrosion, par exemple les éprouvettes sont soigneusement dégraissées avant l'essai.

Il est très souhaitable qu'en plus des études ci-dessus, des essais soient entrepris dans l'usine elle-même, en suspendant des éprouvettes dans les bains de fabrication. Il faut prendre soin en exécutant ces essais d'éviter les conditions susceptibles de provoquer des couples électrolytiques ; si par exemple les éprouvettes sont suspendues à des fils d'un autre métal, il se formera des attaques anormales pouvant fausser les conclusions.





Tour en aluminium pour distillation.



Cuves en aluminium pour le stockage de produits chimiques

## CHAPITRE III



### TRAVAIL DE L'ALUMINIUM

Les propriétés spécifiques des métaux légers entraînent naturellement des méthodes particulières pour la jonction des éléments. Les principaux modes de jonction utilisés sont les suivants :

- Agrafage,
- Jonction par vissage,
- Soudure d'apport,
- Soudure autogène,
- Rivetage.

L'**agrafage** ne peut être correctement effectué que sur des tôles de qualité recuite ou tout au plus demi-dure et seulement dans le cas où aucun travail mécanique n'est à prévoir.

**Jonction par vissage.** — Afin d'éviter la formation de couples galvaniques, il faut utiliser des vis en alliage d'aluminium approprié, si possible de même composition que les pièces à réunir. On trouve facilement dans le commerce des clous, des rivets et des vis en alliage léger ; toutefois pour ces dernières, il faut autant que possible éviter les vis à filets très fins ou à angles aigus qui s'abîment rapidement et sont mises hors de service en cas de vissages et dévissages fréquents. Il faut prohiber l'emploi de vis en métaux autres que l'aluminium, surtout celles en laiton, sauf lorsque les endroits où elles sont placées peuvent être maintenus très secs ou qu'un recouvrement parfaitement continu puisse être prévu pour éviter dans le joint toute introduction d'humidité qui pourrait entraîner la formation de couples électrolytiques.

### **Soudure d'apport de l'aluminium et de ses alliages. —**

En général, la soudure d'apport n'est pas conseillée pour les appareils qui doivent présenter une bonne résistance à la corrosion. Ce mode de soudure ne doit être employé que dans les cas où la soudure autogène, qui est toujours préférable au point de vue de la résistance à la corrosion, ne peut être utilisée pratiquement ; par exemple pour la soudure de tôles très minces. La soudure tendre (avec baguette d'apport riche en métaux lourds) doit être prohibée dans tous les cas. La soudure à haut point de fusion (avec baguette d'apport contenant au moins 90 % d'aluminium) s'effectue toujours avec l'emploi d'un flux recommandé ; une fois la soudure effectuée l'excès de flux doit être soigneusement retiré par brossage et lavage à l'eau chaude.

Il est toujours recommandé de consulter les producteurs d'aluminium pour s'assurer que la technique utilisée est correcte.

### **Soudure autogène de l'aluminium et de ses alliages. —**

On distingue :

- La soudure par martelage,
- La soudure au chalumeau,
- La soudure électrique à l'arc,
- La soudure électrique par résistance.

La **soudure par martelage** est basée sur le fait qu'à une température de 50 à 100° inférieure à son point de fusion, l'aluminium est suffisamment ramolli pour être soudé par martelage. Si le chauffage est trop poussé l'aluminium devient fragile et cassant. Les joints de soudure sont tout à fait homogènes et possèdent dans le cas de l'aluminium pur la même résistance mécanique que le métal ; ils ont également une très bonne résistance aux agents chimiques.

La **soudure au chalumeau** est de beaucoup la plus répandue. On évite la formation d'une pellicule d'oxyde par l'emploi d'un flux à souder approprié. Il faut insister sur les dangers qui peuvent provenir de l'emploi d'un flux de qualité inférieure. On peut utiliser le chalumeau oxyacétylénique ou le chalumeau oxyhydrique. Les producteurs d'aluminium donneront volontiers tous renseignements tech-

riques aux personnes qui les consulteront au sujet de la soudure autogène.

Les baguettes de soudure doivent avoir autant que possible, la même composition que le métal à souder. On peut aussi utiliser avec satisfaction une baguette en alliage à 5 % de silicium plus fluide que l'aluminium et dont la température de fusion est plus basse.

Il est nécessaire dans le cas de la soudure autogène, comme dans le cas de la soudure à haut point de fusion, d'éviter que des restes de flux demeurent dans la soudure où ils créeraient une certaine porosité. Le restant de flux sera lavé à l'eau chaude ou de préférence, dissous dans de l'acide nitrique dilué, en faisant suivre cette opération d'un rinçage très complet à l'eau.

Il faut se souvenir que le métal se trouve dans l'état « brut de coulée » au droit de la soudure. Il est possible d'améliorer la qualité de la soudure par un martelage suivi d'un recuit. Il est recommandable de recuire les soudures martelées pour augmenter leur résistance à la corrosion. Dans le cas de certains alliages, il est parfois nécessaire, pour améliorer les caractéristiques mécaniques des soudures, de faire un traitement thermique, et dans ce cas les effets de ce traitement thermique seront d'autant plus marqués que la structure de coulée aura été mieux détruite par martelage.

La **soudure électrique à l'arc** est analogue à la soudure autogène. Entre la pièce à souder et la baguette d'apport qui forme électrode et dont la composition est analogue à celle de la pièce à souder, on fait agir un arc qui assure la chaleur nécessaire pour la soudure. On emploie également dans ce cas un flux approprié.

Dans la **soudure par résistance** les pièces à joindre sont pressées l'une contre l'autre et chauffées par un courant électrique élevé. Dès que la chaleur a donné un ramollissement suffisant des deux pièces, elles se joignent sous l'effet de la pression. La température de la soudure doit être suffisante pour amener un ramollissement du métal sans toutefois provoquer sa fusion. Ce procédé est appliqué au moyen

de machines à souder spéciales. On utilise ces soudures avec différentes variantes : soudure par points, soudure continue et soudure par refoulement.

Le rivetage de l'aluminium et de ses alliages ne présente aucune difficulté.

On peut utiliser soit des rivets en aluminium pur ou en alliage d'aluminium. On effectue généralement le rivetage à froid, mais lorsque la dimension ou la nature des rivets rendent ce travail impossible, on pose les rivets à chaud ; il est bon dans ce cas de consulter les producteurs d'aluminium car le rivetage à chaud exige une technique correcte. Jusqu'à un diamètre de 8 mm. environ, on peut effectuer, même dans le cas des alliages à haute résistance, la pose des rivets de la même manière et avec les mêmes outils qu'avec l'acier. Pour les rivets de plus gros diamètres, l'emploi de machines spéciales permet encore le rivetage à froid.

La préparation des lignes de rivets doit être effectuée avec grand soin, en suivant soigneusement les prescriptions données. Les trous de rivets en particulier, ne doivent être préparés par défonçage que s'ils doivent être alésés par la suite.



## CHAPITRE IV

---

### TRAITEMENT DES SURFACES

Dans certains cas où la résistance de l'aluminium vis-à-vis des produits chimiques n'est pas suffisante, il est possible de recouvrir la surface du métal d'une couche protectrice qui peut être obtenue de trois manières :

1. En renforçant la pellicule naturelle d'oxyde qui se trouve à la surface du métal ;
2. En plaquant le métal avec de l'aluminium de très grande pureté ;
3. En utilisant une peinture ou un vernis.

**Renforcement de la pellicule d'oxyde.** — La pellicule naturelle d'oxyde peut être renforcée par un procédé électrochimique (oxydation anodique) ou par un procédé chimique (procédé M.B.V. par exemple).

**Oxydation anodique.** — Les propriétés des films d'oxyde ont été reconnues d'une grande importance pratique, tant au point de vue de l'isolement électrique que de la protection contre les attaques chimiques.

Au cours de ces dernières années de nombreux procédés d'oxydation ont vu le jour ; ils diffèrent par le choix de l'électrolyte, sa concentration et sa température, ainsi que par le genre de courant utilisé, la tension et la densité du courant. Les meilleurs résultats sont obtenus sur l'aluminium pur laminé ou forgé. Pour que le traitement donne satisfaction, il est indispensable que les surfaces des objets soient bien préparées ; les défauts superficiels, porosités et criques, etc. en effet, ne se recouvrent pas d'oxyde pendant le traitement, mais au contraire prennent parfois plus d'importance.

Parmi les différents procédés mis au point pour l'oxydation, certains ont pour but d'augmenter la résistance à la corrosion du métal, d'autres d'utiliser les propriétés isolantes utiles pour des buts déterminés du film produit. Des études

récentes ont montré qu'il était possible d'accroître encore les champs d'application du métal oxydé en traitant ultérieurement les pellicules d'oxyde par de l'huile de lin, de la vaseline, des vernis, etc..., ou en peignant ou teignant la surface elle-même.

La teinte des films d'oxyde dépend tout d'abord de l'épaisseur de la couche et dans une certaine mesure de l'électrolyte et du procédé utilisé pour obtenir l'oxydation. Elle est de plus fonction du métal de base, certains composants des alliages entraînent une coloration particulière.

Etant donné que l'utilisation des procédés d'oxydation anodique peut conduire, en l'absence d'une connaissance parfaite de la technique d'emploi, à des ennuis sérieux, il est très recommandable de consulter pour cette application les producteurs d'aluminium qui pourront également renseigner les personnes intéressées sur la situation des brevets. Parmi les procédés d'oxydation anodique actuellement les plus connus, on peut citer les procédés Bengough, Alumilite et Eloxal.

Le prix de revient de l'oxydation anodique est supérieur par unité de surface à celui du procédé M.B.V. décrit ci-dessous. Il est difficile de donner des prix de revient précis étant donné que ceux-ci dépendent du procédé utilisé, de l'épaisseur de la couche d'oxyde désirée et des traitements ultérieurs auxquels on peut la soumettre.

#### **Procédé M.B.V.**

Le procédé modifié Bauer-Vogel (M.B.V.) mis au point sous sa nouvelle forme par le D<sup>r</sup> Eckert est un perfectionnement du procédé de protection des surfaces créé par les professeurs D<sup>r</sup> O. Bauer et D<sup>r</sup> O. Vogel en 1916, et semble être à l'heure actuelle la meilleure méthode purement chimique d'oxydation des surfaces.

Pour appliquer le procédé, dont l'utilisation est dans le domaine public, les objets sont immergés dans une solution aqueuse chauffée à 90°-100° contenant 5 % de carbonate de sodium sec (ou 14 % de carbonate cristallisé) et 1,5 % de chromate de sodium (ces sels doivent être pratiquement exempts de sulfates). Au bout de 3 à 5 minutes

les objets sont recouverts d'une pellicule gris foncé ; ils sont retirés alors du bain, rincés à l'eau claire et séchés. Une variante du procédé consiste à utiliser une solution diluée ou une température plus faible, mais dans ces deux cas il est nécessaire d'augmenter la durée de l'immersion. La solution normale de bain M.B.V. peut sans inconvénient être laissée pendant un temps assez long (1 ou 2 heures) au contact du métal. On obtient alors une couche rugueuse mais plus épaisse qui possède des propriétés intéressantes si l'on doit prévoir une imprégnation ultérieure du recouvrement. On améliore dans une grande mesure les propriétés de la pellicule en la recouvrant d'une couche de laque ou en la traitant au silicate de soude et en faisant suivre cette imprégnation d'un recuit. En général, la couche M.B.V. constitue un excellent support pour les vernis ou peintures appliqués ultérieurement.

Dans certains cas particuliers, où il n'est pas pratique de plonger la pièce dans la solution de M.B.V., il peut être avantageux de remplacer la solution standard de bain, par une pâte préparée avec 10 parties de chromate de sodium, 4 parties de carbonate de sodium sec, 4 parties de soude caustique et 10 à 15 parties d'eau. Cette pâte est appliquée au pinceau sur les parties à protéger ; après 10 à 15 minutes de contact on lave à l'eau et sèche l'objet à l'air.

Le traitement M.B.V. donne les résultats les meilleurs sur l'aluminium pur, cependant un grand nombre d'alliages d'aluminium peuvent être aussi protégés, sous réserve que leur teneur en cuivre ne soit pas trop élevée (inférieure à 1 %).

Ce procédé simple et peu coûteux permet, comme on le verra dans les chapitres suivants, d'obtenir dans de nombreux cas une augmentation importante de la résistance chimique de l'aluminium et de ses alliages, et d'ouvrir ainsi aux métaux légers de nouveaux champs d'application.

#### **Doublage des surfaces.**

Tenant compte de l'excellente résistance à la corrosion de l'aluminium de haute pureté, on a trouvé avantageux

de doubler avec ce métal les alliages dont l'emploi, malgré leurs bonnes caractéristiques mécaniques, ne pouvait s'envisager en raison de leur faible résistance à la corrosion. On obtient ainsi une combinaison de la résistance mécanique et de la résistance chimique. L'alclad, le duralplat, le védal, l'albondur, l'allautal, l'aldural, etc... sont quelques exemples bien connus de ce type de matériau.

### **Peintures.**

Il existe de nombreux cas où une peinture des objets en aluminium doit être envisagée. Quelle que soit la peinture appliquée, il est nécessaire d'avoir une surface bien exempte de graisse et rendue un peu rugueuse par un décapage rapide par exemple. Avec ces précautions il n'existe aucune différence entre l'aluminium et les autres métaux au point de vue de la peinture. Lorsqu'on emploie des laques cuites au four pour la protection, il ne faut pas perdre de vue la possibilité, dans le cas des alliages à traitement thermique, d'avoir une diminution des caractéristiques mécaniques si la température de cuisson est trop élevée.

Lorsque les pièces doivent être exposées à l'eau de mer ou à des atmosphères corrosives, il est recommandé d'employer des peintures bitumineuses appropriées comme couche superficielle.

Les ciments et mortiers humides attaquent l'aluminium, il est nécessaire de prévoir une protection du métal lors du montage d'appareils au contact de ces matériaux. Un des produits donnant les meilleurs résultats dans ce but, est l'asphalte ou le goudron. Ce dernier pouvant contenir, du fait de sa fabrication des acides susceptibles d'attaquer l'aluminium, il est nécessaire de n'employer au contact de l'aluminium que du goudron exempt de chlore et d'acides.

Etant donné l'importance de ces protections, il faut prendre toutes les précautions nécessaires pour que l'isolement obtenu soit parfait, on sera conduit parfois dans ce but, à appliquer plusieurs couches de la peinture bitumineuse ou d'autre matière isolante.



## CHAPITRE V

---

### PRÉCAUTIONS DE MONTAGE ET ENTRETIEN

Dans de nombreux cas des détériorations d'appareils en aluminium sont dues à un isolement insuffisant. Il faut se rappeler avant tout que les métaux lourds, couramment employés, mis au contact direct de l'aluminium ou de ses alliages, en présence d'humidité ou d'un électrolyte, provoquent les phénomènes de corrosion. L'attaque peut être évitée par un isolement parfait qui reste encore efficace après une longue durée de service et écarte toute possibilité de formation de couples électrolytiques. La matière isolante ne doit pas être hygroscopique et à ce point de vue on obtient toute satisfaction avec le caoutchouc, à condition toutefois que l'étanchéité soit parfaite. Si l'étanchéité diminue, ce qui peut se produire par exemple pour des pièces sujettes à de fréquents démontages et remontages, il est indispensable de renouveler l'isolant.

Il faut prévoir également l'isolement de l'aluminium non seulement au contact du ciment et du plâtre mais aussi au contact du bois humide, afin d'éviter une corrosion éventuelle due à l'humidité ou aux produits de décomposition du bois. Les peintures bitumineuses, ou de préférence la peinture à l'aluminium, peuvent être utilisées avec de bons résultats dans ce but.

Des études très nombreuses de cas de détérioration d'objets en aluminium ont fait ressortir que les accidents étaient attribuables à des traitements incorrects de l'installation. En particulier, l'emploi de produits de nettoyage non appropriés peut parfaitement provoquer des corrosions profondes sur du matériel fabriqué et mis en place dans des

conditions satisfaisantes. Il y a lieu de consulter les producteurs d'aluminium chaque fois que l'on a des doutes sur les méthodes de nettoyage à utiliser. Tous les produits d'entretien que l'on trouve sur le marché, sont loin en effet de convenir pour l'aluminium en dépit des réclames faites par les fabricants et l'assurance donnée qu'ils sont sans action sur le métal. On trouvera dans le paragraphe spécial consacré aux produits d'entretien (page 98) des renseignements sur les produits les plus couramment offerts.

Le nettoyage de l'aluminium ne doit pas être effectué avec des produits agissant mécaniquement comme la paille de fer ou la laine d'acier grossière, encore moins avec la laine de cuivre. Le sable à gros grain et les abrasifs sont également à déconseiller car ils provoquent des éraflures profondes difficiles à nettoyer et qui risquent de servir d'amorce à la corrosion. Il faut pour la même raison éviter de détacher le tartre des appareils avec des instruments à angles coupants et éviter que les ouvriers ne pénètrent dans les cuves avec des souliers à clous.

Après nettoyage du petit matériel en aluminium, il est recommandable de le renverser pour activer le séchage ; dans le cas du matériel important, tanks, cuves, etc... tels que ceux utilisés en brasserie et laiterie, il y a lieu, lorsque ces appareils doivent rester quelque temps sans servir, de bien les sécher après nettoyage.

La rouille, laissée au contact de l'aluminium conduit à une attaque progressive du métal. Il faut donc prendre soin que l'eau de refroidissement fortement chargée en rouille, ne vienne pas en contact avec l'aluminium (voir paragraphe relatif à la rouille, page 60).

Etant donné que l'eau stagnante en s'évaporant lentement est dangereuse pour l'aluminium, il faut éviter dans la construction des ustensiles de cuisine ou des appareils destinés à l'industrie chimique ou alimentaire, d'avoir des parties creuses difficilement accessibles et pouvant retenir de l'eau. De telles parties sont difficiles à nettoyer ultérieurement, surtout si les jonctions n'ont pas été prévues correctement. L'emplacement des assemblages doit donc être choisi

avec une grande attention. C'est à l'absence de ces précautions que l'on peut attribuer de nombreux cas de détérioration.

Comme on l'indique dans un des chapitres suivants, certaines solutions réfrigérantes sont sans action sur l'aluminium et peuvent être utilisées avec du matériel de refroidissement ou de congélation en aluminium ; ces solutions toutefois ne doivent pas, dans ce cas, être mises au contact de métaux lourds tels que le cuivre ou le laiton, car les traces de ces métaux qui seraient dissoutes par la solution causeraient des piqûres de l'aluminium.

Il est nécessaire, évidemment, de prendre des précautions spéciales pour le nettoyage des appareils oxydés anodiquement ou traités par le procédé M.B.V. Bien que les solutions de nettoyage courantes soient sans action sur ces recouvrements, il faut éviter l'usure ou la perforation des couches d'oxyde qui pourraient provoquer des amorces de corrosion.





## CHAPITRE VI

---

### ACTION D'UN CERTAIN NOMBRE DE PRODUITS CHIMIQUES, ORGANIQUES ET INORGANIQUES SUR L'ALUMINIUM

Les informations contenues dans ce chapitre, sur la tenue de l'aluminium à un certain nombre de produits chimiques, correspondent tant aux résultats des essais effectués en pratique dans les industries intéressées, qu'aux résultats d'études systématiques entreprises par les producteurs d'aluminium dans leurs laboratoires. Les expériences ont toujours été conduites dans des conditions se rapprochant le plus possible des conditions pratiques.

Les différents corps ont été classés en suivant l'ordre admis dans les ouvrages de chimie les plus modernes, et en particulier le classement des métaux a été fait en suivant l'ordre de constitution des atomes. Ce mode de classement permet, connaissant la tenue de l'aluminium à un certain nombre de corps d'une famille de prévoir quelle sera l'allure de la tenue de l'aluminium aux corps de la même famille sur lesquels aucun renseignement n'a encore été publié.

Il ne faut pas oublier en examinant le présent chapitre que les renseignements qui y sont portés ne reflètent que des résultats d'essais pratiques ou de laboratoire, et correspondent par conséquent à des conditions déterminées de pureté, température et pression. On ne doit pas les interpréter d'une manière trop générale, une modification même légère des conditions industrielles d'emploi pouvant entraîner un changement complet dans la tenue du métal au contact du corps considéré. C'est ainsi par exemple que les acides et les alcools de la série grasse, ainsi que, dans la série aromatique, les phénols, crésols, l'aniline, et un certain nombre d'autres substances, agissent violem-

ment sur l'aluminium, lorsqu'ils sont amenés à un degré de déshydratation pratiquement total. Cet état de déshydratation ne peut le plus souvent être obtenu que dans des essais de laboratoire conduits avec des précautions particulières, mais cependant, dans des cas exceptionnels, ces conditions peuvent se rencontrer en pratique industrielle et amener des accidents brusques. Il y a lieu d'ajouter, toutefois, que de tels accidents n'ont été que très rarement signalés et que l'on possède de très nombreux exemples d'application de l'aluminium qui ont donné d'excellents résultats.

Il est toujours vivement recommandé avant de décider une application nouvelle des métaux légers de s'adresser aux producteurs d'aluminium qui mettront volontiers à la disposition des intéressés les compléments d'information qu'ils possèdent ou les échantillons de métal nécessaires pour effectuer des essais dans les installations industrielles.

## 1. PARTIE INORGANIQUE

Bien que dans ce chapitre on ne doive étudier l'action sur l'aluminium que des substances qui ont une formule chimique bien définie, il semble nécessaire de faire une exception à ce principe en ce qui concerne l'eau. Cette exception est en effet, justifiée par le fait que dans la grande industrie chimique, l'eau distillée n'est utilisée que dans des cas très rares, et que le plus souvent on emploie l'eau des canalisations dont la composition est très variable suivant les contrées et qui peut avoir sur les métaux légers une action non négligeable. Pour compléter l'étude sur les différents types d'eau, on ajoutera à ce paragraphe l'action de l'eau de mer sur l'aluminium.

### EAU.

#### EAU DISTILLÉE ET EAU DE PLUIE.

Au contact de l'eau de pluie et de l'eau distillée, l'aluminium subit une attaque insignifiante qui cesse au bout de peu de temps par suite de la formation d'une pellicule protectrice d'oxyde d'aluminium qui se produit naturellement à la surface du métal.

Certains laboratoires utilisent couramment l'aluminium pour la manutention et la garde de l'eau distillée.

#### **VAPEUR D'EAU.**

La vapeur sèche n'a pratiquement aucune action sur l'aluminium ; la vapeur humide l'attaque fort peu. On ne doit cependant pas perdre de vue que la vapeur vive sèche à haute pression produit une érosion sur le métal, même écroui, ainsi que sur ses alliages, surtout si le jet de vapeur est dirigé perpendiculairement à la surface du métal. L'érosion est d'autant plus grande que la température et la vitesse de la vapeur sont plus élevées, elle dépend dans une moins grande mesure de la dureté du métal. Aucun procédé de protection, même le procédé anodique avec imprégnation, n'empêche complètement l'érosion de se produire.

#### **GLACE.**

La glace n'a pas d'action sur l'aluminium.

#### **EAU DE CANALISATIONS.**

L'aluminium peut être attaqué par l'eau des canalisations contenant des impuretés normales telles que des sels dissous. Il s'agit généralement d'une attaque par points, qui est ordinairement attribuable aux chlorures et aux carbonates contenus dans l'eau. Les eaux purifiées pour les besoins domestiques et les eaux qui ont un faible degré de dureté, peuvent aussi corroder l'aluminium si elles tiennent en dissolution de petites quantités de sels de plomb ou de cuivre ou de fer provenant des canalisations qu'elles ont parcourues. Ces corrosions peuvent être complètement évitées par un recouvrement du métal, soit par un procédé anodique, soit par le traitement M.B.V. Il est toutefois très recommandable de diminuer dans une grande mesure les risques de corrosion en utilisant des appareils correctement fabriqués en métal très pur.

Lorsque l'eau contient de l'acide carbonique, il peut y avoir dans certains cas une attaque de l'aluminium, dont

l'importance dépend de la nature et de la concentration des sels contenus dans l'eau. Elle peut toutefois être évitée par un traitement de protection du métal.

Comme on l'a indiqué au chapitre V, page 26, Il faut éviter que de l'eau stagnante puisse s'accumuler dans certaines parties des appareils, l'enrichissement en sels provoqué par l'évaporation de l'eau peut causer dans certains cas des attaques locales importantes du métal.

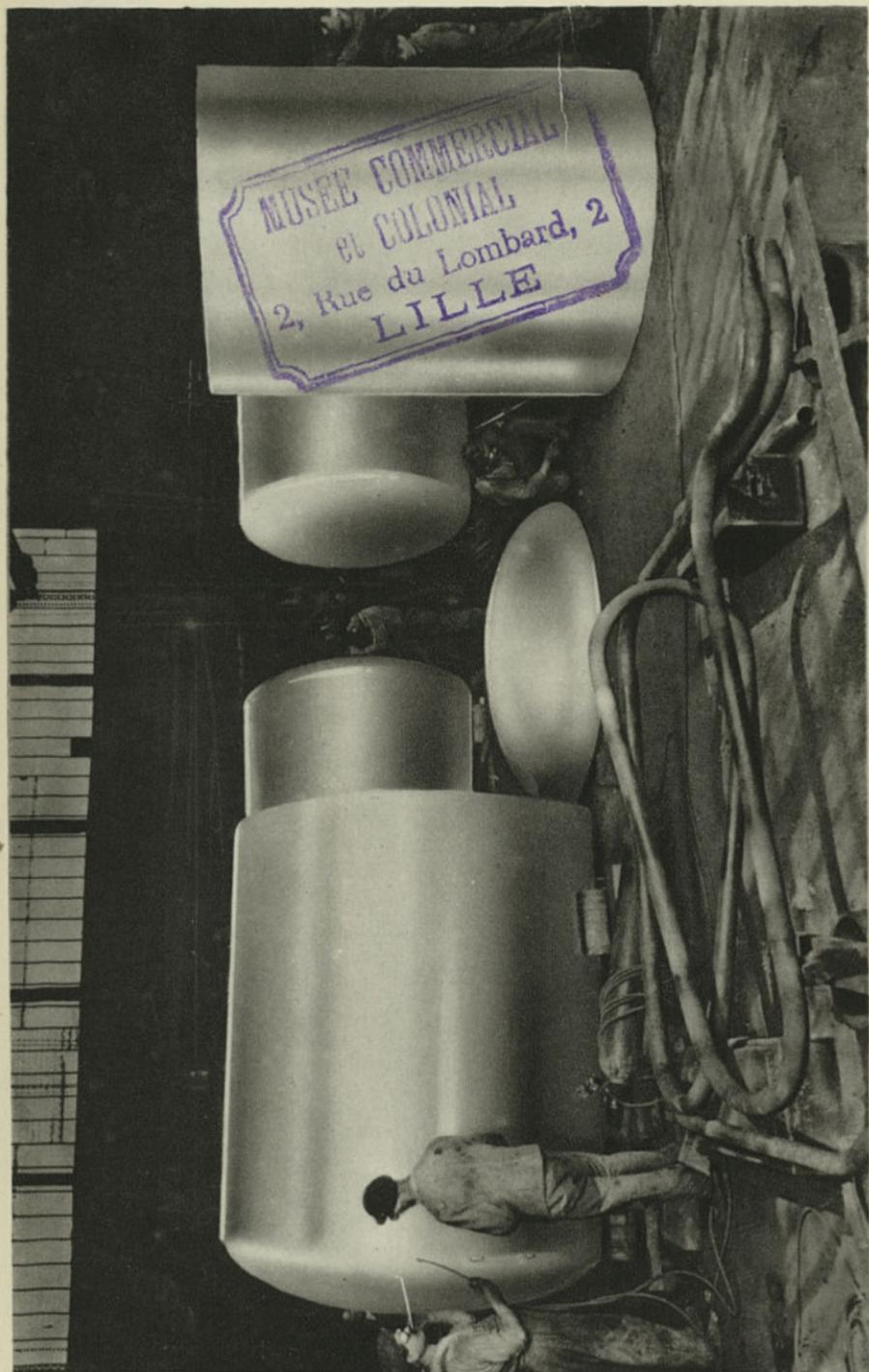
### **EAU DE MER.**

L'attaque de l'aluminium et de ses alliages par l'eau de mer est due aux chlorures qui s'y trouvent en solution. L'attaque est plus rapide en présence d'oxygène ou d'acide carbonique. On peut dire qu'en général, les alliages contenant du cuivre sont plus attaqués que l'aluminium pur, ou que les alliages aluminium-magnésium, aluminium-manganèse, aluminium-titane et aluminium-silicium.

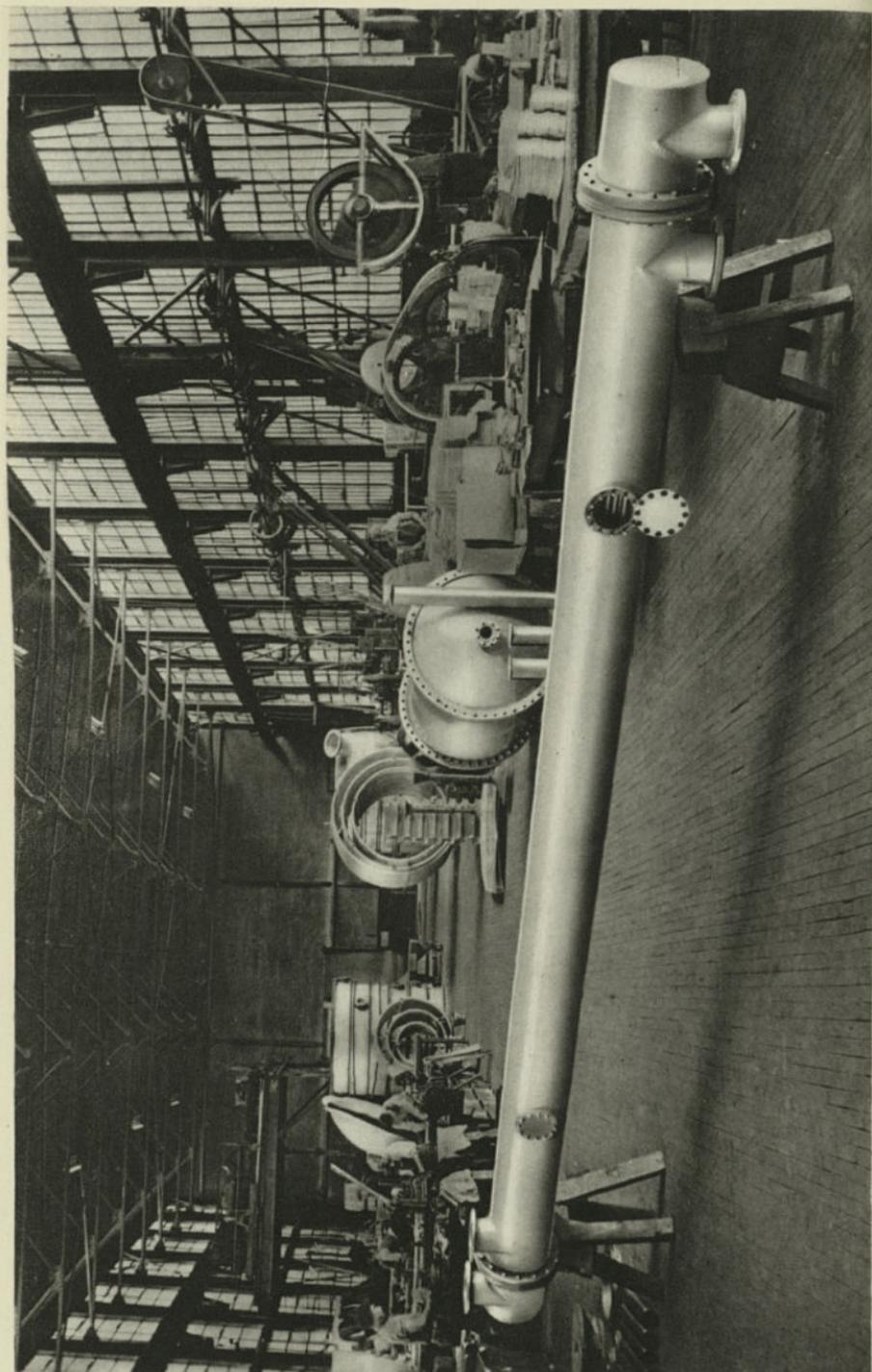
On peut diminuer l'action corrosive en utilisant l'un des procédés de recouvrement déjà mentionnés, et dans certains cas on peut renforcer l'efficacité de la couche protectrice en l'imprégnant d'une matière grasse, la lanoline par exemple.

On peut augmenter la résistance à l'eau de mer des tôles en alliage léger par un doublage avec de l'aluminium de très haute pureté, ou avec un alliage présentant une résistance élevée à l'eau de mer.

Il faut dire cependant que l'action de l'eau de mer sur l'aluminium n'est pas aussi sévère qu'on le suppose communément.



Soudure au chalumeau d'un fond de tank en aluminium.



Echangeur thermique en aluminium.

## MÉTALLOÏDES

---

### HYDROGÈNE.

Jusqu'à 200°, l'hydrogène même sous pression élevée, n'a pas d'action sur l'aluminium.

### Première famille

#### HALOGÈNES

L'action des halogènes sur l'aluminium et ses alliages est d'autant plus faible pour une même température, que le poids atomique de ces éléments est plus élevé. L'action des acides halogénés croît avec la température et la concentration. Elle est à peu près identique à celle de l'halogène correspondant. On peut diminuer l'attaque due aux acides halogénés par une addition de certaines résines ou de sulfures des composés aromatiques.

### FLUOR.

#### FLUOR.

L'aluminium est attaqué par le fluor, en particulier à température élevée.

#### ACIDE FLUORHYDRIQUE.

L'acide fluorhydrique, quelles que soient sa concentration et sa température, dissout l'aluminium.

Etant donné le bel aspect des pièces attaquées par l'acide fluorhydrique, cet acide est parfois utilisé pour le décapage de l'aluminium et de ses alliages dans des buts décoratifs.

### CHLORE.

#### CHLORE.

Le chlore sec n'a pas d'action sur l'aluminium et ses alliages à température ordinaire. Il attaque très vivement l'aluminium à 250° environ ; avec les alliages la réaction a lieu en général à plus basse température. En présence d'humidité, une forte attaque se produit immédiatement, même à température ordinaire.

L'eau de chlore dissout l'aluminium, l'action croît avec la température et la concentration. L'addition de silicate de soude permet d'éviter l'attaque.

## **ACIDE CHLORHYDRIQUE.**

L'acide chlorhydrique dissout l'aluminium à toutes températures ; le métal extrêmement pur offre néanmoins une certaine résistance à l'action de l'acide dilué. On peut retarder l'attaque par des additions à l'acide de certains produits organiques, tels que la chinoïdine (1) ou le sulfure de benzyle par exemple. Les solutions ainsi préparées peuvent sans inconvénient être utilisées pour le nettoyage et le détartrage des appareils en aluminium ; le tartre est plus rapidement dissous par l'acide chlorhydrique que par l'acide nitrique et de plus l'emploi d'acide chlorhydrique évite le dégagement de vapeurs rutilantes nocives et désagréables inévitables lorsque l'on utilise l'acide nitrique.

## **BROME.**

### **BROME.**

L'action du brome et de l'eau de brome sur l'aluminium est sensiblement identique à celle du chlore.

### **ACIDE BROMHYDRIQUE.**

Même en solutions diluées (de concentration inférieure à 5 % environ) l'acide bromhydrique attaque l'aluminium dès la température ordinaire, la réaction n'est toutefois pas aussi vive que dans le cas de l'acide chlorhydrique. Lorsque la température ou la concentration augmentent, la vitesse de dissolution du métal augmente rapidement.

Aucun type de recouvrement n'assure une protection efficace du métal.

## **IODE.**

### **IODE.**

L'aluminium est légèrement attaqué à la température ordinaire par les vapeurs d'iode. Les procédés de recouvrement diminuent dans une certaine mesure l'attaque par les vapeurs. Les solutions alcooliques d'iode attaquent

---

(1) Chinoïdine. Sous produit de la fabrication de la quinine.

davantage le métal, surtout à l'ébullition, et dans ce cas aucun type de recouvrement n'assure de protection.

Deuxième famille

OXYGÈNE.

**OXYGÈNE.**

Au contact de l'oxygène, l'aluminium se recouvre d'une pellicule d'oxyde excessivement mince et transparente ; son épaisseur croît d'abord rapidement, puis au bout de quelques jours elle cesse de croître et se maintient à une valeur de l'ordre de 0,01  $\mu$ . A partir de ce moment la progression de l'oxydation est empêchée par la pellicule très résistante, très adhérente et pratiquement imperméable, qui recouvre le métal. La température n'a pas d'influence sur l'oxydation jusqu'aux environs de 500 à 600°, température voisine de la température de fusion du métal. C'est à cette pellicule auto-protectrice que l'aluminium doit en grande partie sa résistance chimique élevée.

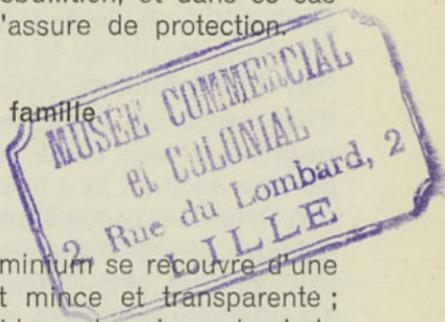
L'aluminium sous forme d'alliages à haute résistance convient parfaitement pour la fabrication des tubes d'oxygène comprimé, utilisés en aéronautique, où l'allègement important obtenu est particulièrement apprécié.

**OZONE.**

L'ozone parfaitement sec n'a pas d'action sur l'aluminium. Au contact de l'humidité, son action est sensiblement la même que celle de l'eau oxygénée.

**EAU OXYGÉNÉE.**

L'utilisation sur une grande échelle de l'aluminium pour le matériel de transport de l'eau oxygénée et pour les appareils de blanchiment des fibres, a attiré l'attention sur l'importance de l'action de l'eau oxygénée sur l'aluminium. Cette action est caractérisée par les 3 points suivants :



a) L'aluminium et ses alliages exempts de cuivre ne donne pas lieu à la décomposition catalytique de l'eau oxygénée comme le font le fer et surtout le cuivre.

b) Pour les faibles concentrations (jusqu'à 10 % environ d'eau oxygénée) l'attaque de l'aluminium quoique faible se présente sous forme de piqûres, mais peut être évitée par une addition de silicate de soude.

c) Pour les concentrations plus élevées l'attaque est régulière. Il y a lieu d'ajouter que l'attaque du métal est toujours faible, et que surtout avec les solutions concentrées, il se forme à la surface du métal une pellicule adhérente d'oxyde qui empêche l'attaque de se poursuivre.

Les produits ajoutés à l'eau oxygénée pour servir de stabilisateurs ou contenus dans l'eau comme impuretés, ont une action très importante : en présence de chlorures l'action est accélérée, le silicate de soude par contre l'empêche complètement.

L'attaque de l'aluminium par les solutions d'eau oxygénée alcaline peut être évitée en traitant le métal par le procédé M.B.V., suivi d'une imprégnation.

## SOUFRE.

### SOUFRE.

Le soufre ne semble pas avoir d'action corrosive sur l'aluminium, même à sa température d'ébullition (445°).

### ACIDE SULFHYDRIQUE (hydrogène sulfuré)

L'action sur l'aluminium de l'hydrogène sulfuré gazeux et de sa solution aqueuse est très faible, L'aluminium offre une résistance très supérieure à celle de la plupart des autres métaux. C'est pourquoi ce métal trouve d'intéressantes applications dans les appareils en contact avec ces produits ; par exemple dans les appareils de traitement des pétroles bruts, des eaux résiduaires, etc...

### ANHYDRIDE SULFUREUX.

L'anhydride sulfureux n'a pas d'action sur l'aluminium. A des températures supérieures à 100° et jusqu'à 400°

environ, aucune attaque n'a lieu, même si le gaz est humide. Par contre à la température ordinaire, le gaz humide produit une corrosion de l'aluminium, mais cette corrosion est faible et peut être considérée comme sans importance pratique.

#### **ACIDE SULFUREUX.**

Les solutions aqueuses d'acide sulfureux produisent sur l'aluminium des attaques qui sont quelquefois régulières, quelquefois locales et qui augmentent avec la concentration en acide. Il faut donc éviter le contact prolongé de l'aluminium avec des produits de condensation contenant de l'acide sulfureux (cas des gaz de fumée, par exemple).

L'attaque de l'aluminium est d'une manière générale moins importante que celle des métaux usuels et elle peut être diminuée par une protection superficielle, par exemple par un traitement au procédé M.B.V. suivi en premier lieu d'une imprégnation avec une laque du type bakélite ou avec du silicate de soude, et ensuite d'un recuit.

#### **ACIDE SULFURIQUE.**

Les solutions diluées d'acide sulfurique (entre 0,5 et 20 % environ) dissolvent très lentement l'aluminium à la température ordinaire, l'attaque est plus faible que celle donnée par les solutions d'acide nitrique de même concentration, mais au contraire de ce qui se passe avec ce dernier acide (voir page 39) elle augmente avec la concentration. L'oléum cependant a peu d'action sur le métal à froid.

Les pellicules d'oxydation anodique et celles obtenues par le traitement M.B.V. sont dissoutes par l'acide sulfurique.

Vis-à-vis des acides de décapage, la résistance de l'aluminium est intermédiaire entre celle du cuivre et celle du laiton. Il est donc avantageux d'utiliser des paniers en tôle d'aluminium perforé pour décaper ces métaux dans l'acide sulfurique à 10-15 % à chaud, car leur durée est très supérieure à celle des mêmes appareils en laiton.

### **CHLORURE DE SULFURYLE.**

Le chlorure de sulfuryle bouillant et sa vapeur, n'attaquent pas sensiblement l'aluminium. Cependant, comme ce corps est décomposé par l'eau avec mise en liberté d'acide chlorhydrique et formation d'acide sulfurique, à froid et en présence de l'humidité de l'air, une légère décomposition a lieu et l'aluminium est attaqué.

### **SÉLÉNIUM.**

#### **ACIDE SÉLÉNIEUX.**

L'acide sélénieux n'attaque pas l'aluminium mais se décompose au contact du métal et laisse déposer du sélénium rouge. La couche n'est pas adhérente et s'en détache au lavage.

#### **ACIDE SÉLÉNIQUE.**

L'action de l'aluminium sur l'acide sélénique est la même que sur l'acide sélénieux.

### **Troisième famille**

### **AZOTE.**

#### **AZOTE.**

L'azote n'a aucune action sur l'aluminium, même sous forte pression.

#### **AIR.**

Au contact de l'air l'aluminium se recouvre d'une fine pellicule protectrice d'oxyde. Le phénomène est identique à celui qui a lieu avec l'oxygène (voir page 35). Cette pellicule auto-protectrice assure à l'aluminium une excellente résistance chimique et permet d'employer ce métal avec avantage pour la construction des bouteilles destinées au stockage et au transport de l'air comprimé.

#### **AMMONIAC ET SOLUTIONS AMMONIACALES.**

Le gaz ammoniac n'attaque pas l'aluminium, même à haute température.

Bien que sa solution soit un alcali, son action sur l'aluminium est pratiquement nulle à la température ordinaire et jusqu'à 50°, par suite de la formation très rapide à son contact, quelle que soit sa concentration, d'une pellicule protectrice d'oxyde sur l'aluminium pur et ses alliages exempts de cuivre. Par contre, si la solution ammoniacale contient des traces de chlorures ou d'un autre alcali, la pellicule est dissoute et l'attaque du métal a lieu.

On utilise l'aluminium dans la fabrication de l'ammoniac synthétique et pour le chauffage sous pression de solutions ammoniacales concentrées avec les meilleurs résultats.

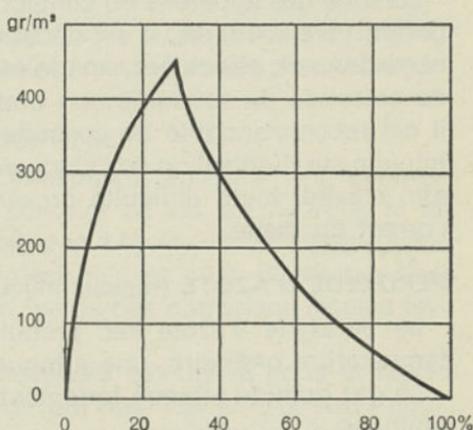
### ACIDE NITRIQUE.

La tenue de l'aluminium aux solutions d'acide nitrique, à la température ordinaire, est représentée schématiquement sur la courbe ci-jointe. De l'examen de cette courbe et des nombreuses études qui ont été faites sur ce sujet, on peut déduire les points suivants :

1° L'attaque maximum a lieu pour des concentrations comprises entre 15 et 50%. En dehors de ces concentrations et surtout pour les concentrations élevées, l'attaque devient très faible ;

2° L'attaque de l'aluminium croît d'une manière importante avec la température ;

3° D'une façon générale, le métal est moins attaqué par l'acide agité que par l'acide au repos. Ce dernier prend au contact de l'aluminium une couleur verte.



Perte de poids du métal 99,3% en contact avec de l'acide nitrique pendant 4 semaines en fonction de la concentration, et à la température ordinaire.

4° Le métal titrant 99,8 % semble offrir une résistance plus élevée que celle du métal titrant 99,5 % ; par contre, les alliages sont plus fortement attaqués que le métal pur ;

5° Le métal recuit offre plus de résistance que le métal écroui ;

6° Il n'y a pas de diminution de l'attaque avec le temps, ce qui montre qu'il n'y a pas passivation du métal ;

7° Les recouvrements sont dissous par l'acide ;

8° L'attaque est toujours uniformément répartie ;

9° L'attaque est accélérée par la présence d'impuretés qui ont une action corrosive sur l'aluminium, tels que les chlorures, les acides sulfurique et chlorhydrique libres, les sels de cuivre, etc...

L'aluminium est utilisé pour les tanks de garde, les citernes de transport par wagons, les conduites forcées, ainsi que pour de nombreux appareils servant dans la fabrication de l'acide nitrique (voir page 106).

Lorsque des appareils au contact de l'acide nitrique comportent des soudures, il est nécessaire que celles-ci soient correctement effectuées, martelées et recuites. Des cas de corrosion de soudures non traitées ont été signalés, et il est recommandable de consulter les producteurs d'aluminium sur l'utilisation de l'aluminium dans l'acide nitrique, afin d'éviter toute difficulté provenant d'un traitement incorrect du métal.

#### **PEROXYDE D'AZOTE** (vapeurs nitreuses).

Le peroxyde d'azote sec produit sur l'aluminium, à la température ordinaire, une attaque très faible.

Le gaz humide attaque fortement le métal d'une manière uniforme.

On utilise l'aluminium avec de bons résultats dans les appareils de combustion de l'ammoniac et dans les tuyauteries de dégagement des vapeurs de peroxyde d'azote.

#### **ACIDE AZOTEUX.**

L'attaque produite par l'acide azoteux à froid et à température élevée, est faible.

## PHOSPHORE.

### PHOSPHORE.

Ni le phosphore rouge, ni le phosphore blanc, n'ont d'action sur l'aluminium lorsque ces corps sont parfaitement secs. L'aluminium peut servir à leur conservation à l'abri de l'air et de l'humidité.

En présence d'air ou d'eau il y a formation d'acide phosphorique et attaque immédiate de l'aluminium.

### ANHYDRIDE PHOSPHORIQUE.

Rigoureusement anhydre, l'anhydride phosphorique n'a pas d'action sur l'aluminium. L'humidité de l'air suffit à former des traces d'acide phosphorique qui provoque une attaque immédiate.

### ACIDE ORTHO-PHOSPHORIQUE.

L'attaque de l'aluminium par les solutions d'acide phosphorique est très importante et croît avec la concentration et la température.

L'attaque est régulière et met à nu la texture du métal, c'est pourquoi on utilise souvent l'acide phosphorique pour certains décapages.

### SESQUISULFURE DE PHOSPHORE.

Le sesquisulfure de phosphore anhydre n'a aucune action sur l'aluminium. Lorsque ce sel est hydraté, si la quantité d'eau ne dépasse pas 3 % environ, l'attaque produite est très faible. Ce n'est qu'avec 10 % d'eau que l'on note au bout d'un certain temps des corrosions locales importantes.

Le sesquisulfure de phosphore est utilisé dans la fabrication des allumettes et devant pour cet emploi être rigoureusement sec, l'aluminium est tout à fait approprié pour la fabrication de tous les appareils utilisés dans cette industrie.

## ARSENIC.

### IODURE D'ARSENIC.

L'iodure d'arsenic en solution aqueuse produit une attaque faible de l'aluminium à température élevée.

## Quatrième Famille

### CARBONE.

#### CARBONE ET CHARBON.

Le carbone et les charbons n'ont aucune action sur l'aluminium. L'aluminium, et surtout les alliages à haute résistance mécanique trouvent de nombreuses applications dans les industries minières.

Il y a lieu de noter toutefois qu'en présence d'un électrolyte le graphite se comporte comme un métal lourd.

#### OXYDE DE CARBONE.

L'aluminium ne subit aucune altération au contact de l'oxyde de carbone.

#### ACIDE CARBONIQUE.

L'aluminium et ses alliages ne sont pas attaqués par l'acide carbonique sec, même sous pression élevée ; des appareils mélangeurs ou de soutirage en métal léger, sont utilisés dans diverses industries avec les meilleurs résultats.

En présence d'humidité, on a parfois noté une légère attaque qui peut toutefois être évitée par un traitement des appareils, soit au procédé M.B.V., soit par un procédé anodique (voir page 21).

#### SULFURE DE CARBONE.

Le sulfure de carbone est sans action sur l'aluminium, aussi bien à froid qu'à la température de l'ébullition.

#### ACIDE CYANHYDRIQUE.

La tenue de l'aluminium à l'acide cyanhydrique gazeux ou en solution est excellente, et ce métal est très supérieur à tous les autres matériaux pour les appareils de transport et de fabrication de cet acide.

### SILICIUM.

#### TÉTRACHLORURE DE SILICIUM.

A la température ordinaire et à sec, le tétrachlorure de silicium n'a pas d'action sur l'aluminium. En présence d'eau,

le tétrachlorure est décomposé avec formation d'acide chlorhydrique et une attaque du métal se produit.

BORE.

#### ACIDE BORIQUE.

Les solutions d'acide borique, diluées ou saturées, sont sans action importante sur l'aluminium à température ordinaire et jusque vers 60°. Dans les solutions concentrées et à l'ébullition, l'action est plus importante, le métal très pur ayant toutefois une résistance très supérieure à celle du métal ne titrant que 98-99 %.

### MÉTAUX ALCALINS

L'action des sels des métaux alcalins sur l'aluminium peut se résumer de la manière suivante :

**Sels halogénés.** — Les solutions de sels halogénés de métaux alcalins attaquent davantage l'aluminium en solution diluée qu'en solution concentrée. On utilise avec satisfaction l'aluminium dans certains appareils des exploitations salines.

**Hydroxydes.** — Tous les hydroxydes, à l'exception de celui d'ammonium, attaquent très fortement l'aluminium. Certains produits, en particulier les colloïdes, peuvent diminuer l'importance de l'attaque ou même l'empêcher complètement comme on le verra plus loin.

**Combinaisons avec le soufre.** — Les sulfates, les hyposulfites et les sulfures ne produisent généralement pas d'attaque de l'aluminium, toutefois si la solution contient un acide libre, ou est susceptible d'être décomposée avec formation d'acide, une attaque a lieu qui est fonction de l'acide en présence et de sa concentration.

**Nitrates.** — L'action des nitrates est comparable à celle des sulfates.

**Phosphates.** — Les solutions de phosphates attaquent l'aluminium mais leur action peut être diminuée dans une grande mesure par addition de certains produits, tels que le silicate de soude.

**Carbonates.** — C'est avec les carbonates des métaux alcalins que l'action des produits protecteurs est la plus grande. On peut éviter l'attaque même à chaud.

Des études poursuivies depuis 10 ans ont permis de montrer que l'attaque de l'aluminium par les solutions alcalines pouvait être retardée et même dans certains cas complètement évitée par

addition de colloïdes ou de corps ayant une nature colloïdale, tels que le silicate de soude. Cette action protectrice n'est pas la même pour tous les colloïdes, et avec un même colloïde elle n'est pas la même pour tous les sels des métaux alcalins.

Pour donner une idée de l'ordre de grandeur de la protection qui peut être obtenue, on a réuni dans les tableaux suivants les diminutions d'attaque notées en présence de la soude et du carbonate de soude additionnés des colloïdes protecteurs les plus couramment utilisés.

Nature du colloïde (addition de 0,75 gr. pour 100 c.c. de liquide)	Solution de carbonate de soude sec à 10 %. Métal : alum. écroulé 99,5 %. Durée : 30 minutes. Température : 25°.		Solution de soude à 10 %. Métal : alum. écroulé 99,5 %. Durée : 30 minutes. Température : 25°.	
	Perte de poids gr/m <sup>2</sup>	Diminut. de l'attaq. %	Perte de poids gr/m <sup>2</sup>	Diminut. de l'attaq. %
<b>Solution :</b>				
Sans colloïde .....	9,68		31,07	
Avec colle végétale .....	8,34	13,68	10,58	66
Avec colle d'os .....	4,53	54,40	15,99	48,5
Avec colle de poisson .....	3,57	63,10	10,97	64,7
Avec gomme arabique .....	5,33	44,9	5,85	81,2
Avec agar-agar .....	5,06	47,7	5,13	83,5
Avec gélatine .....	5,31	45,1	17,88	44,7
Avec amidon .....	8,06	16,15	11,25	63,8
Avec silicate de soude .....	0,00	100	35,23	13,7

Grâce à la connaissance de ces " protecteurs " on peut utiliser l'aluminium dans de nombreux cas en présence de sels alcalins, sans craindre d'attaque et profiter ainsi des autres qualités intéressantes des métaux légers.

## LITHIUM.

### LITHINE.

La lithine dissout l'aluminium. L'attaque peut toutefois être retardée par addition de colloïdes.

## POTASSIUM.

**CHLORURE DE POTASSIUM** (voir chlorure de sodium page 49).

### CHLORATE DE POTASSIUM.

Les solutions de chlorate de potassium pur sont sans action sur l'aluminium quelles que soient leur concentration ou leur température. Les plateaux qui servent dans l'indus-

trie pour la dessiccation des chlorates sont couramment réalisés en aluminium.

#### **BROMURE DE POTASSIUM.**

Dans les solutions concentrées et bouillantes de bromure de potassium, l'aluminium subit des attaques locales, mais la corrosion peut être évitée par un recouvrement protecteur.

#### **POTASSE.**

L'aluminium est dissous dans les solutions de potasse, la vitesse de dissolution est fonction de la température et de la concentration. Les colloïdes retardent l'attaque.

#### **ALUN DE CHROME ET DE POTASSIUM.**

A la température ordinaire, l'aluminium ne subit qu'une attaque très faible au contact des solutions diluées d'alun (jusqu'à 10 % environ). Les mêmes solutions agissant à température élevée produisent sur le métal une pellicule adhérente verdâtre qui offre une bonne résistance aux acides froids. A partir de 10 % les solutions bouillantes d'alun produisent sur l'aluminium des corrosions par piqûres.

#### **NITRATE DE POTASSIUM.**

Le nitrate de potassium n'a aucune action sur l'aluminium quelles que soient la concentration et la température. Dans l'industrie des nitrates, l'aluminium remplace avantageusement le cuivre qui donne des sels colorés.

Les bains de traitement thermique des alliages d'aluminium sont généralement composés de nitrate de potassium ou de sodium ou du mélange de ces deux sels avec addition de nitrite.

#### **NITRITE DE POTASSIUM.**

Le nitrite de potassium n'a aucune action sur l'aluminium.

#### **CYANURE DE POTASSIUM.**

Les solutions aqueuses froides de cyanure de potassium attaquent l'aluminium par suite de la présence de potasse formée par hydrolyse. L'attaque est régulière et indépen-

dante de la concentration. A chaud, la dissolution du métal est rapide et elle augmente avec la concentration.

L'addition de 0,5 à 1 % de silicate de soude à la solution permet d'éviter l'attaque.

**SULFATE DE POTASSIUM** (voir sulfate de sodium).

**SULFOCYANURE DE POTASSIUM.**

L'aluminium ne subit aucune attaque au contact des solutions froides ou chaudes de sulfocyanure. Il convient donc parfaitement pour la construction des appareils utilisés dans la fabrication de ce sel.

**FERRO ET FERRICYANURE DE POTASSIUM.**

Les solutions de sels ferro et de sels ferri n'ont pas d'action sur l'aluminium, même à la température d'ébullition. Lorsque les solutions sont rendues alcalines l'attaque du métal est immédiate.

**CARBONATE DE POTASSIUM.**

L'action des solutions de carbonate de potassium sur l'aluminium est analogue à celle des solutions de carbonate de sodium (voir page 51). L'attaque peut de même être complètement supprimée par addition de silicate de soude.

**SILICATE DE POTASSIUM** (voir silicate de soude).

**CHROMATE DE POTASSIUM.**

Les solutions de chromate de potassium n'ont aucune action sur l'aluminium quelles que soient la température ou la concentration.

**BICHROMATE DE POTASSIUM.**

L'action des bichromates est analogue à celle des chromates.

Une addition de chromate, ou mieux encore de bichromate aux solutions alcalines, et en particulier aux solutions de carbonates alcalins, diminue l'attaque de l'aluminium. Les chromates et bichromates jouent le même rôle que les colloïdes, mais il est en général nécessaire d'ajouter des quantités de ces sels assez importantes pour annihiler complètement l'attaque.

#### **PERMANGANATE DE POTASSIUM.**

Au contact des solutions diluées et bouillantes de permanganate de potassium, l'aluminium ne subit pas de perte de poids, mais cependant la surface du métal est légèrement colorée.

#### **BITARTRATE DE POTASSIUM.**

A la température de l'ébullition les solutions saturées de bitartrate de potassium n'entraînent qu'une très légère attaque de l'aluminium, même lorsqu'elles contiennent un peu d'acide sulfurique libre.

#### **AMMONIUM.**

##### **CHLORURE D'AMMONIUM.**

L'aluminium ne subit qu'une attaque très faible au contact des solutions de chlorure d'ammonium, l'attaque étant jusqu'à environ 70° indépendante de la concentration et de la température. La corrosion se fait par petites piqûres. L'action est généralement accélérée en présence d'air. Les recouvrements anodiques, surtout s'ils ont reçu une imprégnation, assurent une certaine protection du métal. A la température d'ébullition, les solutions concentrées attaquent l'aluminium.

##### **BROMURE D'AMMONIUM.**

L'aluminium commercialement pur, mis au contact d'une solution bouillante concentrée de bromure d'ammonium subit une attaque qui a lieu sous forme de points. Le traitement au procédé M.B.V. donne une certaine protection au métal dans ces conditions.

##### **SULFURE D'AMMONIUM.**

L'aluminium titrant 99 % et plus, résiste parfaitement aux solutions de sulfure d'ammonium, même à température élevée.

##### **SULFATE D'AMMONIUM.**

Les solutions de sulfate d'ammonium, quelle que soit leur concentration, n'ont pratiquement pas d'action sur l'alumi-

nium jusque vers 70°. Si les solutions contiennent de l'acide sulfurique libre, une attaque immédiate du métal se produit, surtout à chaud. Les recouvrements d'oxyde offrent une protection si l'acidité de la solution est faible.

#### **SULFOCYANURE D'AMMONIUM.**

Au contact du sulfocyanure d'ammonium en solution, et même au contact du sel cristallisé et humide, l'aluminium ne subit aucune corrosion, ni à la température ordinaire, ni à chaud.

Par contre, si les solutions de sulfocyanure d'ammonium contiennent des traces de sels de métaux lourds, une corrosion de l'aluminium a lieu très rapidement.

Sous cette réserve, les appareils de fabrication du sulfocyanure d'ammonium sont avantageusement construits en aluminium, ce qui permet d'obtenir des sels purs.

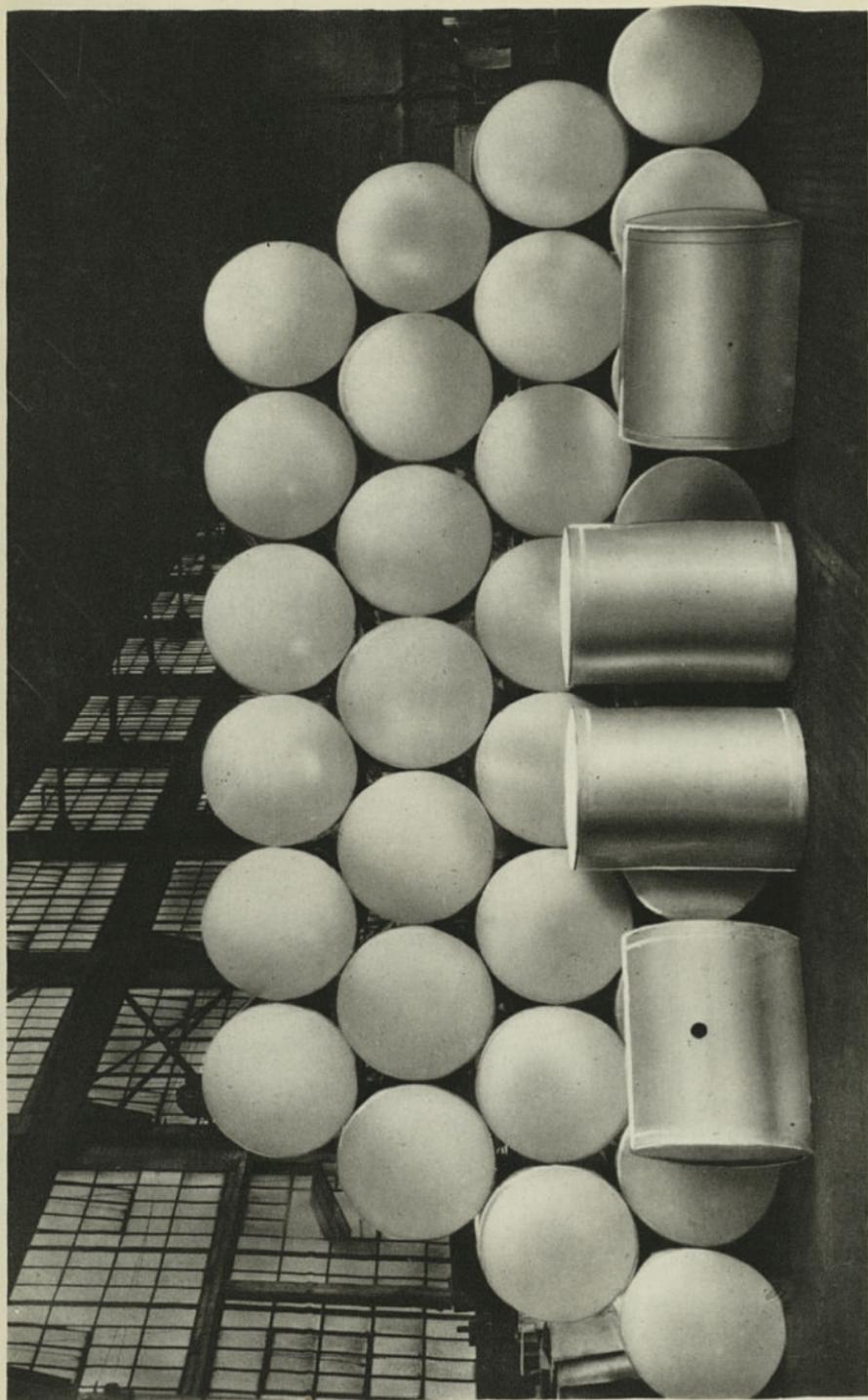
#### **NITRATE D'AMMONIUM.**

L'aluminium offre une résistance absolue aussi bien au sel en fusion qu'aux solutions étendues ou concentrées de nitrate d'ammonium. La présence d'acide nitrique libre dans la solution entraîne une attaque du métal qui dépend de la température et de la concentration en acide.

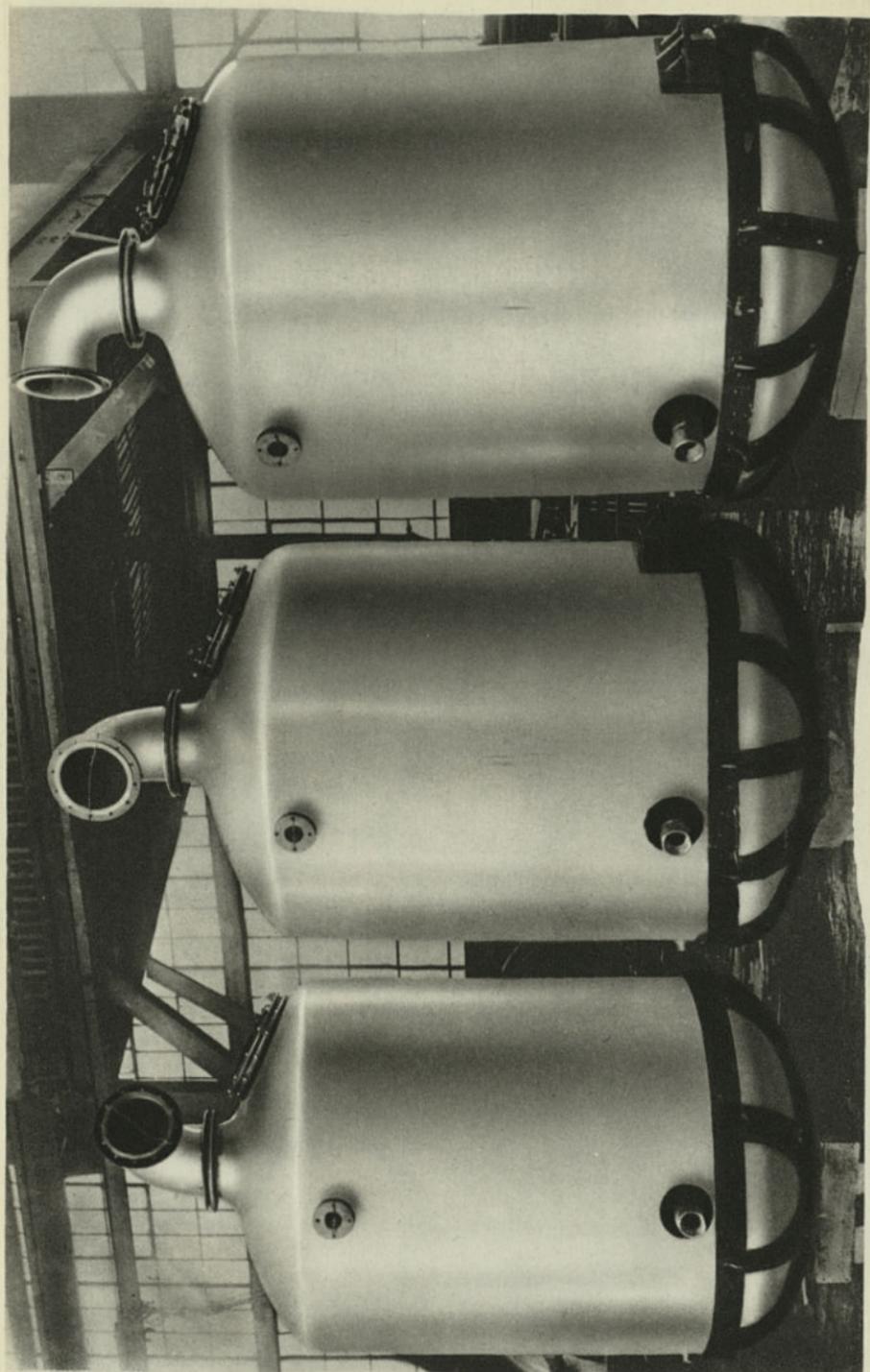
L'aluminium titrant au moins 99,5 % est utilisé avec satisfaction pour la fabrication des appareils destinés à la production du nitrate d'ammonium en partant du gaz ammoniac ou de l'acide nitrique.

Le nitrate d'ammonium étant fréquemment utilisé comme sel réfrigérant en solution concentrée et souvent avec addition de carbonate de sodium, il est intéressant de noter qu'avec de telles solutions l'aluminium ne subit que de très faibles pertes de poids, au contraire de ce qui se passe avec les métaux lourds, cuivre et fer par exemple, qui sont fortement attaqués.

Si l'on utilise des tuyauteries en aluminium pour y faire circuler des solutions réfrigérantes de nitrate d'ammonium, il faut bien noter que si la solution traverse des conduites en fer ou en cuivre avant d'arriver à l'aluminium,



Fûts en aluminium pour le transport de la formaldéhyde.



Cornues de distillation en aluminium.

les sels de métaux lourds provenant de l'attaque de ces conduites entraîneront la formation de couples électrolytiques avec l'aluminium et une attaque par points de ce métal (voir le paragraphe des eaux de canalisation).

#### **PHOSPHATE BIBASIQUE D'AMMONIUM.**

Les solutions diluées de phosphate d'ammonium (jusqu'à 3 % environ) n'attaquent pas l'aluminium à froid et n'ont pas non plus d'action sur les couches protectrices obtenues par le procédé M.B.V.

Au delà de cette concentration, le métal s'attaque avec formation de piqûres et la corrosion croît avec la température et la concentration. Le recouvrement M.B.V. n'offre plus aucune protection.

L'aluminium est utilisé dans la fabrication des levains, et toute attaque du métal est évitée en ajoutant à la solution de phosphate un peu de sulfate d'ammonium.

#### **CARBONATE D'AMMONIUM.**

L'action des solutions de carbonate d'ammonium peut être considérée comme négligeable, quelles que soient la concentration en sel ou la température.

### **SODIUM.**

#### **CHLORURE DE SODIUM.**

Les solutions diluées de chlorure de sodium ont plus d'action sur l'aluminium que les solutions concentrées. Dans les salines on utilise l'aluminium pur ou un alliage approprié en remplacement des autres métaux et même du bois, car les sels d'aluminium qui peuvent se produire sont incolores et ne salissent pas le chlorure de sodium recueilli.

L'attaque par les solutions de chlorure est augmentée par la présence d'eau oxygénée.

Les saumures contenant outre du chlorure de sodium, de petites quantités de nitrite de sodium, ne font subir qu'une légère corrosion à l'aluminium se présentant sous forme de taches. Si la température est portée jusqu'à l'ébulli-

tion l'aluminium subit une corrosion par points. Une petite addition de silicate de soude permet d'éviter complètement l'attaque. Lorsque le chlorure de sodium se trouve comme impureté dans un produit chimique, on observe dans la plupart des cas une attaque plus rapide de l'aluminium.

#### **CHLORATE DE SODIUM.**

Le chlorate de sodium chimiquement pur n'a pas d'action sur l'aluminium. Cependant, comme le sel du commerce contient souvent un peu de chlorure, et comme la teneur en chlorure est assez élevée dans certains stades de la fabrication du chlorate, il y a lieu de tenir compte d'une attaque possible de l'aluminium due à la présence de chlorure. Cette attaque dépend de la teneur en chlorure. Elle est relativement faible lorsque la teneur en chlorure est élevée, elle devient plus forte lorsque cette teneur diminue. De toute manière, l'attaque revêt toujours la forme de piqûres. Les alliages d'aluminium sont en général, plus fortement attaqués que le métal pur.

#### **BROMURE DE SODIUM.**

Les solutions de bromure de sodium entraînent une attaque par piqûres de l'aluminium. Cette attaque peut être évitée par un traitement au procédé M.B.V.

#### **SOUDE.**

La soude en solution attaque l'aluminium à toute concentration et encore plus rapidement à chaud qu'à froid. L'addition de colloïdes ou de chromates diminue l'importance de l'attaque.

#### **SULFITE DE SODIUM.**

Dès la température ordinaire, les solutions même diluées de sulfite de sodium attaquent légèrement l'aluminium. La corrosion peut toutefois être complètement supprimée par un traitement au procédé M.B.V., avec imprégnation de la pellicule formée par du silicate de soude.

#### **HYPOSULFITE DE SODIUM.**

Au contact des solutions froides ou chaudes diluées ou concentrées d'hyposulfite de sodium, l'aluminium ne s'attaque pas mais subit une légère augmentation de poids en même temps qu'une pellicule irisée se forme sur le métal. Les tôles protégées par un traitement de protection quelconque restent en général intactes.

#### **SULFATE DE SODIUM.**

L'attaque produite sur l'aluminium par les solutions de sulfate de sodium, à toutes concentrations, et agissant à froid ou à chaud, peut être considérée comme pratiquement nulle.

En présence d'acide sulfurique libre une attaque se produit aussitôt. Dans les solutions saturées de sulfate, l'aluminium offre une résistance absolue même en présence de 10 % de chlorure de sodium.

#### **NITRATE DE SODIUM.**

Le nitrate de sodium a sur l'aluminium une action semblable à celle du nitrate de potassium (voir page 45).

**NITRITE DE SODIUM** (voir nitrite de potassium page 45).

#### **PHOSPHATE TRIBASIQUE DE SODIUM.**

Le phosphate de sodium, même en solution à 5 %, attaque très vite l'aluminium à froid et encore plus à chaud. En ajoutant environ 1 % de sulfate d'aluminium, on peut retarder l'attaque à froid ; le silicate de soude empêche complètement l'attaque à froid et la rend à chaud pratiquement insignifiante.

#### **CARBONATE DE SODIUM.**

L'attaque produite par les solutions de carbonate de sodium croît avec la concentration et la température. Une addition de colloïdes ou de chromate de sodium, ou mieux encore de silicate de soude, permet de diminuer ou d'éviter complètement l'attaque suivant la concentration.

### **BICARBONATE DE SODIUM.**

Les solutions de bicarbonate de sodium n'ont pas d'action sur l'aluminium à froid. Au contact du sel hydraté, l'aluminium ne subit qu'une faible attaque. Une addition de silicate de soude empêche toute action. A chaud, les solutions à 2 % environ attaquent légèrement l'aluminium.

### **FLUOSILICATE DE SODIUM.**

En solution diluée (0,1 à 1 %) telles que celles utilisées dans l'industrie du caoutchouc pour la coagulation du latex, le fluosilicate de sodium n'attaque pas l'aluminium. Le métal se recouvre d'une pellicule noire protectrice.

### **SILICATE DE SOUDE.**

L'action du silicate de soude sur l'aluminium dépend de l'alcalinité du sel, c'est-à-dire du rapport entre la silice et l'oxyde de sodium qu'il contient. Le silicate de soude du commerce étant généralement le moins alcalin, les solutions diluées ou concentrées de silicate n'ont aucune action sur l'aluminium, à froid et même à l'ébullition. En présence d'un silicate fortement alcalin une attaque de l'aluminium se produit.

L'action protectrice du silicate de soude est due au dépôt sur le métal d'un gel de silice.

### **BORATE DE SODIUM (borax).**

Les solutions diluées de borax n'ont aucune action sur l'aluminium à froid. A une température de 80° environ, le métal subit une légère perte de poids mais la diminution de ses caractéristiques mécaniques est insensible. Le borax est utilisé pour émulsionner les cires et les gommes et ces opérations s'effectuent couramment dans l'aluminium.

### **BITARTRATE DE SODIUM.**

On a observé que l'action sur l'aluminium des solutions de bitartrate de sodium titrant jusqu'à 25 % était très faible, même à chaud.

## MÉTAUX ALCALINO-TERREUX

---

L'action des métaux alcalino-terreux est moins prononcée que celle des métaux alcalins pour des concentrations et des températures identiques. L'action protectrice des recouvrements anodiques ou du recouvrement M.B.V. est plus forte avec les sels des métaux alcalino-terreux qu'avec ceux des métaux alcalins.

### MAGNÉSIUM.

#### CHLORURE DE MAGNÉSIUM.

Le chlorure de magnésium en solution aqueuse diluée produit sur l'aluminium des attaques localisées, cependant les points de corrosion sont relativement peu nombreux et peuvent être évités si le métal est traité par le procédé M.B.V. Les solutions concentrées produisent sur le métal une couche régulière de sels qui, sans offrir de protection absolue, diminue l'importance de l'attaque.

#### SULFATE DE MAGNÉSIUM.

L'aluminium ne subit qu'une très légère attaque régulière au contact des solutions de sulfate de magnésium. Même avec des solutions très concentrées contenant jusqu'à 50 % de sulfate, comme celles utilisées dans l'industrie de la soie artificielle, à une température de 60-80° et dans un milieu saturé d'oxygène, l'action est très faible et peut être considérée comme sans aucune importance pratique.

### CALCIUM.

#### CHLORURE DE CALCIUM.

Les solutions aqueuses froides de chlorure de calcium ont tendance à attaquer l'aluminium avec le temps. Il se forme lentement sur le métal une couche de sel adhérente. Cette couche n'est attaquée ni par l'acide nitrique dilué, ni par le carbonate de soude. Le métal subit une très légère perte de poids qui est fonction de la concentration de la solution. Le métal recuit est plus résistant que le métal écroui.

Les solutions chaudes de chlorure de calcium attaquent l'aluminium. L'attaque a lieu par points. Une protection peut être obtenue par le procédé M.B.V. ; son efficacité diminue lorsque la concentration dépasse 10 % environ et lorsque la température est supérieure à 60-70°.

#### **CHLORURE DE CHAUX.**

Le chlorure de chaux en solution, même diluée attaque l'aluminium. Le traitement au M.B.V. n'assure pas de protection. On peut diminuer l'attaque du métal même à chaud, en ajoutant un peu de silicate de soude à la solution de chlorure de chaux.

#### **CHAUX.**

Au contact des solutions de chaux, l'aluminium subit une attaque qui est fonction de la température et de la concentration. Cette attaque étant presque toujours localisée, l'application du métal ne peut être envisagée que dans des cas tout à fait particuliers.

#### **SULFURE DE CALCIUM.**

L'attaque produite par le sulfure de calcium sur l'aluminium est régulière et peu importante. On peut donc utiliser l'aluminium pour les récipients destinés aux bouillies sulfocalciques contenant de 2 à 20 % de sulfure de calcium et un peu de sulfate de fer ou d'arséniate de plomb.

#### **SULFHYDRATE DE CALCIUM.**

Ni l'aluminium, ni ses alliages exempts de cuivre ne subissent de modification d'aspect ou des propriétés mécaniques, au contact des solutions de sulfhydrate de calcium, quelles que soient la température et la concentration de la solution.

#### **SULFATE DE CALCIUM.**

Au contact de bouillies de sulfate de calcium et d'eau, l'aluminium ne subit qu'une faible attaque, qui peut être entièrement supprimée par un traitement du métal au procédé M.B.V.

#### **CARBONATE DE CALCIUM** (craie et marbre).

L'aluminium n'est pas attaqué par le carbonate de calcium.

#### **CARBURE DE CALCIUM.**

Le carbure de calcium n'a pas d'action sur l'aluminium.

#### **BOUES RÉSIDUAIRES DE CARBURE DE CALCIUM.**

Le métal nu est très attaqué au contact des boues résiduelles de carbure de calcium. Le traitement au procédé M.B.V. donne une protection parfaite.

#### **OXALATE DE CALCIUM.**

L'oxalate de calcium humide attaque nettement l'aluminium, aussi bien à froid qu'à température élevée.

### **BARYUM.**

#### **CHLORURE DE BARYUM.**

L'action des solutions de chlorure de baryum sur l'aluminium est analogue à celle des solutions de chlorure de calcium. Si les solutions sont rendues alcalines par de la baryte par exemple, l'aluminium s'attaque aussitôt, même à la température ordinaire. Ni l'aluminium, ni ses alliages, ne peuvent être utilisés au contact du chlorure de baryum ou de ses vapeurs.

#### **BARYTE.**

Les solutions diluées de baryte forment sur l'aluminium une pellicule brune qui, à la température normale, tend à protéger le métal contre une action ultérieure. Les solutions plus concentrées attaquent le métal et rendent son application pratiquement impossible dans la plupart des cas.

## MÉTAUX TERREUX

---

### ALUMINIUM.

#### CHLORURE D'ALUMINIUM.

Le chlorure d'aluminium sec peut être manipulé ou transporté dans des récipients en aluminium. Le sel humide ou en solution attaque l'aluminium d'autant plus que la concentration en acide chlorhydrique libre et la température sont plus élevées.

#### SULFATE D'ALUMINIUM.

Si les solutions de sulfate d'aluminium ont une réaction acide, il se fait une hydrolyse et le métal est attaqué par l'acide sulfurique libre formé. L'attaque est plus importante à chaud qu'à froid. Les procédés de protection n'empêchent pas l'attaque, et l'aluminium ne peut par suite pas être utilisé au contact du sulfate acide.

Par contre les solutions de sel basique n'ont pas d'action sur l'aluminium quelles que soient la concentration et la température.

#### ALUN DE POTASSIUM (sulfate double d'aluminium et de potassium).

L'action des solutions diluées d'alun de potasse est un peu plus faible que celle des solutions d'alun de chrome (voir page 45).

#### NITRATE D'ALUMINIUM.

Les solutions même saturées de nitrate d'aluminium, n'ont pratiquement aucune action sur le métal. En présence d'acide nitrique libre et en élevant la température une attaque se produit.

#### FORMIATE D'ALUMINIUM.

Le formiate d'aluminium ne provoque aucune attaque de l'aluminium, aussi ce métal est-il utilisé avec satisfaction dans les appareils de fabrication du formiate d'aluminium.

## MÉTAUX LOURDS

---

La tenue de l'aluminium au contact des solutions salines de métaux lourds dépend de la différence de potentiel entre le métal léger et le métal du sel en contact. Cette différence étant presque toujours assez élevée, l'aluminium subit une attaque et en général, cette attaque croît avec la température. Les sels oxygénés ont moins tendance à attaquer le métal, mais cependant si les solutions contiennent ou peuvent libérer un acide, l'attaque a lieu aussitôt. Dans de très nombreux cas toutefois, il est possible de diminuer l'attaque au moyen de recouvrements appropriés.

### CUIVRE.

#### SELS DE CUIVRE.

L'aluminium ne résiste pas aux solutions de sulfate et autres sels de cuivre même très étendues. Il y a dépôt de cuivre sur l'aluminium qui donne naissance à des couples électrolytiques provoquant une attaque par points du métal.

Pour le sulfate, et jusqu'à une concentration d'environ 5 %, le recouvrement M.B.V. assure une protection satisfaisante à condition que la couche formée soit imprégnée d'une graisse.

Lorsque la solution de sulfate de cuivre est additionnée de chaux, l'action sur l'aluminium est diminuée par suite de la formation sur le métal d'une croûte adhérente (voir bouillie bordelaise page 97).

### ARGENT.

#### SELS D'ARGENT.

Les sels d'argent ont sur l'aluminium une action analogue à celle des sels de cuivre.

### ZINC.

#### CHLORURE DE ZINC.

Au contact des solutions de chlorure de zinc même diluées, l'aluminium s'attaque par points et davantage à chaud qu'à froid. Jusqu'à une concentration d'environ 5 %, l'attaque peut être diminuée par un traitement au procédé M.B.V. ; mais l'aluminium ne peut néanmoins pas être

considéré comme résistant aux solutions de chlorure de zinc.

#### **OXYDE DE ZINC.**

Aucune réaction ne se produit entre l'aluminium et l'oxyde de zinc sec, même à haute température. En présence d'humidité une attaque peut se faire, surtout si l'oxyde contient des impuretés.

#### **SULFATE DE ZINC.**

Bien que l'aluminium soit un peu attaqué au contact des solutions de sulfate de zinc, des tôles en aluminium sont utilisées comme cathodes depuis des années dans l'électrolyse du zinc et le métal se comporte mieux que les autres matériaux utilisables.

### **MERCURE.**

#### **MERCURE ET SES SELS.**

L'action du mercure et de ses sels sur l'aluminium et ses alliages, est particulièrement puissante. La corrosion peut être de deux sortes :

a) Corrosion électrolytique. — Il y a formation d'un couple électrolytique et attaque de l'aluminium et de ses alliages, quels qu'ils soient, lorsque le mercure (métal lourd) se trouve au contact de l'aluminium en présence d'un électrolyte. Il y a donc lieu d'éviter de placer du mercure ou un sel de mercure en solution capable de se décomposer au contact de l'aluminium pour donner du mercure métallique, dans des récipients en aluminium. Il y a lieu notamment d'éviter l'emploi de thermomètres à mercure dans le matériel en aluminium.

b) Corrosion par oxydation. — Il y a une corrosion par oxydation toutes les fois que l'aluminium et le mercure forment un amalgame. Cet amalgame se fait lorsqu'on frotte sur l'aluminium un peu de mercure en présence de l'humidité de l'air, ou lorsqu'on dépose sur l'aluminium une goutte d'une solution d'un sel de mercure. L'amalgame se forme d'autant plus rapidement que l'aluminium est plus pur. Il se forme également avec les alliages au magnésium,

moins rapidement avec ceux au manganèse, et pratiquement pas avec les alliages au cuivre, restant sous-entendu que l'action de la solution de sel de mercure n'est pas prolongée. En chauffant le métal amalgamé de façon à distiller tout le mercure, ou encore en frottant la place attaquée avec une solution à 10 % de bichromate de potassium, on empêche la corrosion de se poursuivre.

#### **FULMINATE DE MERCURE.**

Le fulminate de mercure comme les sels inorganiques de ce métal, attaque rapidement l'aluminium, surtout en présence d'humidité.

#### **ÉTAIN.**

##### **CHLORURE D'ÉTAIN.**

L'aluminium ne doit pas être utilisé au contact des solutions de chlorure d'étain.

#### **PLOMB.**

##### **NITRATE DE PLOMB.**

Au contact des solutions de nitrate de plomb l'aluminium est très attaqué, surtout en présence d'acide nitrique libre ou de faibles quantités de nitrate de fer ou de bismuth. Cette attaque prenant toujours la forme de piqûres, l'emploi de l'aluminium doit être proscrit.

##### **ARSÉNIATE DE PLOMB.**

Les solutions très diluées d'arséniate de plomb n'attaquent pas sensiblement l'aluminium, il se forme à la surface du métal une croûte blanche épaisse qui le protège.

##### **SOUS-ACÉTATE DE PLOMB (sel de Saturne).**

L'action du sous-acétate de plomb est analogue à celle du nitrate.

#### **CHROME.**

##### **OXYDE DE CHROME.**

L'aluminium par suite de sa bonne résistance, est couramment utilisé pour les appareils servant à la dessiccation de l'oxyde de chrome.

### **ACIDE CHROMIQUE.**

Les solutions d'acide chromique attaquent l'aluminium à toutes les concentrations. L'attaque est plus rapide à chaud, surtout avec les solutions concentrées. Les pellicules protectrices sont dissoutes au contact de l'acide chromique.

Il est intéressant de noter, cependant, que l'aluminium est utilisé couramment comme cathode dans des bains d'acide chromique pour l'oxydation anodique (procédé Bengough, etc...), l'action corrosive étant annihilée par la formation d'un film d'hydrogène.

### **FER.**

#### **CHLORURE FERRIQUE.**

Le chlorure ferrique attaque l'aluminium quelle que soit la concentration de la solution.

#### **SULFATE DE FER.**

L'attaque de l'aluminium par les solutions saturées de sulfate ferreux est faible, de sorte que ce métal peut être utilisé pour les appareils destinés à la garde du sulfate de fer et au sulfatage des arbres fruitiers (voir page 97).

A température élevée, le sulfate ferreux s'oxyde et se transforme en sulfate ferrique, qui attaque l'aluminium.

#### **ROUILLE.**

L'aluminium est attaqué par les eaux contenant de l'oxyde de fer en présence d'oxygène. Dans un circuit fermé, l'attaque de l'aluminium n'est pas à craindre, même en présence de quantités importantes de rouille, car il n'y a pas de renouvellement d'oxygène. Le film produit par le procédé M.B.V. semble améliorer la résistance du métal.

## PARTIE ORGANIQUE

---

### COMPOSÉS ACYCLIQUES OU SÉRIE GRASSE

---

#### CARBURES D'HYDROGÈNE.

Les carbures d'hydrogène saturés ou non saturés, n'ont aucune action sur l'aluminium. L'emploi de l'aluminium au contact de ces produits peut donc, en général, être envisagé sans inconvénient.

#### PÉTROLE BRUT.

Les pétroles (persans, roumains, russes, américains, etc...) n'attaquent pas l'aluminium qui se montre très supérieur à la plupart des autres métaux et alliages, en particulier au fer et au cuivre, grâce à son excellente résistance à l'action des produits sulfureux. L'aluminium et ses alliages sont employés dans la construction des appareils utilisés dans l'industrie du pétrole : tanks de garde des huiles brutes ou raffinées ayant des teneurs élevées en composés sulfureux, appareils de garde des produits gazeux naturels, etc...

#### PRODUITS DE DISTILLATION DU PÉTROLE.

L'essence, l'huile lampante et l'huile lourde sont sans action sur l'aluminium, même à haute température. L'addition de plomb tétraéthyle aux essences n'entraîne aucune action sur l'aluminium. On sait que l'on ajoute souvent du plomb tétraéthyle aux carburants pour empêcher l'auto-allumage.

#### PARAFFINE.

Les paraffines pures à froid ou fondues n'attaquent pas l'aluminium. Les impuretés qu'elles peuvent contenir sont en général des produits sulfureux ou des acides organiques faibles qui n'ont pas d'action sur l'aluminium.

Les appareils destinés à la fusion et à la purification des paraffines sont construits depuis des années en aluminium et donnent les meilleurs résultats.

## CÉRÉSINE (cire raffinée).

La cérésine n'a aucune action sur l'aluminium et le traitement de ce produit est couramment effectué dans des appareils en métal léger.

## ACÉTYLÈNE.

L'acétylène sec n'attaque pas l'aluminium.

## ALCOOLS.

L'action des alcools sur l'aluminium est fonction de leur poids moléculaire. L'expérience a montré que plus le poids moléculaire est élevé, plus faible est l'action de l'alcool sur l'aluminium. L'alcool méthylique qui possède le poids moléculaire le plus bas, n'a sur l'aluminium qu'une action pratiquement insignifiante, il s'ensuit que les alcools supérieurs n'auront plus d'action du tout ou une action pratiquement négligeable.

Il y a cependant lieu de noter que si les alcools sont amenés à un degré de dessiccation suffisamment élevé, par exemple, s'ils ne tiennent plus que des quantités d'eau de l'ordre de 0,01 0/0, quantités bien inférieures à celles que contiennent normalement les alcools dits absolus du commerce, ces produits ainsi déshydratés attaquent violemment l'aluminium; l'attaque n'est en général arrêtée que lorsque de l'eau est à nouveau introduite dans l'alcool. Il est bon d'ajouter que dans les appareils industriels les cas où l'alcool peut être amené à un tel degré de dessiccation sont rares et qu'il est d'autre part facile d'y remédier. Il semble que dans les mêmes conditions les alliages d'aluminium et de silicium aient une tenue meilleure que celle de l'aluminium pur.

Il est bien entendu que dans les paragraphes qui suivent, relatifs aux différents alcools, la mention " Alcool absolu " se rapporte au produit du commerce, et nullement au produit ayant subi une dessiccation poussée au millième ou davantage. De même l'indication que certains alcools, à points d'ébullition supérieurs à 100° n'attaquent pas l'aluminium à ces températures, n'implique nullement que dans ces conditions, l'alcool se trouve débarrassé des traces d'eau qui suffisent à empêcher son action sur l'aluminium.

Les impuretés que peuvent contenir les alcools peuvent modifier dans une grande mesure leur action sur l'aluminium. Il y a donc lieu de tenir compte de l'origine et du mode de fabrication des alcools qui sont susceptibles d'influer sur leur pureté.

## ALCOOLS MÉTHYLIQUE ET ÉTHYLIQUE.

a) **Alcools absolus.** — Vis-à-vis de l'aluminium les alcools méthylique et éthylique absolus du commerce sont absolument inactifs.

b) **Alcools aqueux.** — L'action des alcools aqueux dépend de la dilution. Entre 2 et 75 % d'alcool par exemple, l'action sur le métal ne se produit que très lentement, et ce n'est qu'après plusieurs mois de contact que l'on peut noter une légère attaque par points de l'aluminium avec une formation graduelle extrêmement faible de flocons d'alumine. C'est avec 20 % d'alcool que l'action est la plus faible, et à 75 % d'alcool qu'elle atteint le maximum, elle est d'ailleurs toujours un peu plus accentuée avec l'alcool méthylique qu'avec l'alcool éthylique. Au delà d'une teneur en alcool de 75 %, l'action sur l'aluminium tend à diminuer pour devenir nulle lorsqu'il n'y a presque plus d'eau en présence (alcool absolu du commerce). Les deux alcools se comportent de la même manière.

Suivant l'origine de l'alcool ou les produits employés pour la dénaturation par exemple, les attaques de l'aluminium sont différentes ; l'alcool de mélasse et l'alcool de cellulose donnent des attaques plus prononcées, tout en restant assez faibles.

Les dépôts d'oxyde obtenus par les procédés de recouvrement anodique, ainsi que par le procédé M.B.V., assurent une protection efficace, et empêchent toute modification du goût lorsqu'il s'agit d'alcools destinés à la consommation.

c) **Mélanges.** — Avec les mélanges d'alcools méthylique et éthylique, l'action sur l'aluminium est d'autant plus faible que la teneur en alcool éthylique est plus élevée.

Dans les mélanges d'alcool et de benzène utilisés comme combustibles, l'aluminium et ses alliages ont une résistance supérieure à celle des autres métaux usuels. Des essais ont été effectués en présence d'air, avec et sans combustion du mélange, et ont confirmé ce qui vient d'être indiqué ci-dessus. Toutefois, dans tous ces essais les mélanges étaient faits avec des alcools absolus. En présence d'eau, les phénomènes sont les mêmes que dans le cas des alcools aqueux envisagés séparément ; mais dans de tels cas un recouvrement par le procédé M.B.V. ou anodique empêche toute action sur l'aluminium.

### ALCOOL PROPYLIQUE.

L'alcool propylique n'a aucune action sur l'aluminium, aussi bien à froid qu'à l'ébullition (97°).

### ALCOOL BUTYLIQUE.

L'alcool butylique n'attaque pas l'aluminium, ni à la température ordinaire, ni à la température d'ébullition (117°).

### ALCOOL AMYLIQUE.

L'aluminium n'est pas attaqué par l'alcool amylique à froid, il ne subit non plus aucune altération à l'ébullition (130°).

## ÉTHERS OXYDES.

### ETHER SULFURIQUE (ou éthylique ou oxyde d'éthyle).

L'aluminium n'est pas attaqué par l'éther quelle que soit la température.

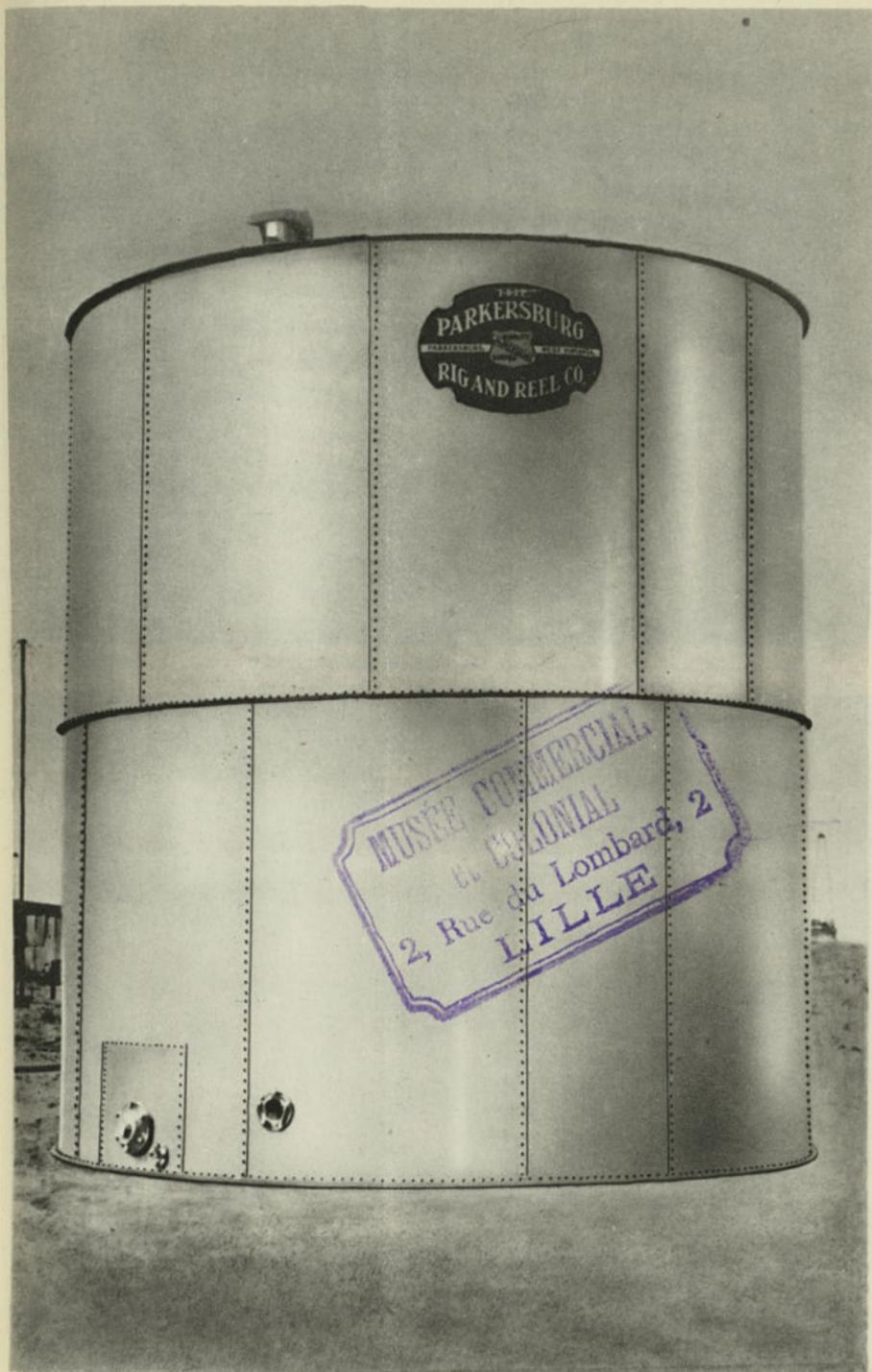
En présence de traces d'acides, une attaque de l'aluminium peut se produire, elle est fonction de la quantité d'acide libre.

## BASES AZOTÉES.

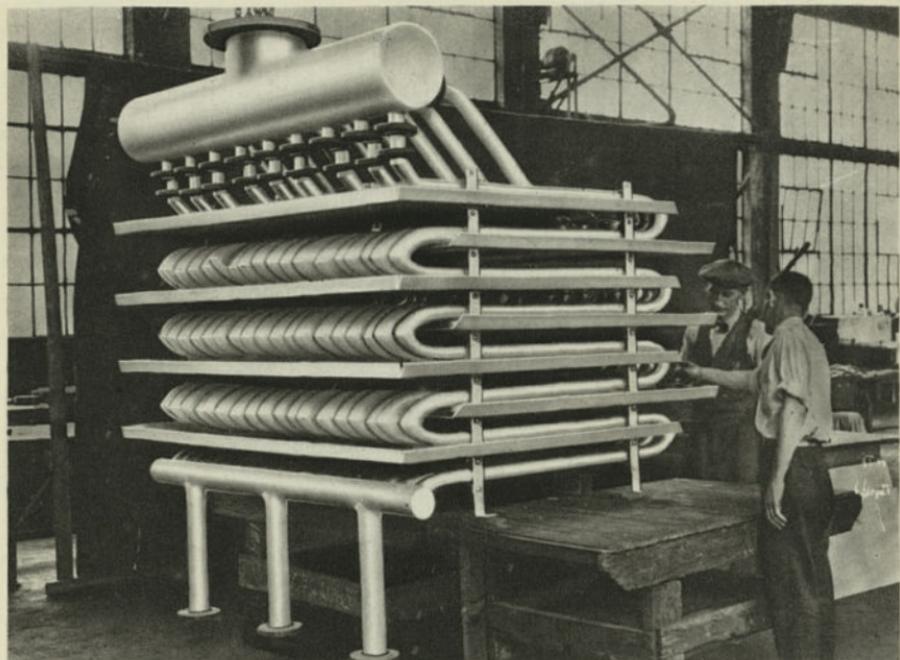
Les bases azotées des radicaux alcooliques, ou amines, ont des propriétés qui les rapprochent beaucoup de l'ammoniaque, elles sont même plus fortement basiques. Leur basicité augmente avec le nombre d'atomes qu'elles contiennent; Il s'ensuit qu'à priori, l'action des amines sera sensiblement analogue à celle de l'ammoniaque et des bases inorganiques, les amines primaires devant attaquer moins le métal que les amines secondaires, qui à leur tour seront moins agressives que les amines tertiaires ou quaternaires. On sait qu'au contact de l'ammoniaque il se forme une couche adhérente protectrice sur l'aluminium qui évite toute attaque du métal. L'expérience a montré que cette pellicule protectrice se formait également avec les amines primaires. Tant qu'aucun élément (base inorganique forte ou sel halogéné par exemple) ne viendra détruire cette couche, le métal sera donc protégé. Les essais qui ont été effectués n'ayant pas jusqu'ici porté sur les amines secondaires, tertiaires et quaternaires, il y a lieu de vérifier dans chaque cas particulier si l'hypothèse d'une action semblable à celle de l'ammoniaque est bien exacte.

### MÉTHYLAMINE.

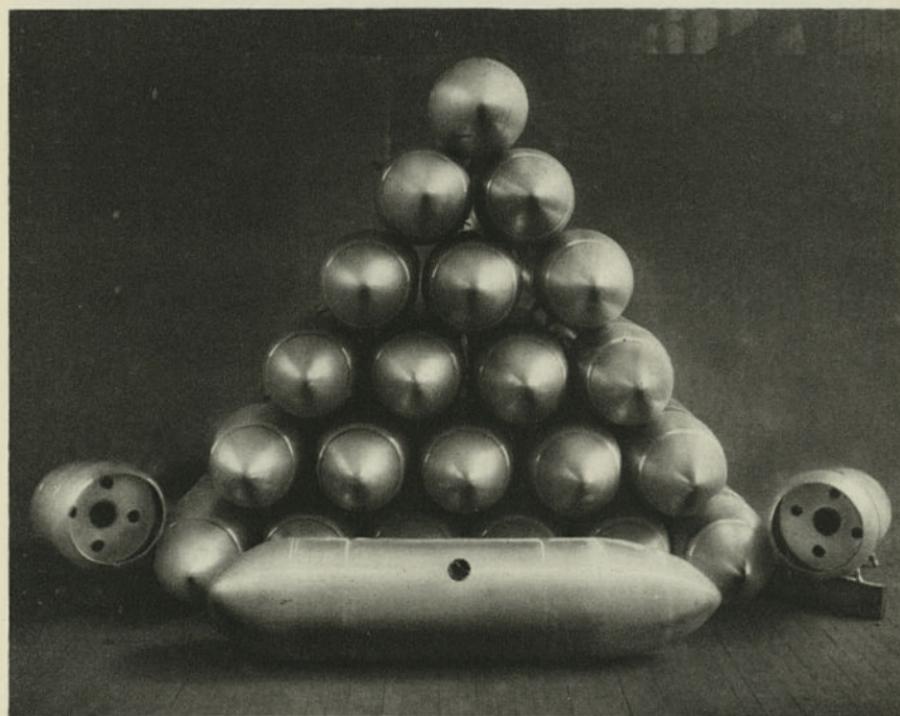
L'action sur l'aluminium d'une solution aqueuse à 25 % de méthylamine est très faible à la température ordinaire,



Tank en aluminium pour le pétrole.



Serpentin de chauffage en aluminium.



Réservoirs d'essence pour dirigeables.

le métal se recouvre d'une pellicule grise adhérente et régulière. En augmentant la température et en prolongeant la durée du contact, aucune nouvelle attaque ne se produit.

## ACIDES GRAS.

La tenue de l'aluminium aux acides gras à faible poids moléculaire (acides formique, acétique, propionique, butyrique, valérique) est définie dans les paragraphes qui suivent. D'une manière générale, cette action dépend de la quantité d'eau en présence, elle est extrêmement faible lorsque les acides ne contiennent que des traces d'eau.

Cependant, si l'on amène les acides à un degré de déshydratation très élevé, dépassant celui qui peut être normalement obtenu dans les conditions industrielles, l'attaque de l'aluminium devient très violente, surtout aux températures élevées. On supprime l'attaque en introduisant de l'eau dans l'acide déshydraté. L'action des solutions aqueuses dépend de leur dilution.

### ACIDE FORMIQUE.

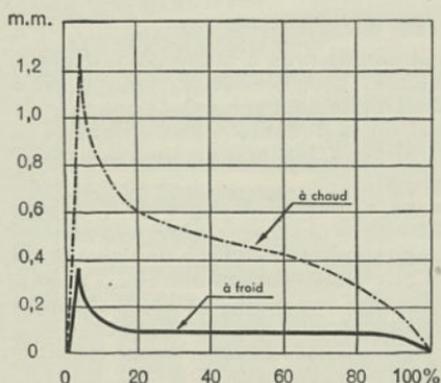
A froid, les solutions étendues d'acide formique attaquent l'aluminium en donnant des piqûres d'aspect caractéristique ressemblant à des trous de vers. L'attaque augmente d'abord lentement avec la concentration, jusqu'à une concentration d'environ 20 %, puis reste sensiblement indépendante de la concentration jusqu'à 95 % d'acide formique. A une concentration encore plus élevée, il se forme sur l'aluminium une croûte superficielle qui provoque une augmentation de poids du métal et une assez bonne protection.

A la température de 50°, les phénomènes se présentent d'une façon différente. L'attaque est plus forte et augmente rapidement jusqu'à une concentration de 20 à 30 %. Pour de plus fortes concentrations, si le contact est prolongé, il se forme une pellicule protectrice qui augmente le poids du métal.

Le traitement au procédé M.B.V. n'assure pas de protection, car la couche d'oxyde formée est dissoute par l'acide formique. L'aluminium ne peut donc être utilisé au contact de l'acide formique que dans des cas particuliers (par exemple dans l'industrie du caoutchouc, voir p. 117).

## ACIDE ACÉTIQUE.

L'action de l'acide acétique sur l'aluminium est indiquée sur la courbe ci-jointe. L'examen de cette courbe montre que :



Profondeur d'attaque en mm. par mois, en fonction de la concentration de l'acide acétique.

a) Entre 10 et 80 % d'acide, l'attaque est à peu près indépendante de la concentration ;

b) Au delà de 80 %, l'attaque diminue quand la concentration augmente, pour devenir pratiquement nulle avec l'acide glacial (99,95 %).

A chaud, l'action de l'acide acétique est différente. Pour des concentrations comprises entre 95 % et zéro,

l'attaque de l'aluminium est d'autant plus grande que l'acide est plus dilué. Entre 95 et 99,9 %, l'attaque devient négligeable. Au delà de 99,9% d'acide, l'attaque de l'aluminium devient très violente, et d'après les essais de différents auteurs, l'acide anhydre 100 % attaquerait 100 fois plus l'aluminium que l'acide titrant 99,5 %.

L'addition de chlorure de sodium à l'acide acétique augmente l'attaque ; le bromure de potassium n'a pas d'influence à froid mais accélère l'attaque à chaud. Le sulfate de potassium se comporte comme le bromure. L'iodure et le nitrate de potassium n'ont aucune action.

Les recouvrements anodiques sont dissous par l'acide acétique. Les couches obtenues par le procédé M.B.V. par contre, résistent bien tant à l'acide glacial qu'à l'acide dilué.

Dans la fabrication de l'acide acétique, l'aluminium trouve de nombreux emplois (voir page 108). Si le mercure est utilisé comme catalyseur en cours de fabrication de graves attaques

des appareils en aluminium peuvent se produire, elles proviennent des traces de mercure restées dans l'acide. Dans l'industrie de la soie à l'acétate de cellulose, on utilise des appareils d'acétylation en aluminium qui reçoivent à la fois l'anhydride et l'acide acétique, sans que la faible portion d'acide sulfurique ajoutée au mélange exerce d'action corrosive sur le métal.

#### **ACIDE PROPIONIQUE.**

L'action de l'acide propionique sur l'aluminium est analogue à celle de l'acide acétique.

#### **ACIDE BUTYRIQUE.**

Les solutions aqueuses d'acide butyrique attaquent l'aluminium d'autant plus que la concentration et la température sont plus élevées. L'acide anhydre réagit instantanément sur le métal.

#### **ACIDE VALÉRIQUE.**

A froid et jusqu'à une concentration d'environ 50 %, l'acide valérique n'attaque que fort peu l'aluminium. L'action est la même à chaud. Ce sont les solutions à 50 % qui donnent l'attaque la plus élevée.

#### **ACIDES GRAS SUPÉRIEURS** (acides oléique, margarique, palmitique, stéarique).

L'action des acides gras à poids moléculaires élevés sur l'aluminium, est caractérisé par les faits suivants :

a) Jusqu'au voisinage du point d'ébullition et dans les conditions normales d'emploi, l'aluminium n'est pas attaqué, quelle que soit la durée du contact ;

b) Une déshydratation pratiquement totale des acides conduit à une attaque violente de l'aluminium. L'attaque est empêchée en présence de traces d'eau ;

c) L'attaque n'est pas régulière mais se produit sous forme de piqûres et peut conduire à des perforations locales des appareils.

Il semble que les alliages d'aluminium et de silicium aient une tenue supérieure à celle de l'aluminium en présence des acides à températures élevées.

Aux températures normales d'utilisation, les applications de l'aluminium dans l'industrie des acides gras sont très nombreuses (voir pages 113 et 122).

## ÉTHERS DES ACIDES GRAS.

Les éthers des acides gras sont des liquides neutres à odeur agréable, qui sont utilisés dans l'industrie comme essences de fruits. Ils sont en général sans aucune action sur l'aluminium.

### ETHER ACÉTIQUE (acétate d'éthyle).

L'aluminium pur est légèrement attaqué par l'éther acétique bouillant. La solution aqueuse attaque davantage. Cependant, les pertes de poids observées restent faibles et n'entraînent pas de diminution notable des caractéristiques mécaniques du métal.

En présence de faibles quantités d'acide (acide acétique ou acide sulfurique) l'attaque n'augmente pas sensiblement.

### ACÉTATE DE BUTYLE.

L'aluminium n'est pas attaqué par l'acétate de butyle à la température ordinaire.

### ACÉTATE D'AMYLE.

L'acétate d'amyle exempt d'eau, les solutions d'acétate d'amyle dans la benzine, ainsi que les mélanges d'acétate d'amyle et d'eau, n'ont aucune action sur l'aluminium à la température ordinaire. L'aspect du métal n'est pas modifié.

### OXALATE D'ÉTHYLE (ou éther oxalique ou éther éthyloxalique).

L'aluminium n'est pas attaqué par l'oxalate d'éthyle, ni à la température ordinaire, ni à l'ébullition.

## ALDÉHYDES.

Les aldéhydes de la série grasse sont en général sans action sur l'aluminium lorsqu'elles sont pures. Ce sont des corps qui

s'oxydent facilement et se transforment en acides du même nombre d'atomes de carbone. Suivant la nature et la concentration de l'acide libéré par l'oxydation de l'aldéhyde, l'aluminium peut subir une attaque plus ou moins importante.

#### **FORMALDÉHYDE** (aldéhyde formique, formol, méthanal).

Les solutions aqueuses normales d'aldéhyde formique (40% : formol) ainsi que les solutions plus diluées n'ont pratiquement pas d'action sur l'aluminium à froid. Lorsqu'on élève la température, une légère attaque se produit, qui peut devenir importante s'il y a de l'acide formique libre dans la solution. Dans de tels cas, l'aluminium ne peut pas être considéré comme résistant. Une teneur de 0,2 à 0,4 % d'acide formique est dangereuse, même à froid.

Pour le transport de la formaldéhyde, même sur de très longs parcours, nécessitant un contact prolongé avec le métal, l'aluminium donne toute satisfaction en pratique.

#### **ALDÉHYDE ACÉTIQUE** (aldéhyde ordinaire, acétaldéhyde éthanal).

L'aluminium pur n'est pratiquement pas attaqué, ni à la température ordinaire, ni à l'ébullition, par l'aldéhyde acétique chimiquement pure. Les vapeurs d'aldéhyde contenant de l'eau n'ont pas d'action sur l'aluminium.

On utilise depuis longtemps avec toute satisfaction, des tuyauteries et des réfrigérants en aluminium au contact d'aldéhyde concentrée.

#### **PARALDÉHYDE.**

La paraldéhyde n'a pas d'action sur l'aluminium. Il n'y a pas non plus d'attaque même en présence de petites quantités d'acide acétique ou sulfurique.

#### **MÉTALDÉHYDE.**

La métaldéhyde n'a aucune action sur l'aluminium.

#### **ALDÉHYDE CROTONIQUE.**

L'aldéhyde crotonique n'a aucune action sur l'aluminium, ni à froid, ni à la température d'ébullition (104°). A froid l'aldéhyde conserve sa couleur jaune d'or. A chaud le liquide fonce et laisse déposer des flocons bruns.

## CÉTONES.

### ACÉTONE.

L'aluminium pur titrant 99,5-99,8 % n'est pas attaqué, ni à chaud, ni à froid, par l'acétone. Par contre, le métal ne titrant que 99 % est attaqué par l'acétone bouillant.

### SULFONAL.

Le sulfonal n'a pas d'action sur l'aluminium.

## COMBINAISONS HALOGÈNÉES DES HYDROCARBURES.

La tenue de l'aluminium et de ses alliages aux composés halogénés des hydrocarbures est avant tout fonction de l'halogène combiné. Comme on l'a déjà indiqué dans le chapitre concernant les composés inorganiques, les halogènes attaquent d'autant moins le métal que leur poids moléculaire est plus élevé. Il s'ensuit que les composés chlorés attaqueront plus que les composés bromés, qui à leur tour donneront une attaque plus grande que les composés iodés. L'attaque sera de plus fonction du nombre d'atomes d'halogène substitués et différente suivant que la substitution a lieu sur un carbure saturé ou non saturé. En règle générale, la température et dans certaines conditions la quantité d'eau en présence, auront une influence importante.

### CHLORURE D'ÉTHYLE.

Le chlorure d'éthyle n'a aucune action sur l'aluminium.

Cependant, si par hydrolyse il se forme de l'acide chlorhydrique, une attaque du métal peut avoir lieu.

### CHLORURE D'ÉTHYLÈNE.

Les vapeurs de chlorure d'éthylène n'ont aucune action sur l'aluminium, mais ce qui a été dit ci-dessus pour le chlorure d'éthyle reste valable pour le chlorure d'éthylène.

### DICHLORÉTHYLÈNE.

Le dichloréthylène n'a aucune action sur l'aluminium, même à la température d'ébullition (55°).

### TRICHLORÉTHYLÈNE ET PERCHLORÉTHYLÈNE.

Le trichloréthylène anhydre n'attaque pas l'aluminium, ni à la température ordinaire, ni vers 60-70°. La tenue de l'aluminium est la même au contact du liquide et au contact

des vapeurs, à ces températures. Aux températures plus élevées, une attaque peut avoir lieu mais elle reste toujours faible.

En présence d'eau, la formation d'acide chlorhydrique entraîne une attaque de l'aluminium. Cette attaque dépend évidemment de la quantité d'acide chlorhydrique en présence.

Le perchloréthylène à sensiblement la même action que trichloréthylène.

#### **CHLOROFORME.**

Le chloroforme n'a pratiquement aucune action sur l'aluminium, aussi bien à la température ordinaire qu'à la température d'ébullition, dans les conditions normales d'emploi.

#### **TÉTACHLORURE DE CARBONE.**

Le tétrachlorure de carbone peut dans certains cas se décomposer en provoquant une attaque importante de l'aluminium. Il y a donc lieu de n'utiliser l'aluminium en présence de ce produit que dans des conditions telles qu'il ne puisse y avoir décomposition.

#### **BROMURE D'ÉTHYLÈNE.**

Le bromure d'éthylène anhydre n'a aucune action sur l'aluminium à froid, quelle que soit la concentration. A l'ébullition et surtout en présence de traces d'eau, l'attaque du métal est rapide.

#### **BROMOFORME.**

Le bromoforme n'a aucune action sur l'aluminium grâce à la protection qu'assure la mince pellicule d'oxyde qui recouvre normalement le métal. Si au cours des opérations cette pellicule peut être partiellement détruite par une action mécanique par exemple, l'attaque du métal est instantanée. La résistance chimique de l'aluminium peut donc être très notablement augmentée si le métal est recouvert d'une couche d'oxyde produite artificiellement par voie chimique ou de préférence par voie électrolytique.

### **IODOFORME.**

La pellicule protectrice d'oxyde qui recouvre normalement l'aluminium suffit à empêcher toute attaque de ce métal par l'iodoforme.

### **ALCOOLS POLYVALENTS.**

#### **ÉTHYLGLYCOL** (monoéthyléther du glycol).

L'éthylglycol n'a aucune action sur l'aluminium et ses alliages.

#### **GLYCÉRINE.**

La glycérine pure ou en solution aqueuse n'attaque pas l'aluminium, ni à froid, ni à la température d'ébullition. A froid le métal prend un aspect mat, à chaud il se recouvre d'une pellicule irisée. La glycérine reste incolore au contact de l'aluminium.

#### **NITROGLYCÉRINE.**

L'aluminium ne subit aucune modification au contact de la nitroglycérine.

#### **MANNITE.**

La mannite est sans action sur l'aluminium.

### **ACIDES DÉRIVÉS DES ALCOOLS POLYVALENTS.**

A température ordinaire l'attaque de l'aluminium par les polyacides, les oxyacides et les acides alcools est très faible et sensiblement indépendante de la concentration ; à température plus élevée, l'importance de l'attaque augmente avec la température. La présence de colloïdes ou de matières grasses modifie l'allure de l'attaque.

L'action de l'acide lactique par exemple est retardée en présence de lait.

L'action des jus de fruits peut être différente de celle des acides qu'ils contiennent.

Dans certains cas une couche d'oxyde obtenue par le procédé MBV ou par un procédé anodique empêche l'attaque du métal.

#### **ACIDE OXALIQUE.**

A la température ordinaire, les solutions d'acide oxalique même saturées n'ont qu'une faible action sur l'aluminium ; à température élevée par contre, l'attaque du métal est beaucoup plus importante.

#### **ACIDE SUCCINIQUE.**

L'attaque de l'aluminium à froid ou à 100° par les solutions même saturées d'acide succinique est peu importante.

#### **ACIDE LACTIQUE.**

A la température ordinaire l'attaque de l'aluminium par les solutions titrant 1, 5 et 10 % d'acide lactique est très faible et indépendante de la concentration. A 60-70° l'attaque est plus importante mais semble diminuer lorsque la concentration augmente. En présence de colloïdes ou de graisses l'action devient complètement nulle.

#### **ACIDE TARTRIQUE.**

L'action des solutions d'acide tartrique sur l'aluminium augmente avec la concentration aussi bien à froid qu'à chaud. L'attaque n'est vraiment faible que pour les solutions très étendues (inférieures à 3 %).

#### **ACIDE CITRIQUE.**

Les solutions d'acide citrique pur sont pratiquement sans action sur l'aluminium, quelle que soit leur concentration à la température ordinaire. A chaud les solutions concentrées donnent une attaque. Aucune protection n'est assurée par les différents procédés de recouvrement.

#### **ACIDE MALIQUE.**

L'action de l'acide malique sur l'aluminium est très faible à froid. A chaud, elle est un peu plus importante.

### **SUCRES.**

#### **GLUCOSE.**

Les solutions de glucose diluées ou concentrées sont sans action sur l'aluminium aussi bien à froid qu'à température élevée.

#### **LACTOSE.**

Le lactose pur n'a aucune action sur l'aluminium et surtout le métal n'entraîne aucune coloration du sucre, ce qui n'est pas le cas avec les autres métaux usuels (fer et cuivre).

Le sucre non raffiné, en raison de l'acide qu'il contient entraîne une forte attaque du métal et prohibe l'emploi d'aluminium au cours de sa fabrication.

## ALBUMINOÏDES.

### BLANC D'ŒUF.

Le blanc d'œuf n'a aucune action sur l'aluminium.

### GÉLATINE.

L'aluminium convient très bien pour les appareils de fabrication de la gélatine.

### COLLES.

L'action des colles sur l'aluminium dépend des produits qu'elles peuvent contenir éventuellement. Elles sont, en général, sans action si elles sont neutres, mais lorsqu'elles sont acides ou alcalines, ou le deviennent, elles sont susceptibles de produire sur l'aluminium des corrosions sous forme de piqûres.

De plus, certaines colles contiennent des produits qui attaquent nettement l'aluminium, par exemple l'acide chlorhydrique, ou même des sels de mercure. Enfin, les colles à la caséine sont souvent aseptisées, soit au moyen de formol, de phénol ou de caséinate de cuivre, ce dernier produit peut donner lieu à des corrosions du métal.

Il faut donc tenir compte de ces observations dans le choix des colles utilisées au contact de l'aluminium (collage de feuilles minces d'aluminium sur papier, carton, etc...), d'autant plus que la corrosion n'apparaît pas forcément très vite et peut ne se manifester qu'un certain temps après que les objets sont déjà livrés dans le commerce. Il existe, toutefois, des qualités de colle qui conviennent parfaitement à l'aluminium, les nombreuses applications du « papier d'aluminium » (couverture de revues, livres, emballages divers, etc...) en sont la meilleure preuve (voir chapitre des emballages, page 130).

## HYDRATES DE CARBONE.

### CELLULOSE.

La cellulose n'a pas d'action sur l'aluminium. Les vernis celluloseux sont très utilisés pour la protection de l'aluminium et de ses alliages.

### NITROCELLULOSE.

La nitrocellulose n'a pas d'action sur l'aluminium. Ce métal trouve des applications dans la fabrication de la nitrocellulose, en particulier les couvercles des cuves de lavage de la nitrocellulose sont couramment réalisés en alliage léger. Les vernis à base de nitrocellulose servent à la peinture de l'aluminium et de ses alliages.

---

## COMPOSÉS CYCLIQUES OU SÉRIE AROMATIQUE

---

## CARBURES BENZÉNIQUES.

### BENZÈNE.

Le benzène, les essences légères, lourdes, etc., ainsi que les mélanges de benzène et d'alcool absolu dans les proportions de 10 à 20 % d'alcool, n'ont aucune action sur l'aluminium (voir alcool page 63).

L'aluminium et ses alliages sont utilisés dans la construction des appareils de fabrication, des tanks de garde, des wagons de transport, etc...du benzène et des essences.

### TOLUÈNE.

Le toluène n'a aucune action sur l'aluminium.

## COMPOSÉS AMINÉS.

Les bases aromatiques sont en général plus faibles que celles de la série grasse. Leur action sur l'aluminium est à peu près analogue à celle des bases de la série grasse. A froid l'attaque du métal est insignifiante. A chaud elle est plus importante. Les sels des bases aromatiques ont sur l'aluminium la même action que l'acide auquel elles sont combinées.

### **ANILINE.**

L'aniline n'a pas d'action sur l'aluminium a température ordinaire. Au voisinage du point d'ébullition, le métal s'attaque violemment, surtout si les conditions permettent une déshydratation très poussée du produit.

### **CHLORURE D'ANILINE.**

Le chlorure d'aniline a sur l'aluminium, une action corrosive qui est aussi importante que celle de l'acide chlorhydrique.

### **SULFATE D'ANILINE.**

A froid on note une faible attaque de l'aluminium au contact du sulfate d'aniline.

### **ACÉTANILIDE.**

L'aluminium pur n'est pas attaqué par l'acétanilide, ni à la température ordinaire, ni à température élevée.

## **PHÉNOLS.**

Les phénols possèdent les propriétés des acides faibles. Ils n'ont pratiquement pas d'action sur l'aluminium à la température ordinaire. Leurs solutions aqueuses n'ont en général qu'une action faible même aux températures assez élevées (60 à 80°). Anhydres, les phénols sont sans action à froid, mais à température élevée, ils attaquent violemment l'aluminium. Dès que l'on ajoute de l'eau, l'attaque cesse.

### **PHÉNOL** (acide carbolique, acide phénylique).

Les solutions alcooliques de phénol (jusqu'à 75 % de phénol), n'ont pas d'action sur l'aluminium à froid ; à 60-70°, le métal est légèrement attaqué. La perte de poids augmente avec la concentration jusqu'à une concentration de 50 % environ de phénol, puis diminue quand la concentration dépasse ce chiffre pour devenir presque nulle à 75 % de phénol et au-dessus.

A la température d'ébullition du phénol (181°) et en l'absence d'eau, une attaque de l'aluminium a lieu. L'attaque se présente sous forme de piqûres et pénètre profondément dans le métal.

En solution aqueuse et à température ordinaire, le phénol n'a pas d'action sur l'aluminium.

On utilise avec satisfaction des appareils en aluminium au contact de mélanges de phénol et de formaldéhyde chauffés jusqu'à 100°. Depuis des années on construit en aluminium des appareils servant à la manipulation du phénol.

#### **CRÉSOLS** (méthylphénols-crésylols).

Les crésols anhydres réagissent sur l'aluminium aux environs de 140°. Leur action est sensiblement analogue à celle des phénols.

#### **RÉSORCINE.**

La résorcine n'attaque pas l'aluminium, même à la température de l'ébullition (276°).

#### **HYDROQUINONE.**

L'hydroquinone n'a aucune action sur l'aluminium.

#### **TRIPHÉNOLS.**

Les triphénols (phloroglucine, pyrogallol, etc...) sont sans action sur l'aluminium.

#### **NITROPHÉNOLS.**

##### **ACIDE PICRIQUE** (trinitrophénol).

L'acide picrique pur peut sans inconvénient être fondu dans des appareils en aluminium. Par contre, l'aluminium ne peut pas trouver d'emploi au cours de la fabrication de l'acide picrique.

#### **ACIDES ET ESTERS AROMATIQUES.**

Les acides aromatiques n'ont généralement aucune action, ou seulement une action très faible, sur l'aluminium. L'action des esters dépend du radical.

##### **ACIDE BENZOÏQUE.**

On utilise avec satisfaction l'aluminium pour la construction des appareils servant à la sublimation de l'acide benzoïque. Il y a lieu de noter toutefois, que le métal doit avoir une très faible teneur en fer.

### **CHLORURE DE BENZOÏLE.**

A la température ordinaire le chlorure de benzoïle anhydre n'attaque pas l'aluminium pur. A l'ébullition le métal est très rapidement dissous.

En présence d'eau, l'attaque de l'aluminium a lieu dès la température ordinaire.

### **ACIDE PHTALIQUE.**

L'aluminium convient parfaitement pour la fabrication des appareils de cristallisation de l'acide phtalique.

### **ACIDE SALICYLIQUE.**

L'acide salicylique sec cristallisé ne réagit pas sur l'aluminium, mais en présence d'eau, le métal est attaqué.

### **ACIDE GALLIQUE.**

La diminution de poids subie par l'aluminium au contact de l'acide gallique est pratiquement nulle.

### **TANIN.**

Les solutions aqueuses de tanin n'ont pratiquement aucune action sur l'aluminium et ses alliages. Le tanin en solution n'est pas précipité au contact de l'aluminium.

## **ACIDES SULFO-AROMATIQUES.**

### **ACIDE PARATOLUÈNE SULFONIQUE.**

Les solutions aqueuses d'acide paratoluène sulfonique sont pratiquement sans action sur l'aluminium à température ordinaire. A chaud l'attaque devient importante et croît avec la concentration et la température. L'aluminium n'offre pas une résistance suffisante pour être utilisé en présence de ces produits.

## **TERPÈNES ET CAMPHRES.**

Ces produits qui se trouvent à la base de très nombreuses essences parfumées coûteuses, n'ont aucune action sur l'aluminium. Les sels d'aluminium étant incolores, les essences ne peuvent pas se colorer au contact du métal léger, ce qui explique les nombreuses applications de l'aluminium dans les appareils de rectification, de distillation et de transport des essences.

#### **ESSENCE DE TÉRÉBENTHINE.**

L'essence de térébenthine n'a aucune action sur l'aluminium, ni à froid, ni à chaud.

#### **MENTHOL.**

Le menthol n'a sur l'aluminium, qu'une action pratiquement insignifiante.

#### **CAMPBRE.**

L'aluminium n'est pas attaqué par le camphre, même à la température de fusion (175°).

#### **HUILE D'EUCALYPTUS.**

L'huile d'eucalyptus n'a pas d'action sur l'aluminium.

### **ALDÉHYDES ET CÉTONES AROMATIQUES.**

#### **ALDÉHYDE BENZOÏQUE** (benzaldéhyde).

Au contact de l'eau la benzaldéhyde attaque vivement l'aluminium. Dans les solutions éthérées il n'y a aucune attaque, même à la température d'ébullition de l'aldéhyde.

#### **CÉTONES.**

Les cétones n'ont pas d'action sur l'aluminium et ce métal est largement utilisé dans les appareils de distillation de ces produits.

### **RÉSINES.**

#### **COLOPHANE.**

La colophane n'attaque pas l'aluminium.

#### **GOMME LAQUE.**

La gomme laque n'a pas d'action sur l'aluminium.

#### **CAOUTCHOUC.**

Le caoutchouc n'a aucune action sur l'aluminium. On utilise les métaux légers dans l'industrie du caoutchouc, aussi bien pour les moules servant à couler les objets, que pour les appareils de vulcanisation (voir page 117).

## GRUPE DU FURFURANE.

### FURFUROL.

Ni à froid, ni à chaud, les solutions aqueuses de furfurol n'ont d'action sur l'aluminium.

## GRUPE DU PYRROL.

### INDOL.

L'indol n'a sur l'aluminium qu'une action pratiquement nulle.

### ISATINE.

L'action de l'isatine sur l'aluminium est extrêmement faible.

## ALCALOÏDES.

Un grand nombre d'alcaloïdes sont sans action sur l'aluminium, il s'ensuit que le métal peut être utilisé avec satisfaction pour les appareils de préparation, séchage, etc... des alcaloïdes. Il est bon cependant d'effectuer toujours des essais préliminaires avant d'utiliser le métal léger.

### NICOTINE ET SULFATE DE NICOTINE.

Au contact de la nicotine l'aluminium ne subit aucune modification. En présence du sulfate, la surface du métal prend un aspect mat.

## GRUPE DU NAPHTALÈNE.

### NAPHTALINE.

L'aluminium ne subit qu'une très légère attaque au contact de la naphthaline.

### TÉTRALINE (tétrahydronaphtaline).

La tétraline à l'ébullition n'a aucune action sur l'aluminium titrant 99,5 ou 99,8 %.

### NAPHTOLS.

Dans les conditions normales d'emploi les naphthols n'ont pas d'action sur l'aluminium. A température élevée, les naphthols ( $\alpha$  ou  $\beta$  naphthol) attaquent violemment l'aluminium,



Déflegmateur en aluminium.



Cuve en aluminium de grande capacité réalisée par soudure.

si la déshydratation de ces produits est pratiquement totale.

#### **NAPHTYLAMINE.**

La naphtylamine attaque l'aluminium.

### **GROUPE DE L'ANTHRACÈNE.**

#### **ANTHRACÈNE.**

L'anthracène n'a pratiquement pas d'action sur l'aluminium.

#### **ANTHRAQUINONE.**

L'antraquinone n'a aucune action sur l'aluminium.

#### **ACIDE ANTHRANILIQUE.**

L'acide anthranilique attaque l'aluminium.

### **MATIÈRES COLORANTES.**

Des essais très étendus qui ont porté sur près de 300 matières colorantes, choisies parmi celles qui sont couramment employées dans l'industrie de la teinture, ont permis de déterminer les cas dans lesquels l'aluminium pouvait être utilisé avec avantage en remplacement des autres matériaux usuels (bois, fer, ciment, acier, émail, etc...).

Les conclusions générales de cette étude sont les suivantes :

a) Dans le cas de la teinture par les colorants de cuve, la nécessité d'opérer en bain très alcalin entraîne une corrosion de l'aluminium.

b) La teinture des fibres animales en bain acide par les colorants acides se fait dans la plupart des cas d'une façon parfaite, mais le colorant lui-même ne conserve pas une stabilité suffisante pour que l'on puisse conseiller l'emploi de l'aluminium dans ce cas.

c) Avec les colorants basiques, d'ailleurs très peu utilisés dans la teinture courante, mais beaucoup plus en impression, l'aluminium ne modifie pas dans la plupart des cas la teinte du colorant, mais il y a lieu toutefois de renouveler les essais dans chaque cas.

d) La teinture des fibres cellulosiques, coton, lin et autres fibres végétales du même genre, ainsi que la teinture de toutes les soies artificielles cellulosiques, par les colorants directs, se fait d'une manière parfaite dans l'aluminium et le métal n'a aucune action sur le colorant.

Il ressort de ce qui précède que l'aluminium peut être utilisé non seulement pour les appareils de teinture des fibres végétales avec les colorants directs mais encore pour de nombreux appareils servant dans la fabrication des matières colorantes elles-mêmes.



## CHAPITRE VII

---

### TENUE DE L'ALUMINIUM AUX SUBSTANCES DIVERSES

---



On trouvera dans le présent chapitre des renseignements sur la tenue de l'aluminium au contact d'un certain nombre de produits ne répondant pas à une formule chimique définie et qu'il a été par suite impossible de faire figurer dans le chapitre précédent. Ces produits dont l'importance industrielle est parfois très grande sont en particulier des produits alimentaires (lait, bière, etc...) des produits de nettoyage et de désinfection, ou des composés plus ou moins complexes se rencontrant dans certaines industries telles que la tannerie, l'industrie de la soie artificielle, etc...

Bien que les résultats figurant dans ce qui suit proviennent pour la plupart d'applications sur une échelle industrielle, et aient de ce fait une excellente valeur indicative, il ne faut pas oublier qu'ils correspondent à des conditions d'utilisation bien déterminées et que des différences parfois minimes dans les procédés de fabrication (nature du produit, température, concentrations, etc...) sont susceptibles de modifier les résultats d'une façon très importante. Il sera donc prudent dans les cas douteux de consulter les producteurs d'aluminium qui possèdent une documentation importante qui n'a pu trouver place dans cette brochure et qui en l'absence de renseignements suffisants étudieront volontiers les problèmes que les utilisateurs voudront bien leur poser.

Dans de nombreux cas enfin, la protection du métal par oxydation anodique ou par voie chimique, peut permettre de résoudre d'une façon très favorable des problèmes

pour lesquels le métal nu ne convenait pas ; bien qu'assez récents, ces genres de protection sont actuellement parfaitement au point et il ne faut pas hésiter à profiter dans de nombreux cas, de la sécurité accrue qu'ils peuvent offrir au matériel en aluminium.

## PRODUITS ALIMENTAIRES

**SODA** (eau gazeuse artificielle).

Généralement l'aluminium résiste bien à l'action de l'eau gazeuse.

Des feuilles d'aluminium écroui et recuit ont été suspendues pendant 40 jours dans des flacons bouchés contenant de l'eau gazeuse. Les feuilles de métal écroui sont devenues un peu colorées après cet essai, les feuilles de métal recuit sont restées intactes, et dans aucun des deux cas il n'a été observé de corrosion.

De même, dans l'eau gazeuse artificielle, des éprouvettes en tôle d'aluminium 98,7 et 99,4 % n'ont présenté, après 8 semaines de contact, aucune corrosion et aucune modification superficielle.

L'eau des canalisations servant à la fabrication des eaux gazeuses artificielles peut contenir des sels susceptibles d'entraîner une attaque de l'aluminium. Cette attaque peut être plus importante en présence d'acide carbonique. Les traitements de protection par procédé anodique ou M.B.V., permettent d'éviter toute corrosion.

### JUS DE FRUITS.

L'expérience a montré que tous les métaux usuels subissaient une attaque plus ou moins importante au contact des jus de fruits. L'aluminium offre, en général, une résistance supérieure à celle de certains autres métaux, et les appareils réalisés en aluminium pour le traitement des jus de fruits, assurent en conséquence une durée de service très longue. Les pellicules d'oxyde produites par traitement électrolytique ou chimique, protègent bien le métal contre l'action des jus de fruits.

Dans la plupart des cas, l'action des jus de fruits est plus faible que celle des acides qu'ils contiennent, par suite de la présence de matières colloïdales dans les jus.

#### **JUS D'ORANGES.**

L'aluminium pur convient pour l'emmagasinage du jus d'oranges dont il n'altère pas le parfum comme le font d'autres métaux, en particulier le cuivre et le fer. Il est toutefois recommandable de protéger le métal par une couche d'oxyde.

#### **ESSENCE DE FRUITS (orange, fraise, framboise, citron).**

L'aluminium pur subit une légère attaque au contact de ces essences, mais le métal recouvert d'une pellicule produite par oxydation anodique demeure intact.

#### **JUS DE POMME.**

L'aluminium de titre commercial ordinaire (99-99,5 %) a une influence sur le goût du jus de pomme et subit à son contact une perte de poids déjà sensible à 70° et plus importante encore à 100°. Le traitement du métal au procédé M.B.V. ne donne pas de protection. Le métal très pur 99,8 %, a, par contre, peu d'influence sur le goût du jus de pomme concentré à basse température.

En pratique, on trouve que le goût des jus de pommes et de raisins désalcoolisés n'était pas modifié au contact de l'aluminium, même après un séjour d'un an dans des tanks clos, à la température ordinaire. Le métal n'était pas non plus attaqué.

#### **CIDRE.**

L'aluminium nu ou recouvert d'un dépôt anodique a une action défavorable sur le cidre. Cette action est encore plus forte avec les alliages au cuivre. Une oxydation de l'aluminium ne détruit pas l'influence du métal sur le goût du cidre. Avec du métal très pur l'action semble moins prononcée.

#### **BIÈRE.**

L'aluminium pur est utilisé avec les meilleurs résultats en brasserie (voir page 125 et page 98: produits d'entretien).

## VINS.

L'aluminium ne se comporte pas de la même façon au contact de tous les vins. Alors que certains vins peu chargés en matières pectiques et en couleur restent intacts au contact de l'aluminium, les vins lourds et les vins blancs, riches en acide sulfureux libre, sont, ou bien en partie décolorés au contact du métal, ou lui font subir une attaque en même temps qu'ils se détériorent eux-mêmes.

D'une manière à peu près générale, on peut dire que si le contact du vin et du métal nu n'est pas prolongé au delà de quelques jours, il n'y a à craindre aucune modification du goût ou de la teinte du vin. Des tanks de transport circulent régulièrement depuis plus d'un an sans qu'aucun accident se soit jamais produit. Néanmoins, étant donné les différences que peuvent présenter des vins d'une même provenance, d'une récolte à une autre, et même d'une cuvée à une autre, il peut exister des cas où une protection sera nécessaire. Plusieurs sortes de recouvrements mis au point ces dernières années paraissent du reste convenir parfaitement.

Par ailleurs l'aluminium trouve d'intéressantes applications dans l'industrie viticole, soit sous forme d'outillage, soit sous forme d'appareils de fabrication, de manutention et de transport et les cas sont nombreux où l'aluminium se comporte mieux que les autres métaux couramment utilisés.

## ALCOOLS ET LIQUEURS.

Des essais effectués avec différentes sortes d'alcools (eau-de-vie de grain, whisky, cognac, eau-de-vie de genièvre, gin, eau-de-vie de riz, rhum, etc...) ont montré qu'au contact de ces produits l'aluminium nu subissait généralement assez vite une attaque locale par points, avec formation de flocons d'alumine, et qu'en même temps les eaux-de-vie se troublaient et perdaient leur saveur. C'est surtout dans le cas où les alcools sont naturellement colorés que l'action de l'aluminium se fait le plus sentir.

Par contre, le métal protégé par une pellicule d'oxydation anodique n'a plus d'action sur les produits examinés et ne

subit plus de modification à leur contact ; le procédé M.B.V. peut également fournir une protection efficace, c'est le cas du gin en particulier.

En ce qui concerne les liqueurs, leur action sur l'aluminium est, en général, moins grande que celle des eaux-de-vie, le sirop de sucre qu'elles contiennent servant de protection.

#### **JUS SUCRÉS.**

A la température ordinaire le sirop de sucre n'a aucune action, ni sur l'aluminium recuit, ni sur le métal écroui. A température élevée il se produit une attaque insignifiante du métal ; c'est pourquoi des appareils en aluminium sont utilisés sans la moindre difficulté pour le chauffage des solutions sucrées, ainsi que pour la cristallisation des jus et pour les appareils de garde.

Des essais très nombreux ont montré que l'aluminium pourrait être utilisé avec avantage dans l'industrie du sucre, à condition toutefois que le métal sans protection ne soit pas mis au contact des solutions contenant de la chaux libre.

#### **MIEL.**

Ni le miel d'abeille, ni le miel artificiel, n'ont d'action sur l'aluminium, de même l'aluminium n'a aucune influence sur le goût du miel.

#### **JUS D'OIGNONS.**

L'aluminium n'est pas attaqué par le jus d'oignon concentré. De même la solution obtenue en faisant bouillir des oignons n'entraîne à 90-100° qu'une très légère coloration de la surface de l'aluminium.

#### **MOUTARDE.**

L'aluminium est attaqué par la moutarde, l'attaque est plus prononcée au contact de l'air. Le métal peut être protégé par une couche d'oxyde.

#### **CHOUROUTE.**

L'action de la choucroute sur l'aluminium 99,5 % non protégé, se traduit généralement par des attaques locales profondes.

L'aluminium protégé par une couche de M.B.V. reste intact.

#### **HARENGS MARINÉS.**

Les attaques par point que l'on observe parfois sur l'aluminium mis au contact des harengs marinés peuvent être supprimées par application sur le métal d'une couche protectrice M.B.V.

#### **LAIT.**

L'aluminium ainsi que ses alliages exempts de cuivre ne sont pas attaqués par le lait jusqu'à la température de l'ébullition. Le goût et l'odeur du lait ne sont pas modifiés au contact de ces métaux. Le lait sur, par contre, attaque un peu l'aluminium (voir page 120).

L'aluminium n'a pas d'action sur la crème.

#### **BEURRE.**

Des essais effectués avec différents produits servant à l'emballage du beurre ont montré que le papier doublé d'aluminium protégeait le beurre contre l'action de l'air, de la lumière et de l'humidité, pendant une durée plus longue que le papier parcheminé ou la cellophane.

L'aluminium est utilisé dans la fabrication des beurres, et certaines usines ont obtenu des résultats satisfaisants avec des appareils d'aluminium au contact de beurre salé contenant jusqu'à 8 % de sel.

#### **FROMAGES.**

Dans l'industrie fromagère l'aluminium trouve de nombreux emplois (voir page 120).

#### **YOGHOURT.**

L'aluminium et ses alliages résistent parfaitement au yoghourt.

#### **MARGARINE** (voir aussi page 122).

L'aluminium convient très bien pour la fabrication des appareils utilisés dans l'industrie de la margarine et le métal éventuellement protégé par une couche d'oxydation anodique donne d'excellents résultats. La margarine enveloppée

dans des feuilles d'aluminium nues ou doublées de papier se conserve très bien et aucune attaque du métal n'a lieu.

#### **LEVAIN.**

On a empaqueté du levain dans des feuilles d'aluminium contrecollées ou non de papier. Les feuilles n'ont subi aucune attaque et le levain s'est parfaitement conservé.

#### **VIANDE.**

L'aluminium et ses alliages peuvent être utilisés dans les abattoirs, les boucheries, charcuteries, etc..., pour de nombreux appareils en contact avec la viande (voir page 124).

### **PRODUITS DIVERS D'EMPLOI COURANT**

#### **PRODUITS UTILISÉS EN TANNERIE.**

L'action sur l'aluminium des principales solutions utilisées dans les usines de traitement des peaux est résumée ci-après. On trouvera également page... quelques exemples de réalisations en aluminium.

**TANIN** (voir page 78).

#### **EXTRAIT DE BOIS DE PANAMA.**

L'extrait de bois de Panama attaque l'aluminium à température élevée. Les solutions additionnées d'eau oxygénée (3 % environ) attaquent le métal fortement.

#### **BOUILLIES.**

Les bouillies employées en tannerie n'attaquent pas l'aluminium lorsqu'elles sont faiblement acide (acidité de 0,1 %, calculée en acide acétique). Les bouillies acides (0,3 % en acide acétique) attaquent davantage le métal.

#### **EXTRAIT DE QUÉBRACHO.**

Les solutions chaudes d'extrait neutre de québracho ont peu d'action sur l'aluminium. L'extrait sulfité liquide a une action très marquée.

#### **EXTRAIT D'ÉCORCE DE PIN.**

L'extrait liquide a peu d'action sur les alliages à traitement thermique. Avec l'aluminium pur l'action est plus importante.

### **EXTRAIT CELLULOSIQUE.**

L'extrait liquide qui contient toujours de l'acide sulfurique entraîne une violente attaque de l'aluminium et de ses alliages.

### **NÉRADOL.**

Le néradol, produit utilisé en tannerie, attaque violemment l'aluminium,

### **ACIDE OLÉIQUE.**

L'acide oléique n'a pratiquement pas d'action sur l'aluminium. (voir page 67).

## **PRODUITS UTILISÉS DANS L'INDUSTRIE DE LA SOIE ARTIFICIELLE.**

Dans l'industrie de la soie artificielle et en particulier dans le procédé à la viscose, qui est aujourd'hui de beaucoup le plus répandu, la plupart des solutions utilisées — en dehors de la soude caustique — n'ont pas d'action sur l'aluminium. Des essais ont été effectués en présence de sulfate de sodium, de sulfate de zinc, de sulfate de magnésium, de sulfate d'ammonium et de glucose aux températures et concentrations normalement utilisées dans l'industrie de la soie artificielle. L'action de ces produits sur l'aluminium est négligeable et ces résultats confirment d'ailleurs parfaitement les expériences acquises en pratique.

Dans les bains qui contiennent de l'acide sulfurique, l'aluminium commercialement pur est attaqué.

## **HUILES ET GOUDRONS.**

### **GOUDRONS.**

L'action des goudrons sur l'aluminium et ses alliages dépend de l'origine de ces produits.

Les produits provenant de la distillation du goudron, et qui passent entre 170 et 320°, ont une action sur l'aluminium qui peut être attribuée à la présence de phénol.

L'aluminium peut être utilisé pour les appareils de distillation des goudrons.

### **HUILES DE GRAISSAGE POUR MOTEURS.**

L'aluminium offre une résistance parfaite aux huiles généralement utilisées dans l'industrie.

### **HUILE DE TRANSFORMATEURS.**

L'aluminium a une excellente résistance au contact des huiles courantes de transformateurs.

## **PARFUMS ET PRODUITS PHARMACEUTIQUES.**

### **HUILES ESSENTIELLES.**

L'aluminium est généralement sans action sur les huiles essentielles, et des appareils en aluminium sont utilisés avec satisfaction pour la préparation de ces produits.

Lorsque l'on utilise des produits alcalins pour dissoudre les dépôts résineux laissés dans les appareils, l'action sur l'aluminium peut être supprimée par addition aux produits de nettoyage de petites quantités de silicate de soude.

Des estagnons en aluminium sont utilisés pour le transport des huiles essentielles.

### **EAU DE COLOGNE.**

L'aluminium pur au contact de l'eau de Cologne à froid subit une attaque faible sous forme de points, en même temps que le liquide se trouble et tient en suspension des flocons jaunâtres. Par contre, si le métal est recouvert d'une couche protectrice de M.B.V. l'eau de Cologne reste sans action.

### **ONGUENTS PHARMACEUTIQUES.**

On utilise avec satisfaction des récipients, des outils, des boîtes, des capsules de bouchage, etc..., en aluminium, ainsi que des feuilles d'aluminium très minces pour la fabrication et l'emballage de la plupart des onguents pharmaceutiques, à l'exception toutefois de ceux qui contiennent des sels de mercure. Ces emplois sont justifiés par la résistance élevée de l'aluminium aux graisses, vaselines, etc...

### **HUILE DE RICIN.**

Aucune attaque de l'aluminium, ni à la température ordinaire, ni à 100°, n'est provoquée par l'huile de ricin.

### **ÉMULSION D'HUILE DE FOIE DE MORUE.**

L'aluminium mis à froid au contact de l'huile de foie de morue pendant 30 jours, ne subit ni modification superficielle ni attaque. L'huile n'est nullement altérée. Si l'on prolonge la durée de contact, le métal se recouvre d'une pellicule mince et adhérente gris blanc, mais n'est pas attaqué. Le goût de l'huile ne subit aucune modification (voir page 128).

### **COULEURS, VERNIS, ENCREs, etc...**

#### **HUILE DE LIN.**

L'aluminium ne subit aucune modification au contact de l'huile de lin pendant la cuisson jusqu'à une température de 250°. La présence d'acétate de plomb ou de litharge, ou de sels de manganèse, n'entraîne aucune attaque de l'aluminium (voir page 113).

Lorsque l'huile de lin est décomposée par une surchauffe, une attaque par places de l'aluminium peut avoir lieu.

**ESSENCE DE TÉRÉBENTHINE** (voir page 79).

#### **COPAL.**

L'aluminium ne subit aucune modification au contact du copal en fusion, et de même le produit n'est pas altéré.

**RÉSINES** (voir aussi page 79).

Les appareils en aluminium servant à la distillation des résines dans la vapeur d'eau se comportent parfaitement.

#### **CIRES.**

L'aluminium a une excellente tenue au contact des cires.

#### **MONTANWACHS** (ozokérite).

Lorsqu'on distille dans un courant de vapeur d'eau des produits contenant de l'ozokérite, l'aluminium n'est pas attaqué par les produits formés.

De même des mélanges d'ozokérite, eau et alcool, n'ont aucune action sur l'aluminium même à l'ébullition.

#### **LAQUE DE GARANCE.**

Les appareils en aluminium utilisés pour la préparation de la laque de garance donnent toute satisfaction, bien

qu'ils soient au contact de faibles quantités d'acide phosphorique.

#### **VERNIS.**

L'aluminium n'est pas attaqué par les vernis (voir page 113).

#### **PEINTURES A L'ASPHALTE.**

Ni l'aluminium pur, ni les alliages d'aluminium ne sont attaqués par les peintures à l'asphalte. Ces peintures sont par conséquent, tout indiquées comme moyen de protection de l'aluminium et de ses alliages.

#### **BITUMES.**

Comme l'aluminium et ses alliages ne sont pas attaqués par les bitumes, on utilise avec satisfaction des peintures au bitume sur ces métaux.

#### **LITHOPONE.**

L'aluminium n'est pas attaqué au contact du lithopone humide et chauffé à 100°, et le lithopone ne subit aucune altération en présence d'aluminium.

#### **OUTREMER.**

L'aluminium n'est pas attaqué par l'outremer, et ne lui fait pas non plus subir d'altérations.

#### **ENCRES ET ENCRE DE CHINE.**

Au contact de l'aluminium, les encres à écrire normales, bleues et rouges, ainsi que l'encre de Chine, deviennent au bout de peu de temps inutilisables. La pellicule produite par le procédé M.B.V. n'offre pas de protection et l'aluminium ne peut par suite pas être utilisé pour le transport de ces produits.

Quelques encres de Chine particulières sont résistantes, mais, dans tous les cas, des essais préalables doivent être effectués.

#### **PLASTILINE.**

L'aluminium ne subit qu'une attaque légère au contact de la plastiline.

#### **COLLES ET GÉLATINES (voir page 74).**

## **PAPIER.**

Le papier n'attaque l'aluminium ni à froid, ni à chaud. Cependant pour le doublage des feuilles très minces d'aluminium (papier d'aluminium) il ne faut utiliser qu'un papier exempt d'acide ou d'alcali et une colle convenablement choisie (voir page 74).

**MATIÈRES COLORANTES** (voir page 81).

**TRICRÉSILPHOSPHATE** (plastifiant pour vernis cellulose).

L'aluminium n'est pas attaqué à froid. A 180° l'action est pratiquement nulle.

## **SOLUTIONS RÉFRIGÉRANTES ET ANTIGELS.**

### **SELS RÉFRIGÉRANTS.**

Les solutions réfrigérantes sont souvent à base de nitrates de métaux alcalins ou alcalino-terreux, et ces sels n'ont aucune action sur l'aluminium. On emploie également des solutions concentrées de sulfate de sodium, de chlorure de sodium et de chlorure de calcium, et, bien que dans ce cas une légère attaque de l'aluminium puisse se produire, elle est le plus souvent considérée comme négligeable.

Il faut toutefois prendre soin qu'en circulant dans les tuyauteries, les solutions ne viennent pas au contact de métaux lourds, les attaquent et amènent ensuite au contact de l'aluminium des résidus qui peuvent entraîner une corrosion par points de ce dernier métal (éviter le contact avec le cuivre, le plomb, l'étain, etc...).

### **ANTIGELS.**

Les solutions antigels les plus couramment utilisées sont à base d'alcool et de glycérine. Ces produits n'ont aucune action sur l'aluminium.

**GLYSANTINE** (antigel).

L'aluminium titrant plus de 99 % ne subit qu'une très légère perte de poids au contact de solutions contenant une partie de glycantine pour deux parties d'eau, agissant à 20°. Lorsque le contact est prolongé l'attaque n'augmente pas, mais la surface du métal prend une teinte irisée.

A 100°, la perte de poids est faible et il se forme une pellicule rugueuse et miroitante qui n'est pas modifiée lorsque la durée de l'essai est prolongée.

Les solutions à 10 % de glysantine n'ont aucune action, ni à chaud, ni à froid. Avec les alliages cuivre-silicium à traitement thermique, il se fait une corrosion par points disséminés au contact des solutions étendues, à chaud.

## RÉVÉLATEURS PHOTOGRAPHIQUES.

L'action que peut produire sur l'aluminium le contact avec les solutions de méthol, hydroquinone ou de révélateurs au glycin, ainsi que le contact des bains de fixation neutres ou acides sur l'aluminium et les alliages au cuivre à traitement thermique, peut être complètement supprimée par un traitement anodique suivi d'une imprégnation de bakélite ou par un traitement au procédé M.B.V.

## GAZ D'ÉCLAIRAGE.

L'aluminium offre de nombreuses possibilités d'emploi, aussi bien dans les appareils de fabrication du gaz, que dans les appareils industriels ou ménagers, où le métal est au contact du gaz et des produits formés par la combustion.

Ces applications sont justifiées par la résistance excellente qu'offre l'aluminium à l'action des composés ammoniacaux, sulfureux et cyanurés.

## FUMÉES.

L'aluminium n'est pas attaqué par les gaz de fumées, mais lorsque la vapeur d'eau peut se condenser sur l'aluminium et y laisser déposer des produits acides (acide sulfureux par exemple), l'aluminium s'attaque. Dans ces cas, et s'il est impossible d'éviter la condensation, le métal peut être efficacement protégé par un recouvrement. Les peintures ordinaires et les peintures à l'aluminium résistent,

en général, assez bien. Par ailleurs, le recouvrement M.B.V. offre une bonne résistance qui est encore augmentée si l'on recouvre la pellicule d'oxyde produite par une laque à la bakélite, ou encore si on la traite au silicate de soude et qu'on lui fait subir un recuit ultérieur.

CARBURANTS (voir page 75).

PLÂTRE, BÉTON ET CIMENT.

Le ciment ordinaire peut contenir une quantité plus ou moins grande de chaux libre qui attaque l'aluminium. Le ciment alumineux ou électrofondu (fabriqué à partir de bauxite) n'en contient pas, le plâtre non plus.

C'est au moment de la prise que le ciment ordinaire met de la chaux en liberté ; la quantité de chaux libre va en diminuant au fur et à mesure que se produit la carbonatation, cette dernière transformation se faisant plus rapidement pour les murs minces que pour ceux qui sont épais et imperméables. Les mortiers de chaux sont plus poreux et par suite moins dangereux à cet égard que les mortiers de ciment, parce qu'ils se carbonatent plus rapidement. Quand on a l'occasion de mettre de l'aluminium au contact du ciment ou du béton, il y a lieu, surtout s'il s'agit d'une construction récente, de placer un isolant tel qu'une couche d'enduit bitumineux par exemple.

URINE.

Bien que l'attaque ne soit pas visible, l'aluminium subit une très légère perte de poids au contact de l'urine. L'action peut être évitée complètement par un traitement au procédé M.B.V.

PURIN.

Le purin est généralement sans action sur l'aluminium. Au contact de l'oxygène de l'air, on peut avoir dans certaines

conditions une attaque qui peut être néanmoins évitée par un traitement au procédé M.B.V.

## PRODUITS DE DÉSINFECTION, INSECTICIDES.

### **INSECTICIDES.**

Les produits utilisés pour la protection des plantes contre les dégâts causés par les insectes, sont en général à base de sulfate de fer, d'arséniate de plomb, ou de sulfate de cuivre et de chaux, ou encore de créosote. Des essais effectués sur ces différents produits aux concentrations normalement employées ont montré que l'attaque de l'aluminium était négligeable dans la plupart des cas, et de toute manière de l'ordre des corrosions admissibles et que, par suite l'aluminium pouvait parfaitement convenir à la fabrication des appareils servant à manipuler ces produits.

### **CRÉOSOTE.**

L'aluminium et ses alliages sont attaqués par la créosote avec formation sur le métal d'une pellicule noire régulière. Cette attaque peut être évitée par un traitement anodique de la surface, de sorte que les appareils en aluminium ainsi traités peuvent servir au transport et aux manipulations de la créosote.

### **BOUILLIE BORDELAISE.**

L'aluminium est légèrement attaqué au contact de la bouillie bordelaise (sulfate de cuivre 5 %, chaux 5 %), mais l'attaque est régulière et ne donne pas lieu à des corrosions locales. Un recouvrement par le procédé M.B.V. assure une bonne protection de l'aluminium, surtout si la pellicule est traitée à la lanoline ou imprégnée de silicate de soude.

L'addition de 1 % d'arséniate de plomb à une bouillie ne contenant que 1 % de sulfate de cuivre et 1 % de chaux, limite encore l'attaque et il se forme à la surface du métal une croûte blanche adhérente, comme dans le cas des solutions d'arséniate de plomb.

**BOUILLIE SULFO-CALCIQUE** (voir page 54 sulfure de calcium).

## PRODUITS D'ENTRETIEN.

Pour l'entretien des appareils en aluminium ou alliage d'aluminium, on ne doit utiliser que des produits qui n'ont pas d'action ou seulement une action très faible sur le métal. On peut citer comme satisfaisantes les préparations à base de soude avec addition de silicate, de phosphate avec addition de silicate, de carbonate de sodium avec addition de chromate, d'alcali avec addition de colloïdes, d'acides avec addition de résines appropriées ou de produits oxydants ; toutes ces préparations accélèrent la dissolution du tartre dans les chaudières, tanks de brasserie, etc... Ces produits d'entretien sont fabriqués dans tous les pays sous des noms différents. Avant d'utiliser un produit dont le nom est inconnu et dont on ignore la composition, il est bon, pour éviter toute difficulté, de questionner auparavant les fabricants d'aluminium à ce sujet.

On trouvera ci-après, quelques renseignements concernant les produits d'entretien choisis parmi ceux qui sont les plus répandus sur le marché à l'heure actuelle. Le choix forcément restreint n'implique nullement qu'il faille considérer les produits signalés ici, comme étant les seuls susceptibles de donner satisfaction au contact de l'aluminium.

D'une manière à peu près générale, les produits liquides semblent préférables aux produits en poudre, qui eux-mêmes donnent de meilleurs résultats que les savons.

Les produits tels que le « Miror », le « Kaol », le « Mécano », etc..., permettent d'entretenir parfaitement le métal, sans qu'un contact même prolongé n'entraîne de défauts superficiels.

Les poudres genre « Nab », « Favoria », « Jex », « Potz », etc... sont plus délicates à utiliser, un contact prolongé avec le métal le ternit.

Les savons « Sapolithe », « Curemail », « Elfotine », « Bon Ami », ont en général une action analogue à celle des poudres.

Il ne faut pas oublier que dans le cas d'un simple entretien du métal, les produits restent fort peu de temps en contact et que par suite aucune attaque n'est à craindre.

Lorsqu'il s'agit au contraire de nettoyage, et en particulier du nettoyage des appareils utilisés dans les industries alimentaires, brasserie, laiterie, et où il y a lieu non seulement de détacher le tartre formé (brasserie) ou la graisse (laiterie) mais encore de désinfecter le matériel, on utilise alors des

produits à réaction nettement acide ou alcaline qui peuvent, s'ils ne sont pas parfaitement étudiés et utilisés avec précaution, entraîner des corrosions nettes de l'aluminium.

Parmi de très nombreux produits recommandés sur le marché des différents pays, on peut signaler comme donnant satisfaction les produits indiqués ci-dessous<sup>(1)</sup>. Il a été jugé utile de dire quelques mots des précautions à prendre dans certains cas.

#### **ACTIVINE.**

N'a aucune action en solution diluée (0,8 % environ) Dès la concentration de 1 % et surtout à chaud, l'attaque de l'aluminium devient très nette. Ce produit dissout néanmoins très bien le tartre de bière et est utilisé à froid en solution à 0,05 %. Le détartrage doit être suivi d'un bon rinçage.

#### **ALPURIT.**

Produit alcalin, contenant des additions qui permettent d'éviter toute attaque de l'aluminium.

#### **BOUILLIE ACIDE T.**

Ce produit n'a pratiquement pas d'action sur l'aluminium et dissout rapidement le tartre de bière.

#### **BRINDISINE.**

Produit acide additionné de résine protectrice. Il est utilisé avec satisfaction en brasserie, en solutions diluées.

#### **CHLORAMINE.**

C'est un produit également à réaction acide qui sert à dissoudre le tartre des chaudières. Il doit être utilisé avec précaution, et il y a lieu d'éviter un trop long contact avec l'aluminium.

#### **NÉOMOSCAN.**

Le Néomoscan est couramment utilisé pour le nettoyage et le détartrage des appareils en aluminium. Les solutions

---

(1) Il est bien entendu que les producteurs d'aluminium ne peuvent prendre aucune responsabilité au sujet des modifications des compositions que les fabricants pourraient éventuellement apporter aux produits d'entretien et qui seraient susceptibles de changer leur action sur l'aluminium.

aqueuses titrant 1 à 3 % de Néomoscan n'ont pas d'action sur l'aluminium, ni à froid, ni à chaud. Avec les alliages il y a lieu de prendre quelques précautions. Les solutions très concentrées de Néomoscan attaquent l'aluminium, il y a lieu de ne pas utiliser ce métal pour emmagasiner ce produit.

#### **PERSIL.**

Parmi les produits vendus sous le nom de Persil avec désignations particulières, on peut citer les marques P3, P3S et P3K, comme donnant toute satisfaction avec l'aluminium.

#### **SAVON NOIR.**

Le savon noir en solution à 10 % environ, n'a qu'une faible action sur l'aluminium. En ajoutant à la solution un peu de silicate de soude, on évite toute attaque.

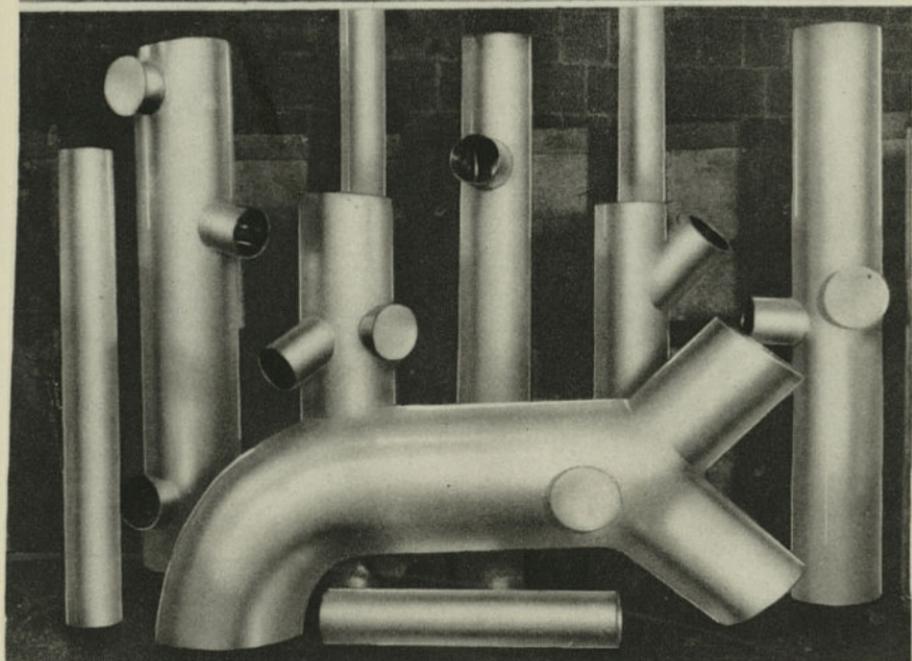
Parmi les autres produits qui donnent satisfaction, on peut citer encore les marques suivantes :

« Imi », « Henko », « Ata », « Minlos », « Trosilin W ».

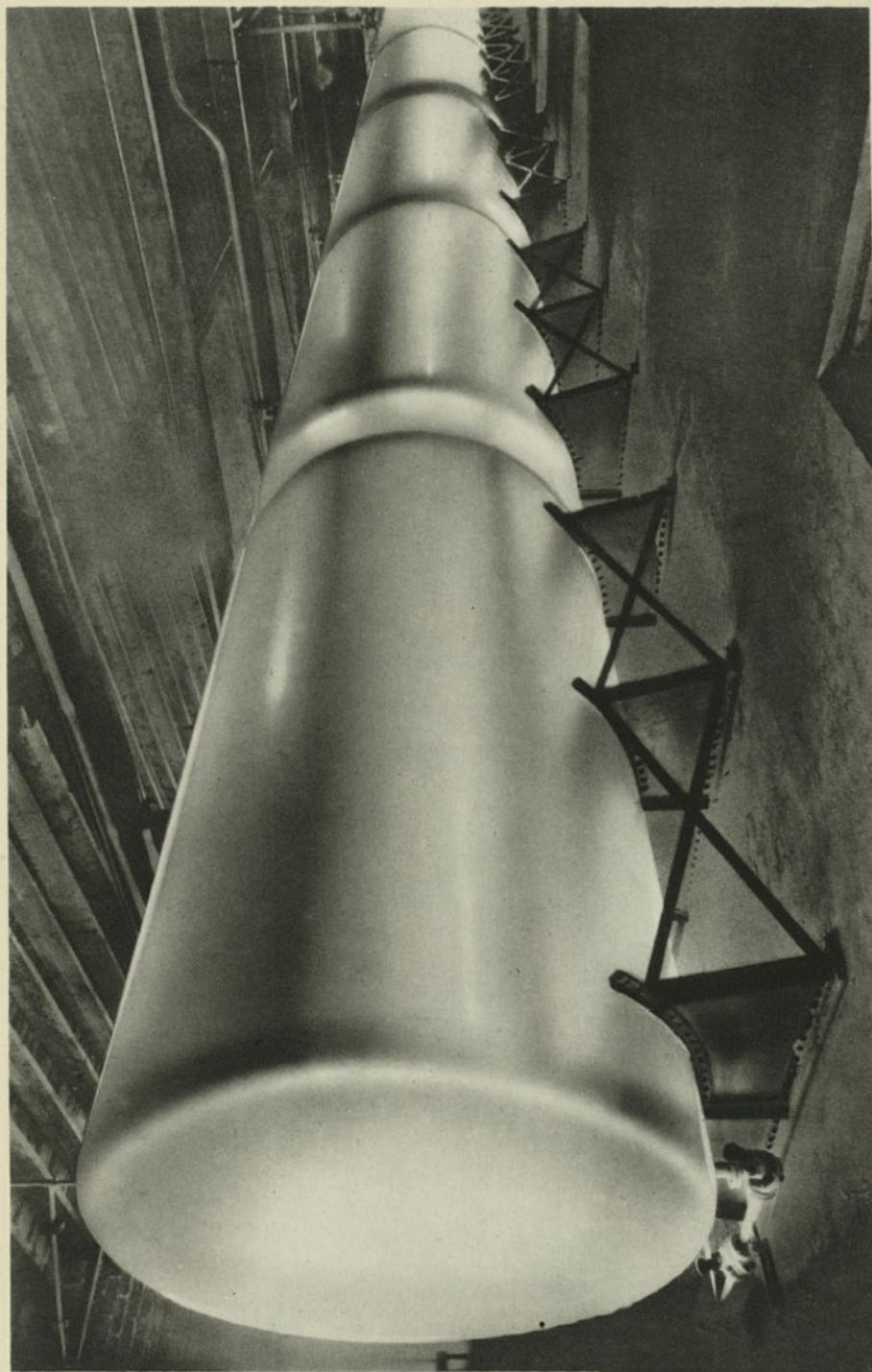




Condenseur  
tubulaire  
entièrement  
en aluminium.



Tuyauteries soudées en aluminium.



Tanks à double enveloppe pour la garde du lait.

CHAPITRE VIII

---

QUELQUES EXEMPLES DE RÉALISATION  
D'APPAREILS EN ALUMINIUM

---



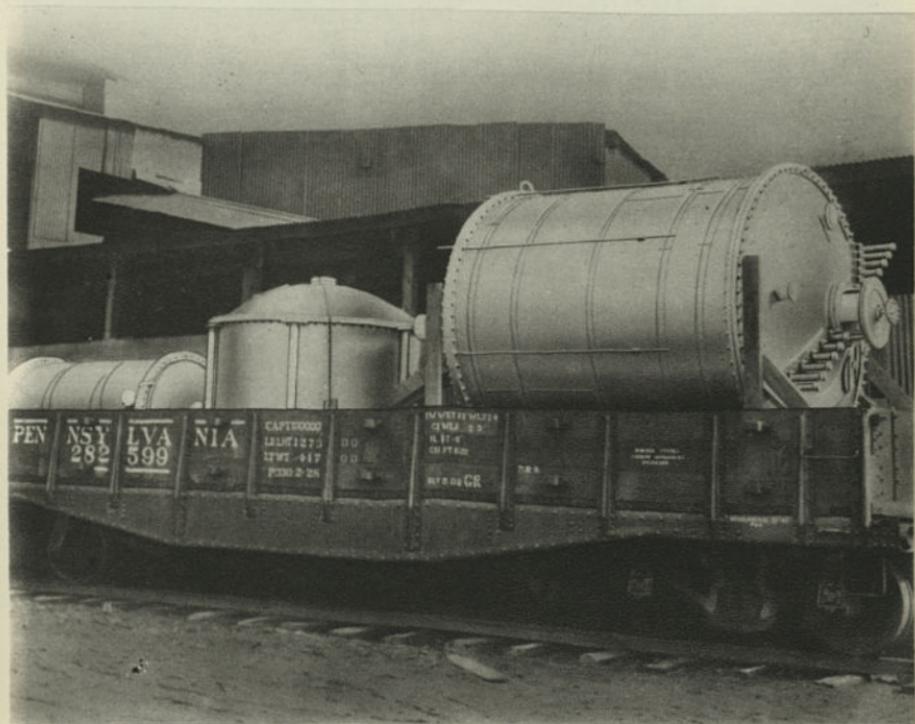
## APPAREILLAGE DIVERS.

Dans la fabrication de nombreux produits, ainsi que dans certaines phases des opérations d'élaboration d'une substance chimique, il est indispensable d'avoir recours à des matériaux qui répondent à des exigences souvent difficiles à concilier : non coloration des produits par les traces de sels provenant de l'attaque des appareils, bonne conductibilité thermique, facilité de travail et de réparation, etc., joints à une bonne résistance à l'action de l'agent chimique considéré.

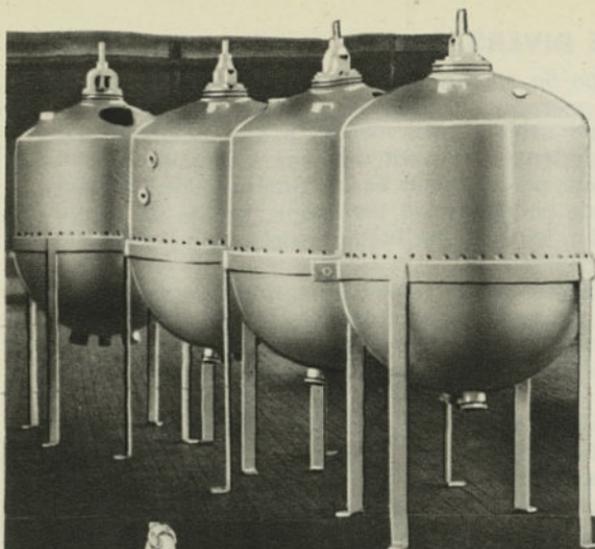
La presque totalité des métaux usuels forment des sels colorés ; l'aluminium ne donne naissance qu'à des sels blancs et toutes les fois qu'il n'y a pas à craindre une attaque importante due aux produits traités, l'aluminium est choisi de préférence aux autres métaux.

C'est surtout dans la fabrication des huiles essentielles, des parfums, dans la désodorisation des huiles, dans l'éthérisation et l'acétylation de certains produits, tels que huiles végétales et résines pour la fabrication des vernis, dans le traitement des alcools supérieurs, etc., que l'aluminium présente des avantages sur les autres métaux, parce qu'il permet d'effectuer toutes les opérations, sans modifier les teintes des produits, souvent fort coûteux et très délicats.

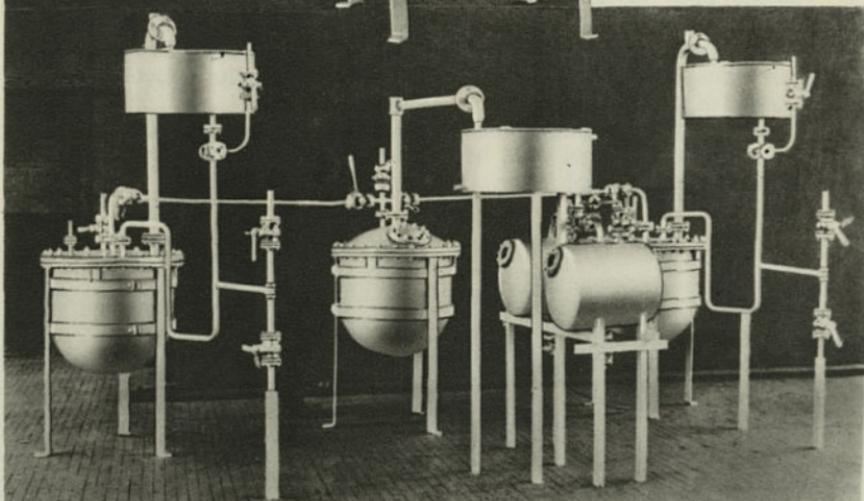
Les quelques photographies suivantes illustrent quelques-unes des opérations citées plus haut et montrent bien la variété des applications du métal léger.



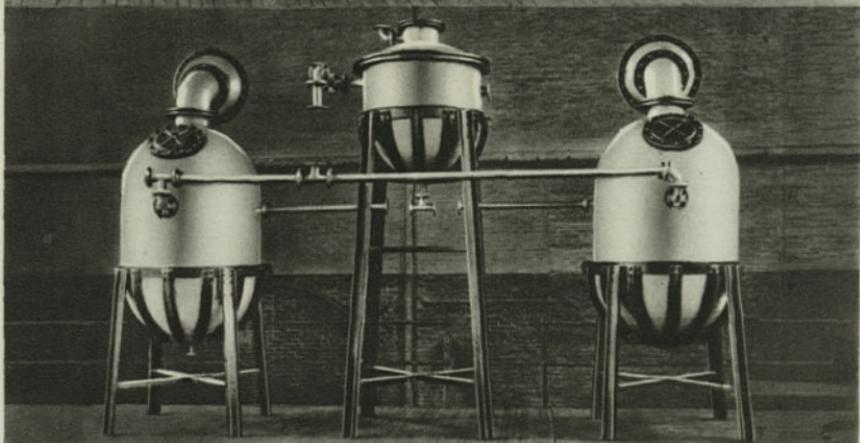
Autoclaves en aluminium pour l'industrie chimique.



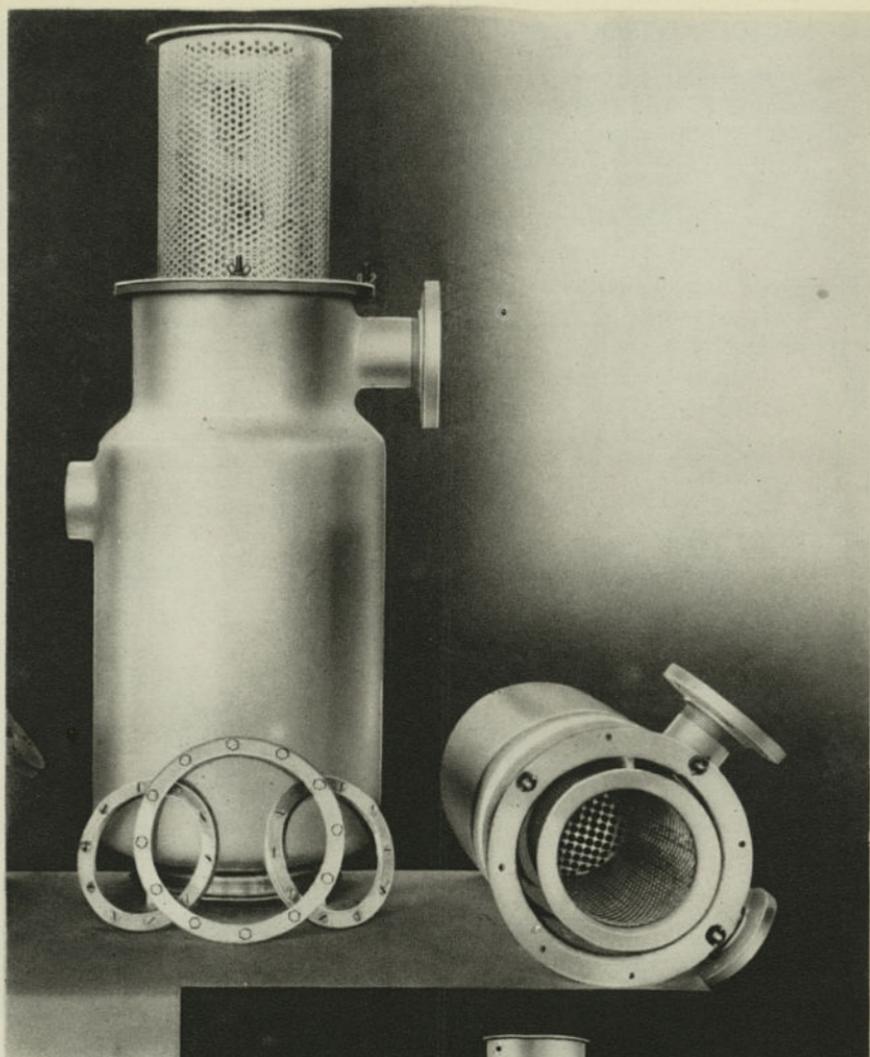
Tanks de culture  
pour  
alcools supérieurs.



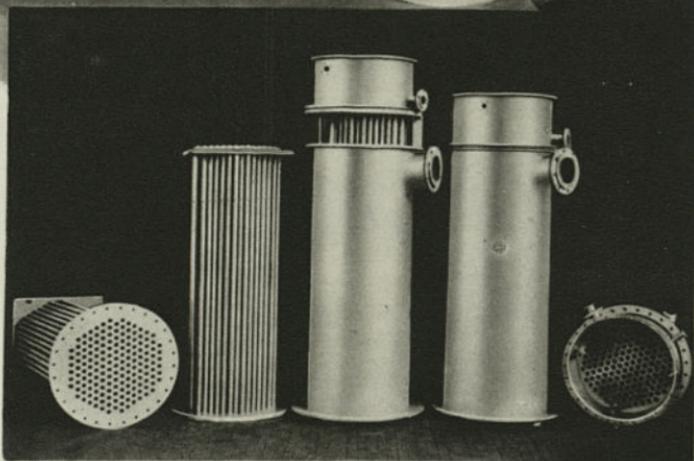
Appareil  
d'acétylation  
en aluminium.



Appareil en aluminium pour la désodorisation des huiles.



Filtres en aluminium.



Condenseurs tubulaires en aluminium.

## ACIDE NITRIQUE.

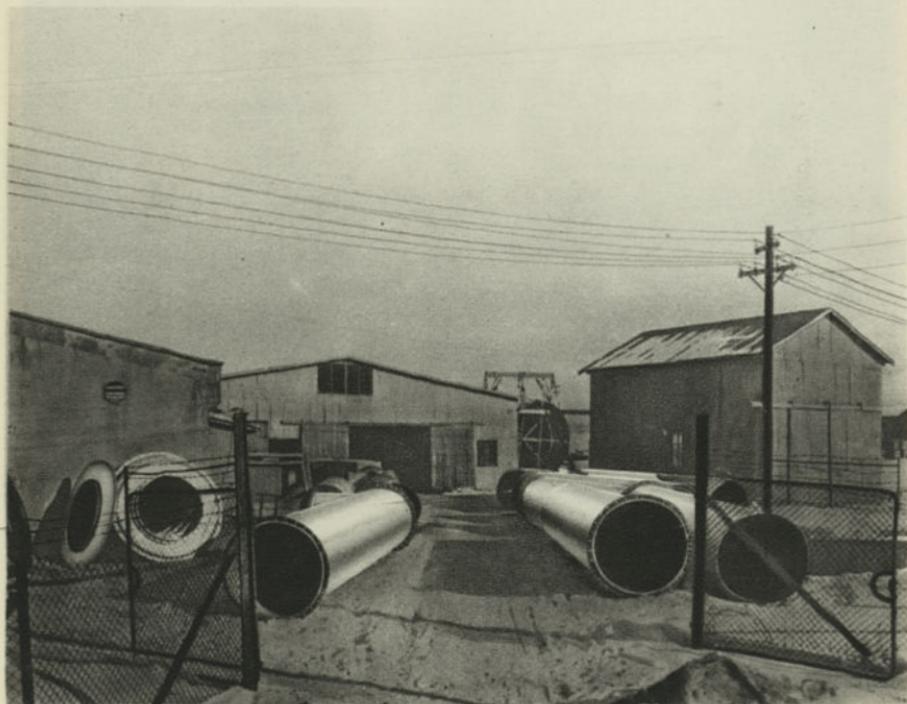
La plupart des grandes sociétés qui fabriquent l'acide nitrique ont depuis longtemps reconnu les avantages de l'aluminium, et en font un large emploi, tant pour les tanks de garde et citernes de transport de l'acide concentré que pour les tuyauteries de dégagement des gaz nitreux.

Parmi les appareils qui sont utilisés couramment, on peut citer :

- Caisses d'oxydation catalytique de l'ammoniac ;
- Tours d'absorption ;
- Serpentins de réfrigération pour la concentration de l'acide nitrique ;
- Monte-jus ;
- Conduites sous pression ;
- Réservoirs de stockage et de transport ;
- Siphons ;
- Appareils pour la préparation et la concentration du nitrate d'ammoniaque.

Les photographies ci-après donnent une idée de l'importance de certains des appareils utilisés.

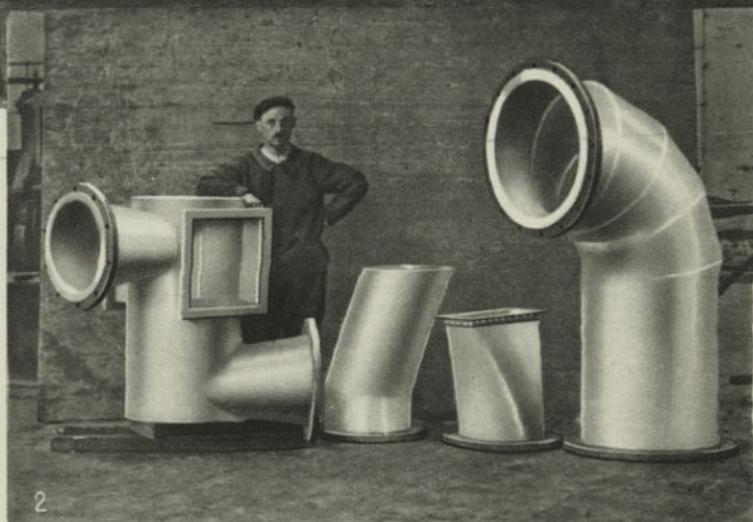
Le métal est de l'aluminium pur 99,5 0/0.



Conduites sous pression pour l'acide nitrique.



1



2

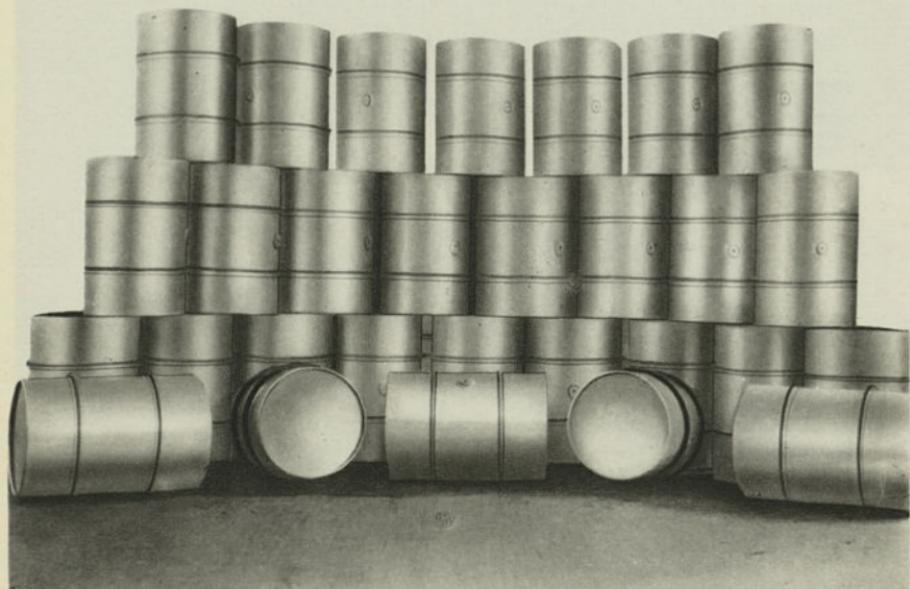
1. Tank de stockage en aluminium pour acide nitrique.

## ACIDE ACÉTIQUE.

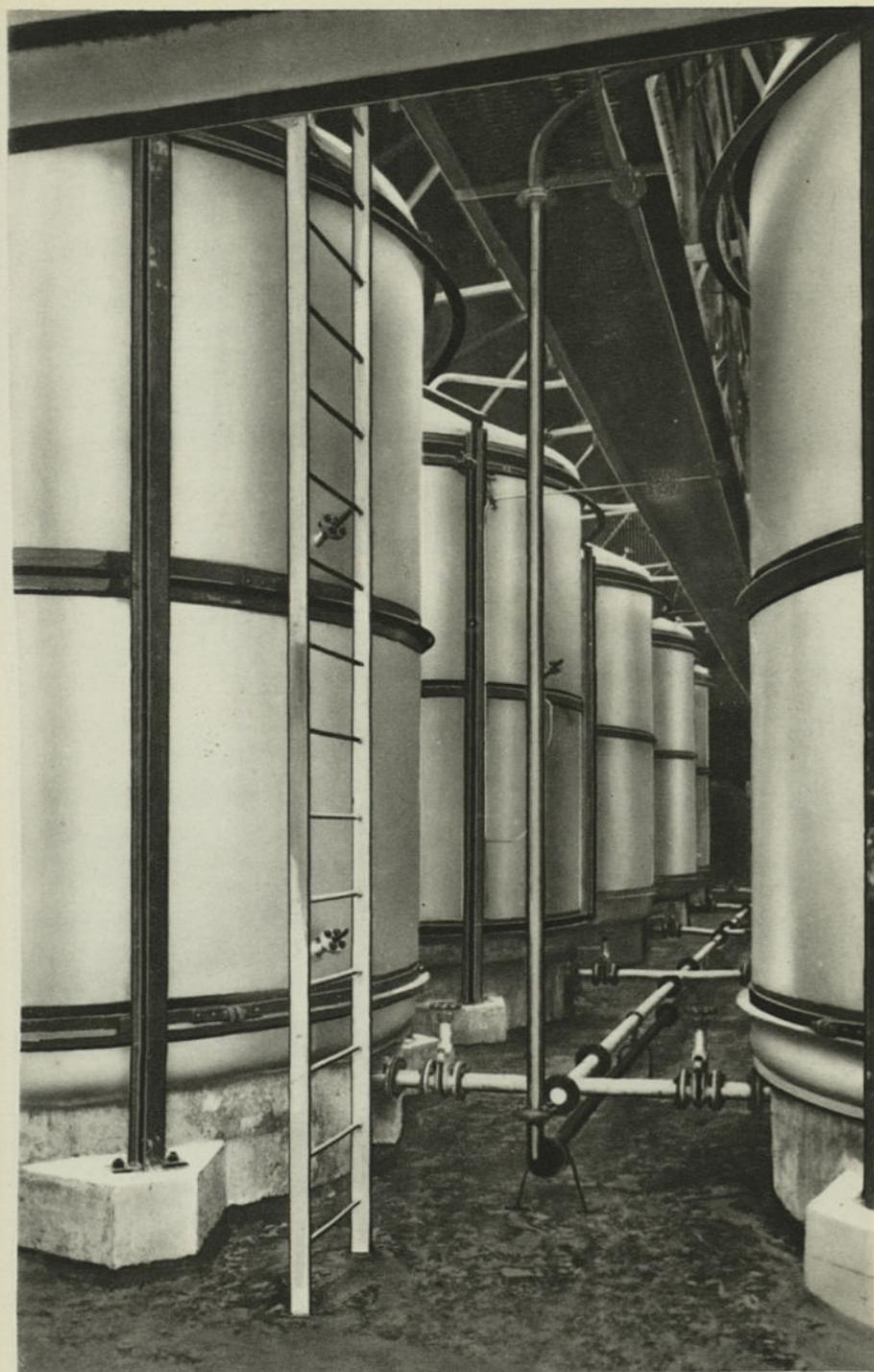
Dans la fabrication de l'acide acétique, soit par distillation, soit par oxydation de l'aldéhyde fabriquée à partir de l'acétylène, les applications des alliages légers sont nombreuses, par suite de la résistance du métal pur à l'acide concentré.

Les tanks de garde, qui peuvent être de très grande capacité, comme on peut le voir sur la photographie ci-contre, ainsi que les citernes de transport par wagon et les bidons pour le transport de plus faibles quantités d'acide, sont presque uniquement construits en aluminium pur.

Dans la fabrication de l'acide par oxydation de l'aldéhyde, les convertisseurs oxydeurs, les serpentins de réfrigération ou de réchauffage, ainsi que les appareils destinés à l'insufflation de l'air, et d'une manière générale tous les appareils qui sont en contact avec l'acide concentré, sont en aluminium pur ou doublés de ce métal pour éviter toute attaque.



Fûts en aluminium pour le transport de l'acide acétique concentré.



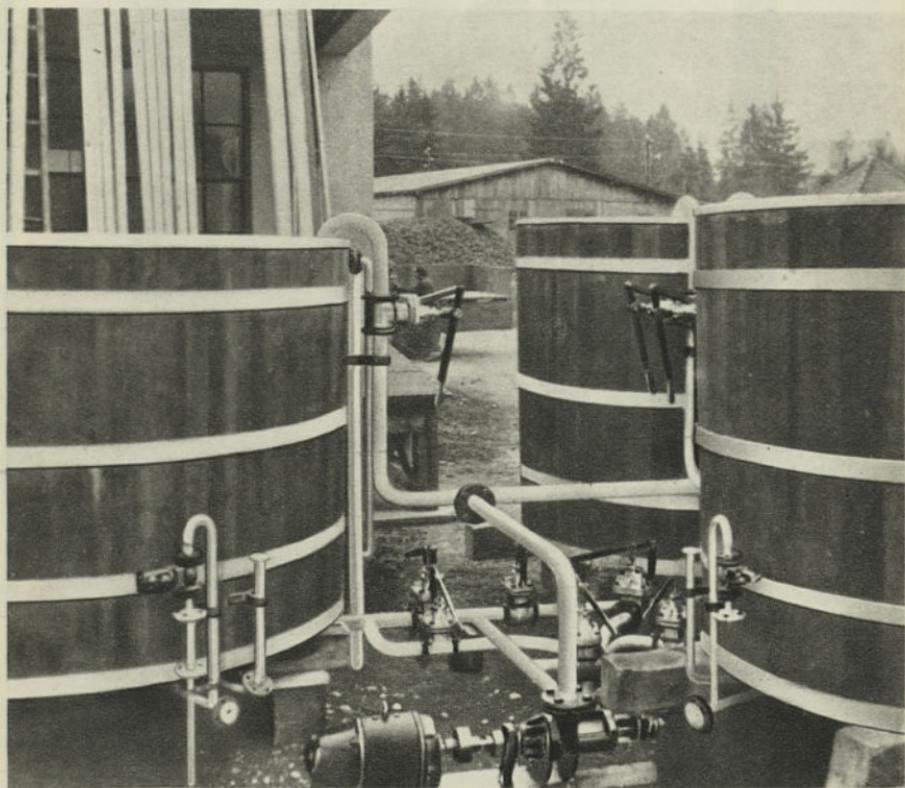
Tanks de stockage pour l'acide acétique.

## INDUSTRIE DU BLANCHIMENT DES FIBRES.

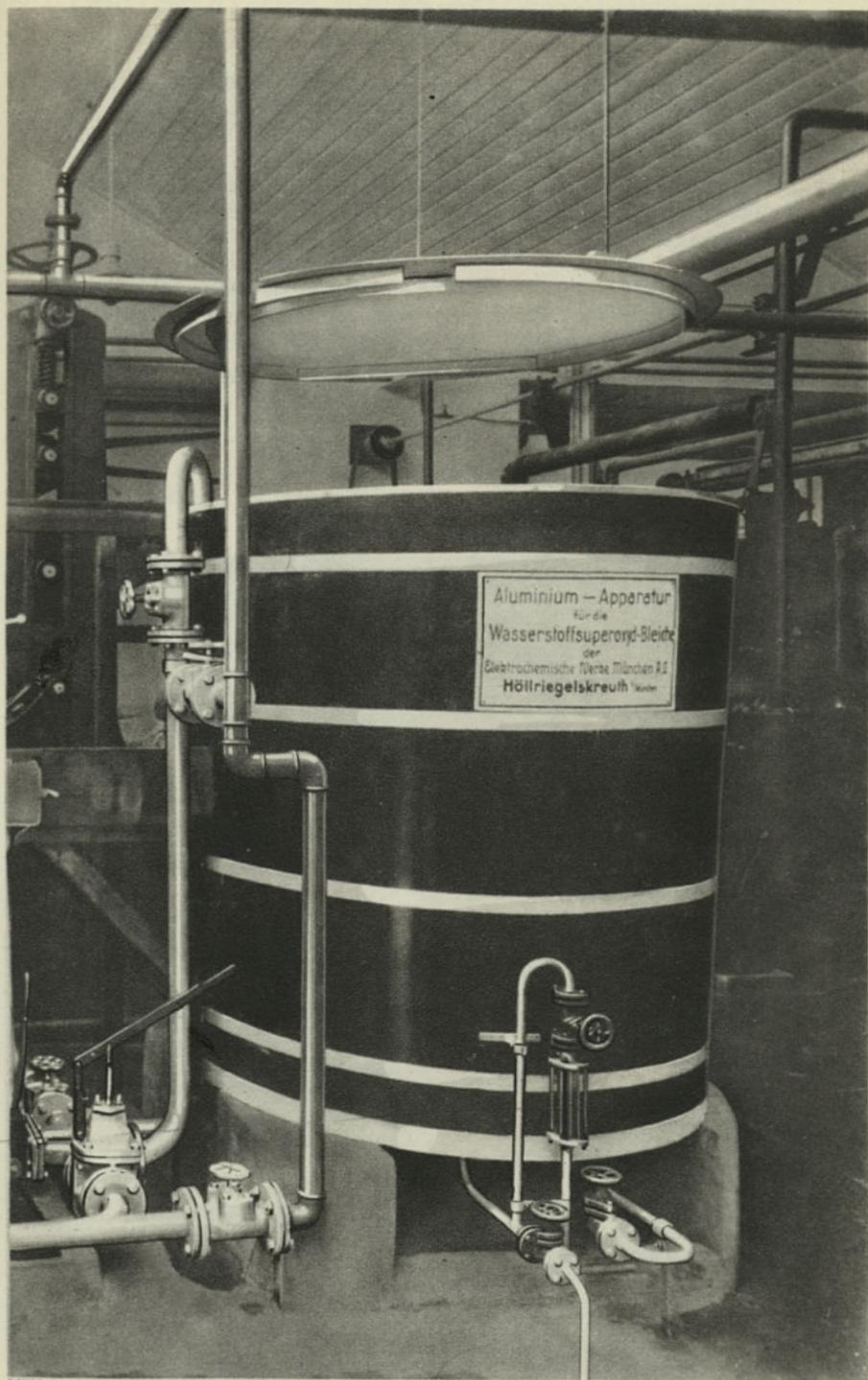
Toutes les fois que l'opération de blanchiment s'effectue dans un bain d'eau oxygénée, l'emploi de l'aluminium s'impose, puisque ce métal est, en effet, parmi les métaux usuels, le seul, avec l'acier inoxydable, qui n'entraîne aucune décomposition catalytique de l'eau oxygénée.

Les cuves ou barques de blanchiment en aluminium ou en bois doublé d'aluminium, les canalisations, y compris les conduits de vapeur, et tous les accessoires divers, également en aluminium, sont utilisés d'une manière presque générale dans les usines de blanchiment.

La bonne résistance de l'aluminium à l'eau oxygénée en fait également un matériau idéal pour les appareils de stockage ou de transport de l'eau oxygénée concentrée et ce métal remplace actuellement de plus en plus les autres matériaux utilisés jusqu'à présent.



Cuves doublées d'aluminium et tuyauteries en aluminium pour le blanchiment à l'eau oxygénée.



Aluminium-Apparatur  
für die  
Wasserstoffsperoxyd-Bleiche  
der  
Elektrochemische Werke Menden A.G.  
Höfriegelskreuth <sup>Walden</sup>

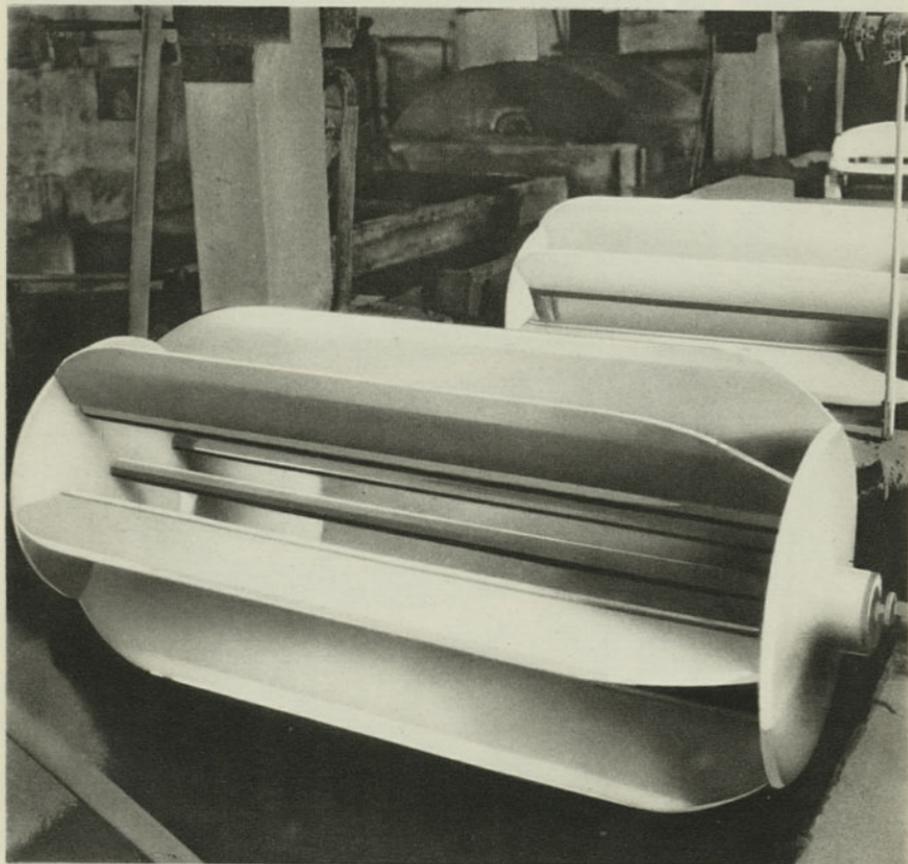
Cuve en bois doublée d'aluminium avec couvercle en aluminium, pour le blanchiment à l'eau oxygénée.

## TANNERIE ET MÉGISSERIE.

La préparation des peaux exige des soins tout particuliers pour éviter tout contact avec le fer, car il suffit d'une parcelle de rouille pour tacher des peaux de grande valeur.

Les alliages d'aluminium trouvent leur place, en particulier dans la construction des tourniquets, des bacs de pelannage et des coudeuses.

Pour la construction des chariots servant au transport des peaux, des bassines et divers accessoires avec lesquels les peaux humides sont en contact — où il y a par conséquent toujours risque de rouille — l'aluminium est très supérieur aux autres métaux formant des sels colorés et au bois, dont la durée est très limitée.



Tourniquets en alliage d'aluminium pour le pelannage des peaux.

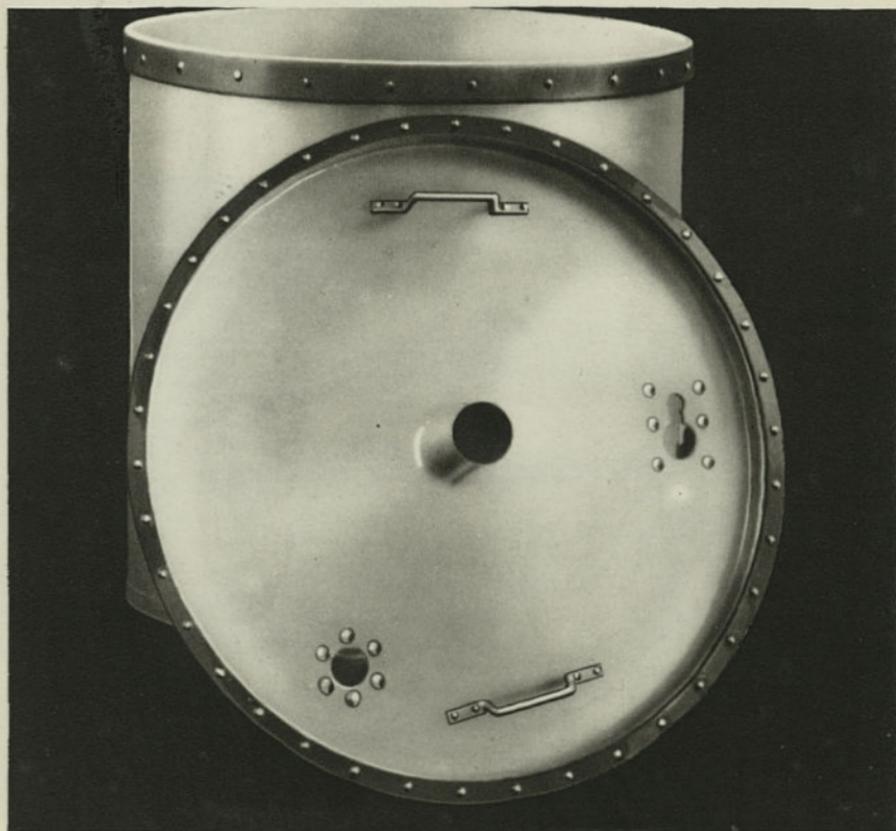
## TRAITEMENT DES HUILES ET DES ACIDES GRAS. FABRICATION DES VERNIS.

L'aluminium est un matériau parfait pour la fabrication des appareils destinés au traitement des matières grasses.

On utilise d'une manière courante l'aluminium pour la distillation des acides gras supérieurs dans la vapeur d'eau, pour les filtres-presses, les cuves de séchage et de réserve, les cristallisoirs, les monte-jus, les canalisations, etc...

Dans l'extraction des corps gras par procédé mécanique ou à l'aide de solvants, dans le raffinage, la décoloration ou le blanchiment à l'eau oxygénée, l'aluminium trouve également d'importantes applications.

On utilise enfin l'aluminium dans les appareils de désodorisation, de débenzinage, pour les cuves d'emmagasinage de l'oléine et les appareils de distillation de la glycérine dans le vide.



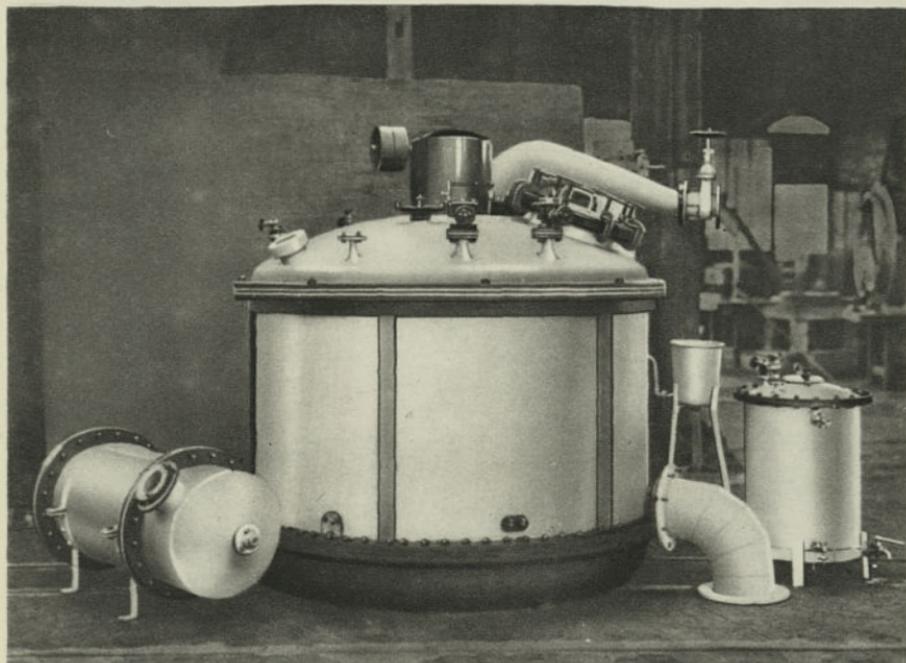
Matras pour la cuisson des gommés.

Les procédés modernes de fabrication des vernis, qui permettent la cuisson des gommes, l'adjonction de l'huile, des siccatifs et des solvants dans un seul et même appareil, ont, depuis leur mise au point offert d'intéressants débouchés à l'aluminium et à certains de ses alliages.

Les deux principaux avantages de l'aluminium sont d'une part la bonne conductibilité thermique du métal qui permet une mise en température et une cuisson plus rapides en même temps qu'un refroidissement moins long que dans le cas du fer et, d'autre part, la non coloration des produits obtenus.

A l'heure actuelle les chaudières à standolie servant à la cuisson de l'huile de lin, les appareils à copal, les matras pour la cuisson de petites quantités de gomme, etc... sont couramment réalisés en aluminium pur, les alliages au silicium donnent également toute satisfaction.

On utilise aussi avec avantage les alliages légers pour les tuyauteries de circulation des huiles et des solvants et pour de nombreux appareils servant aux manipulations des produits finis.

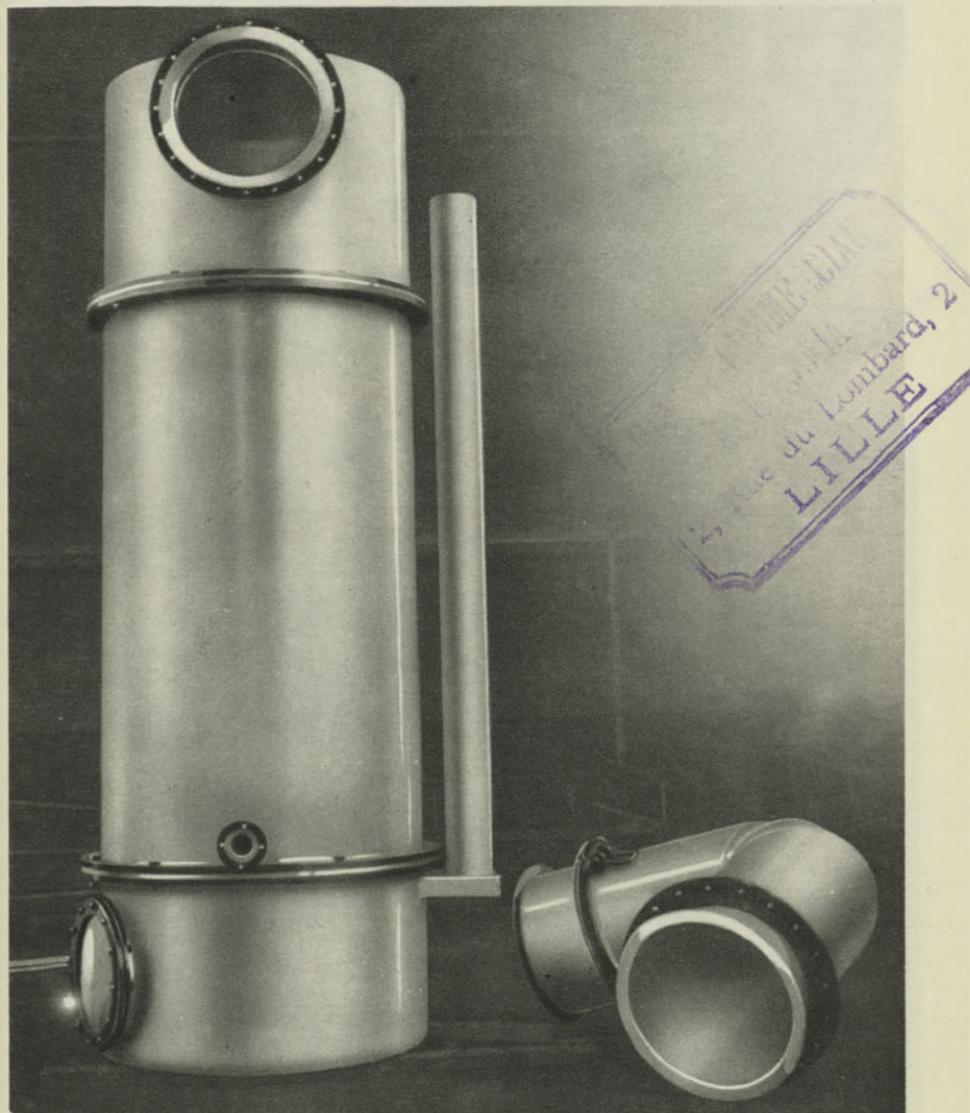


Appareil en aluminium pour la fabrication des vernis.

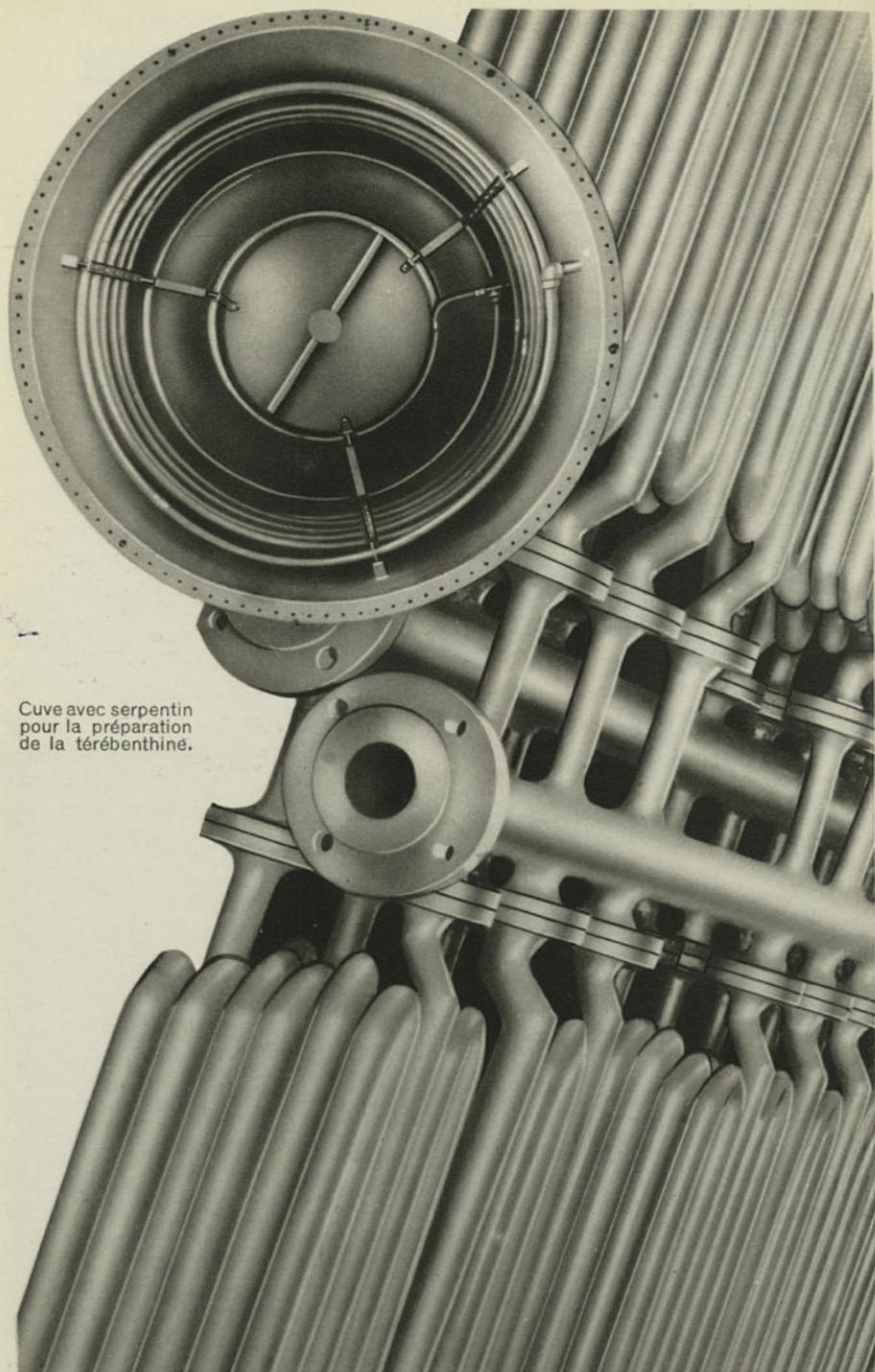
## TÉRÉBENTHINE.

L'aluminium trouve dans le traitement des résines naturelles ou artificielles de larges champs d'application.

Les photographies ci-contre illustrent son emploi dans une grande usine de fabrication de la térébenthine. On remarque en particulier l'ensemble important des serpentins de réchauffage soudés qui donne une idée de la facilité avec laquelle l'aluminium peut être travaillé.



Tour de distillation pour la térébenthine.



Cuve avec serpentín pour la préparation de la térébenthine.

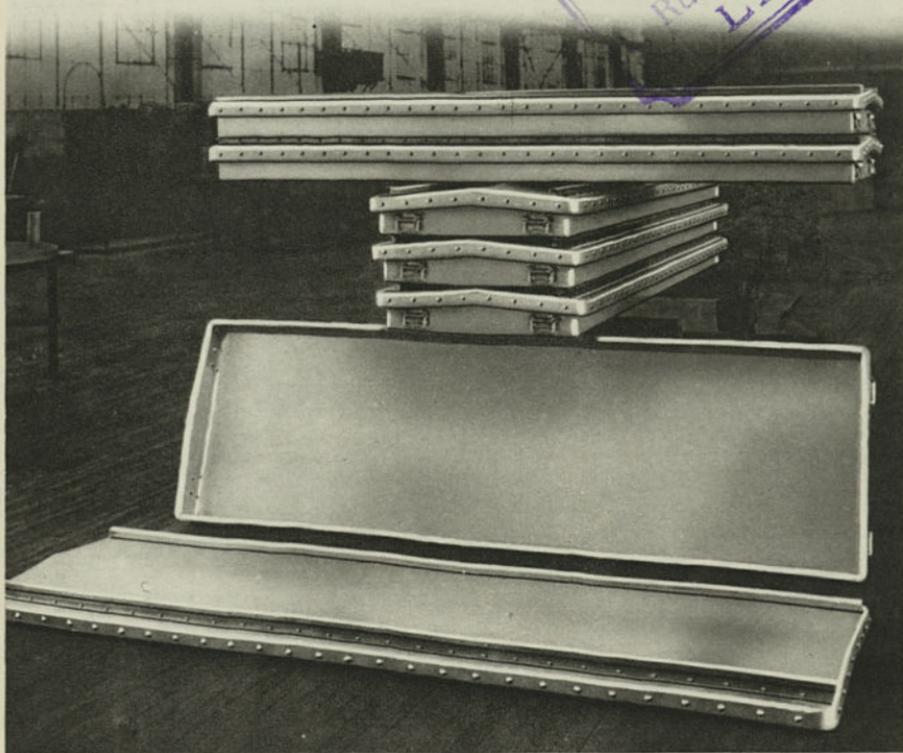
Batterie de serpentins de chauffage en aluminium utilisés dans l'industrie de la térébenthine.

## CAOUTCHOUC.

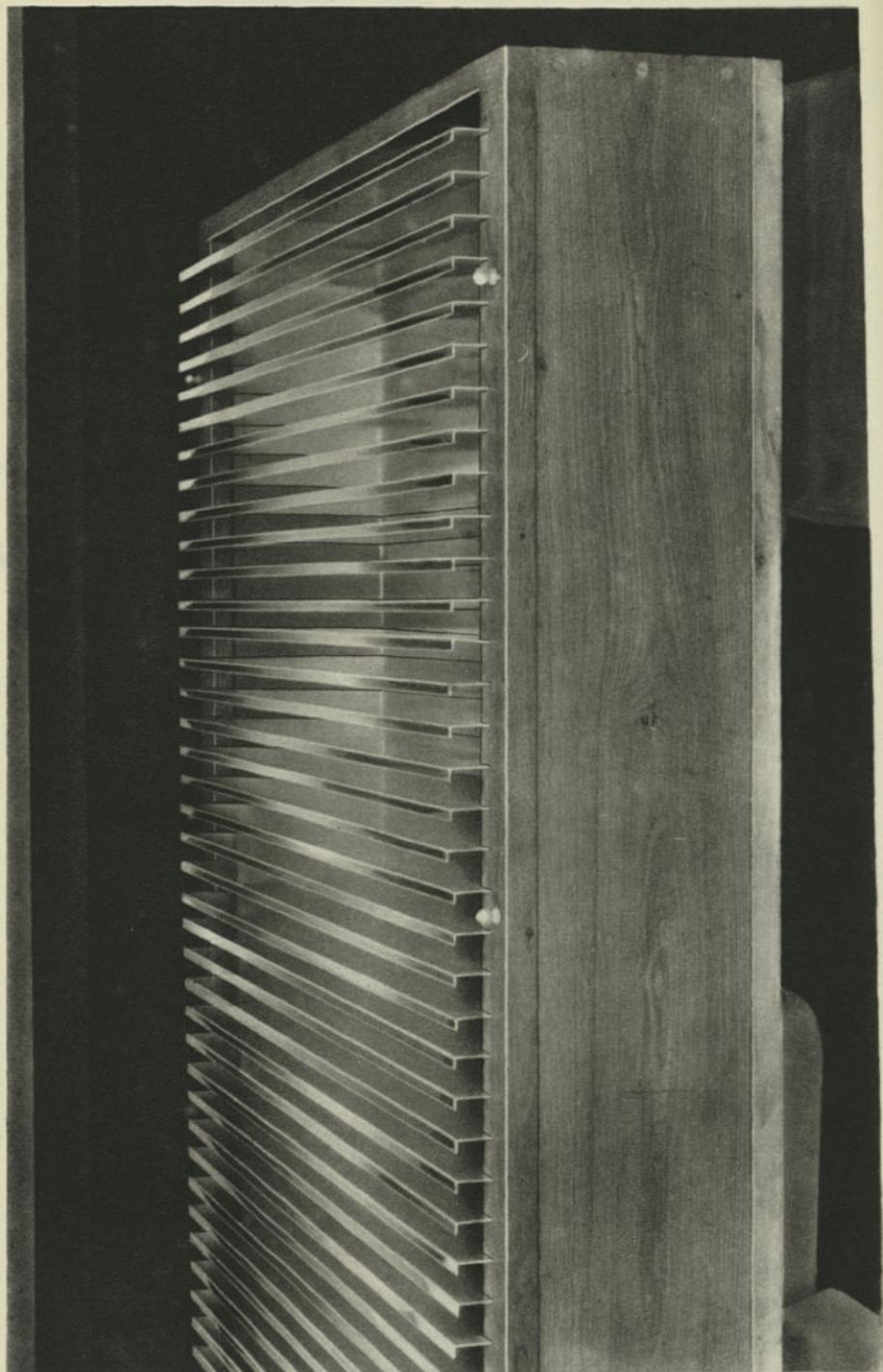
L'industrie du caoutchouc fait à l'aluminium un large appel. On trouve, en effet, dans la plantation, des coupelles destinées à recueillir le latex, des seaux et bidons de transport de celui-ci et plus tard des bacs de coagulation où la résistance à l'acide acétique du métal est particulièrement appréciée.

La résistance bien connue de l'aluminium au soufre, sa légèreté et sa bonne conductibilité thermique l'ont fait adopter sur une large échelle pour la confection des moules soumis aux opérations de vulcanisation.

On utilise également avec satisfaction l'aluminium pour la fabrication des plateaux de toutes espèces, des mandrins et des moules servant à la fabrication des objets en caoutchouc moulé.



Plateaux à couvercle pour le séchage du caoutchouc.



Bac à tiroirs pour la coagulation du latex.

## CONSERVES.

Un très grand nombre de produits alimentaires peuvent être emballés dans des boîtes en aluminium, les produits ne noircissent pas, ne prennent ni goût métallique, ni odeur et ne subissent pas de détérioration par suite de la dissolution de sels métalliques.

Parmi les produits qui n'ont aucune action sur l'aluminium, comme l'ont montré des essais très complets effectués dans des laboratoires spéciaux, on peut citer :

**Légumes** : carottes, choux, choux rouges, choux-raves, céleris, pois, haricots, champignons, asperges.

**Fruits** : abricots, pêches, compotes, confitures, gelées.

**Poissons** : sardines et harengs à l'huile, quenelles et gelées de poissons.

**Crustacés** : homards, langoustes, langoustines, crabes, etc., ces derniers produits contiennent du soufre et ne noircissent pas au contact de l'aluminium.

Les produits alimentaires à caractère très acide, les tomates par exemple, ou les produits très salés ou encore contenant une forte proportion de vinaigre, ne devront être utilisés qu'avec de l'aluminium verni. L'aluminium est utilisé pour une grande partie de l'outillage des conserveries, bassines, cuves et appareils de refroidissement et de garde, tamis, appareils de remplissage, filtres-presses, etc.



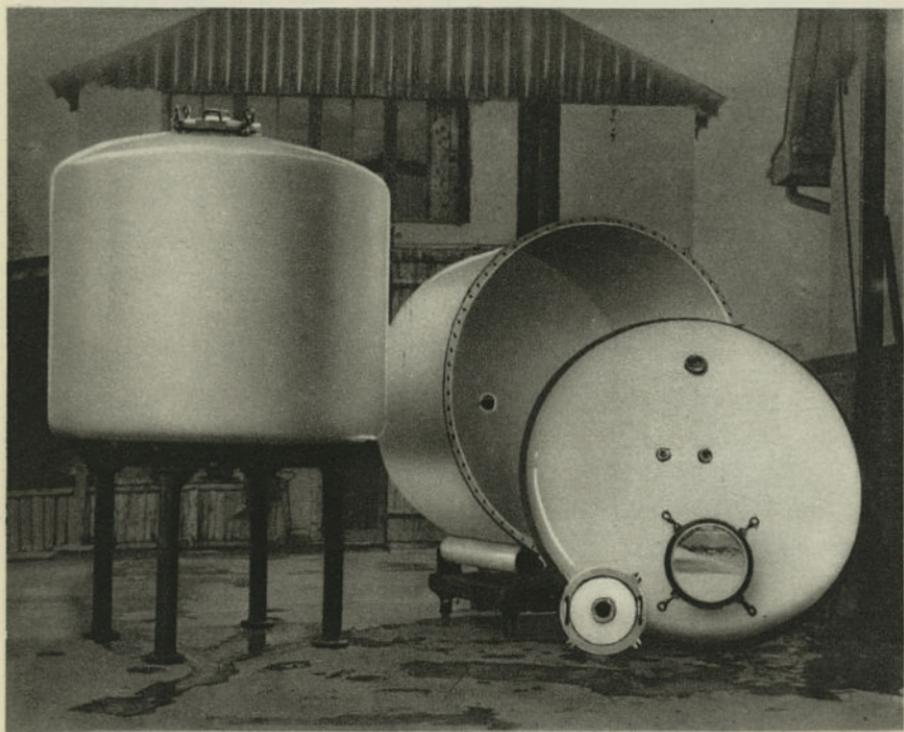
Boîtes de conserves en aluminium pour sardines, poissons, crabes, etc...

## LAITERIE, FROMAGERIE.

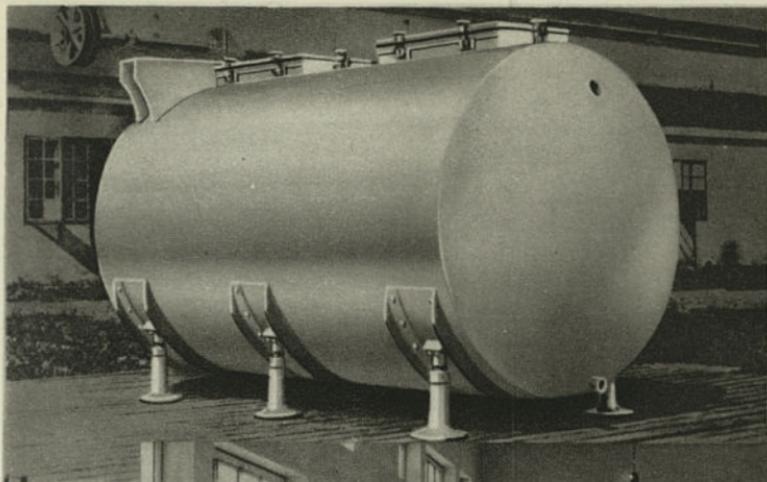
Les nombreux emplois de l'aluminium en laiterie sont connus depuis fort longtemps, tant pour les appareils mobiles — seaux à traire, bidons, accessoires de manutention, etc. — que pour le matériel fixe — cuve de stockage, tanks de garde sous pression, appareils de pasteurisation, etc.

Moins importantes peut-être, mais plus récentes, sont les applications du métal léger dans les fromageries, où il trouve cependant une place très indiquée pour la confection des bassines à cailler, des tables d'égouttage, des moules et de tout le petit appareillage de manipulation du caillé.

Les principaux avantages de l'aluminium sont sa non toxicité, sa bonne résistance à l'acide lactique, le fait qu'il ne communique aucun goût métallique au lait ou à la crème, même en contact prolongé avec ces produits.

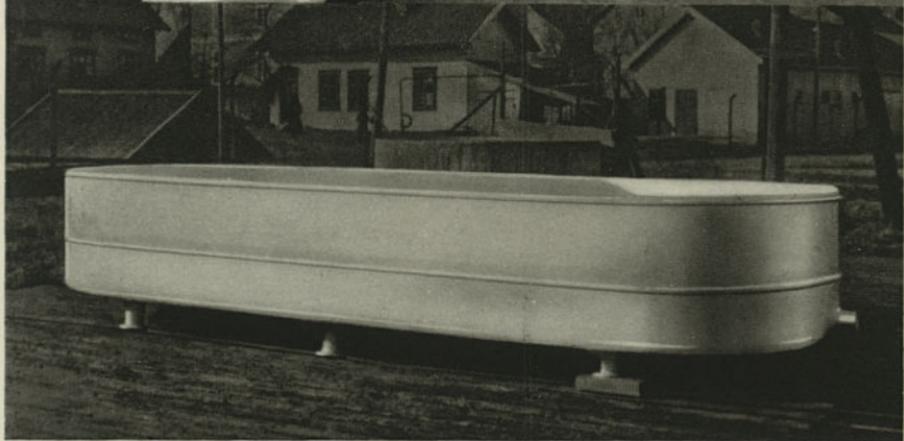


Cuves de laiterie en aluminium.



Cuve de  
stockage en  
aluminium  
dans une  
laiterie.

Installation de  
pasteurisation  
avec tanks en  
aluminium.

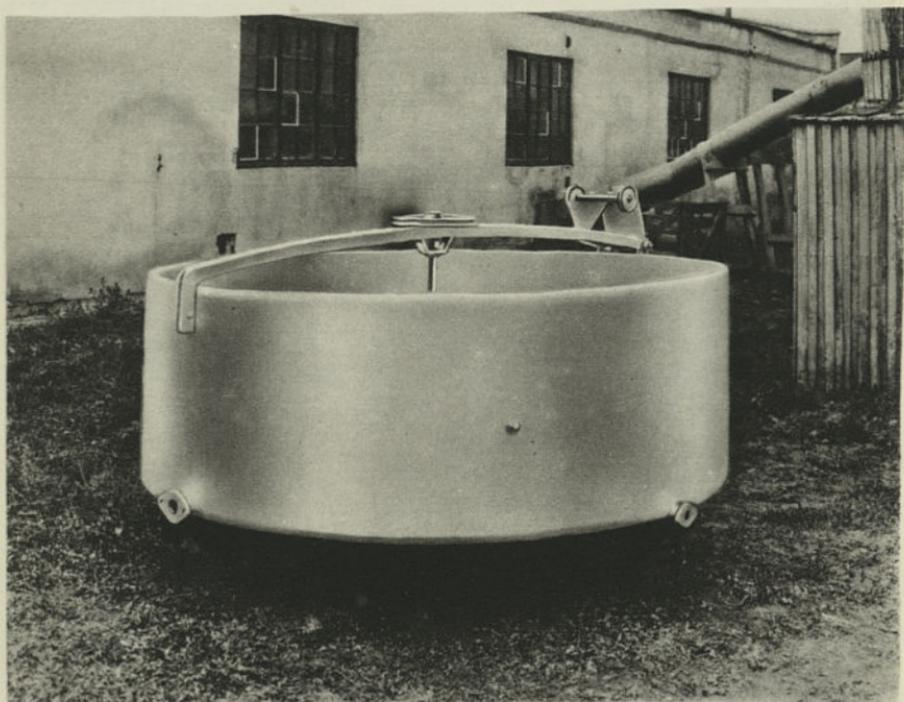


Bac de fromagerie.

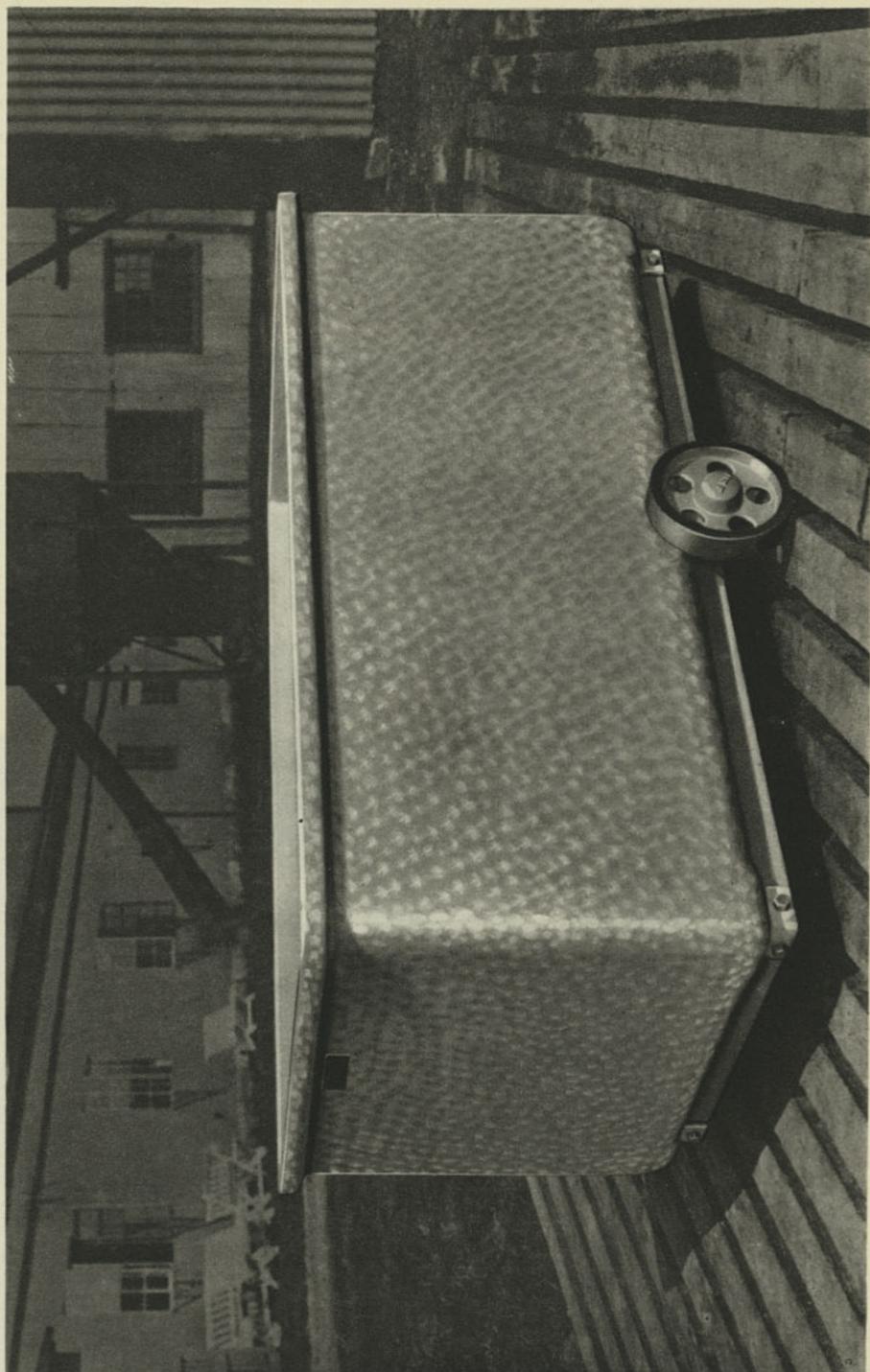
## MARGARINERIE.

L'emploi qui tend à se généraliser de l'aluminium comme métal constituant le matériel des usines à margarine, répond à la certitude éprouvée par la pratique qu'il offre pour cette fabrication les meilleures garanties.

On sait que dans cette industrie la graisse doit entrer le moins possible en contact avec le fer et jamais avec le cuivre, ni le plomb. L'aluminium, inattaquable aux acides gras, est donc le métal le plus indiqué. Aussi est-il couramment utilisé pour la construction des cuves de malaxage, bacs de refroidissement et d'égouttage, utilisés dans la fabrication de ce produit dans laquelle la parfaite qualité de la margarine et sa bonne conservation constituent une préoccupation essentielle des producteurs.



Bac pour la margarine.



Chariot pour la margarine.

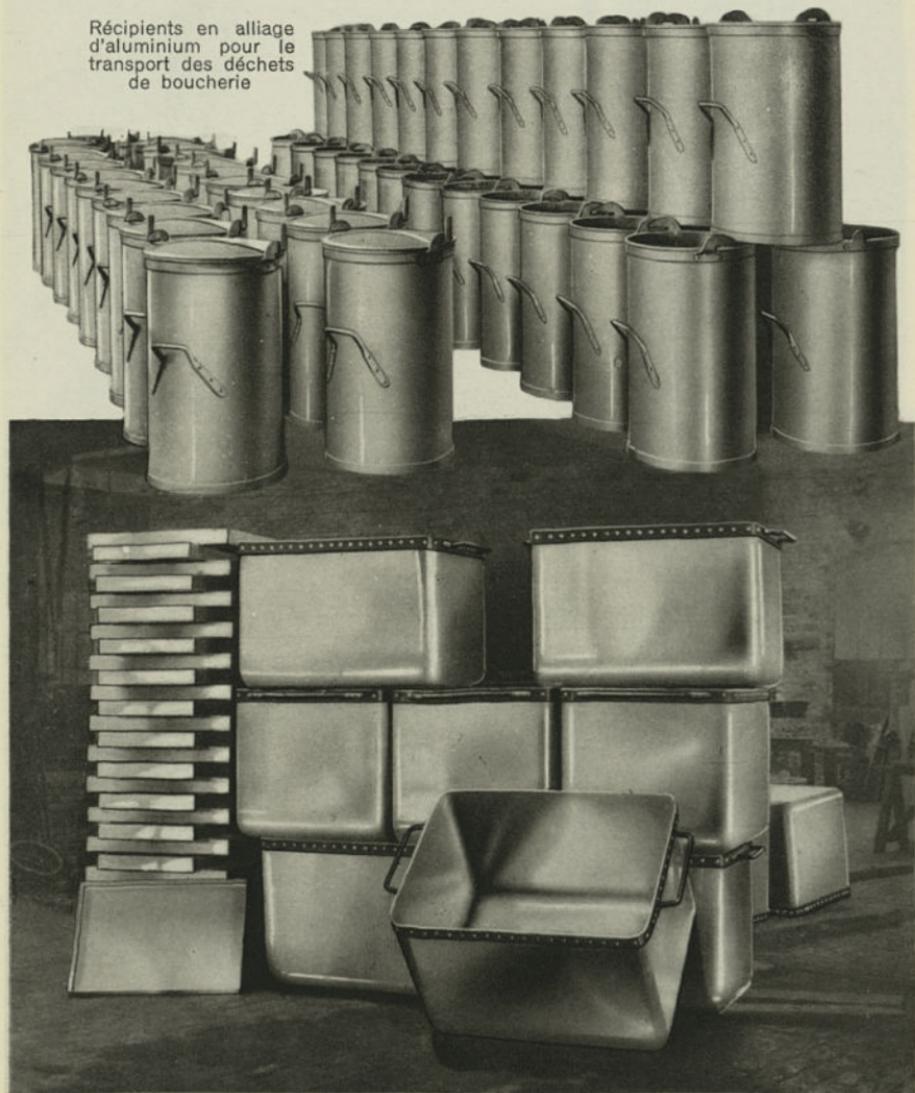
## BOUCHERIE, CHARCUTERIE.

L'innocuité absolue de l'aluminium et de ses sels ont fait adopter l'aluminium pour de nombreux appareils utilisés en boucherie et charcuterie.

Sa légèreté le fait rechercher spécialement pour les appareils devant être manipulés : plateaux et bassines pour le transport de la viande et des abats.

De plus on a reconnu que l'aluminium n'était pas attaqué par les déchets plus ou moins décomposés et l'on utilise ce métal en particulier dans certaines villes de Suisse pour recueillir et transporter les déchets des boucheries et charcuteries.

Récipients en alliage d'aluminium pour le transport des déchets de boucherie

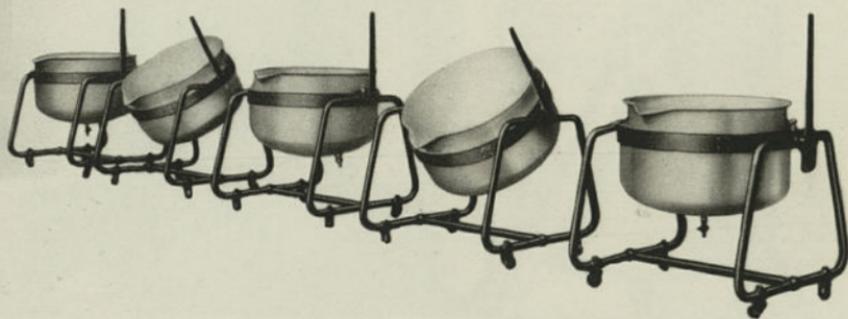


Cuves et plateaux de boucherie.

## BRASSERIE.

Les applications de l'aluminium en brasserie sont si connues et si généralisées à l'heure actuelle qu'il est inutile d'y revenir.

Les quelques photographies ci-contre représentent des appareils utilisés dans différents stades de la fabrication, depuis des bacs à levure jusqu'aux grandes caves de garde avec tanks horizontaux et verticaux, sans oublier les appareils de culture des levures, les cuves de fermentation, les citernes et les fûts pour le transport de la bière.

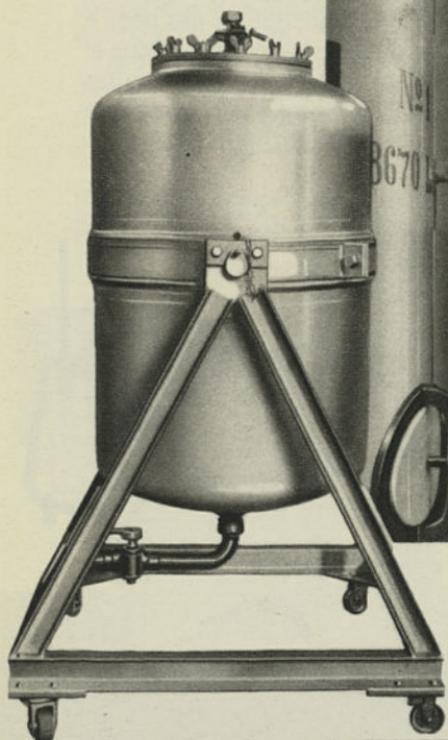
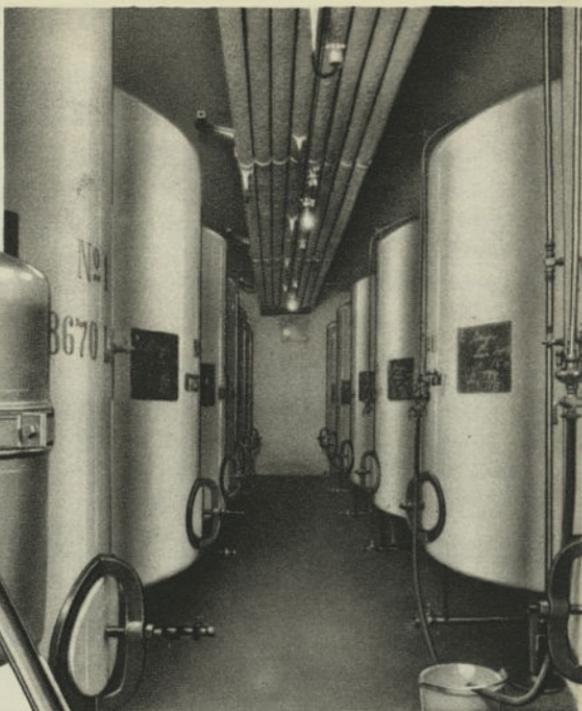


Cuves basculantes pour le transport de la levure.

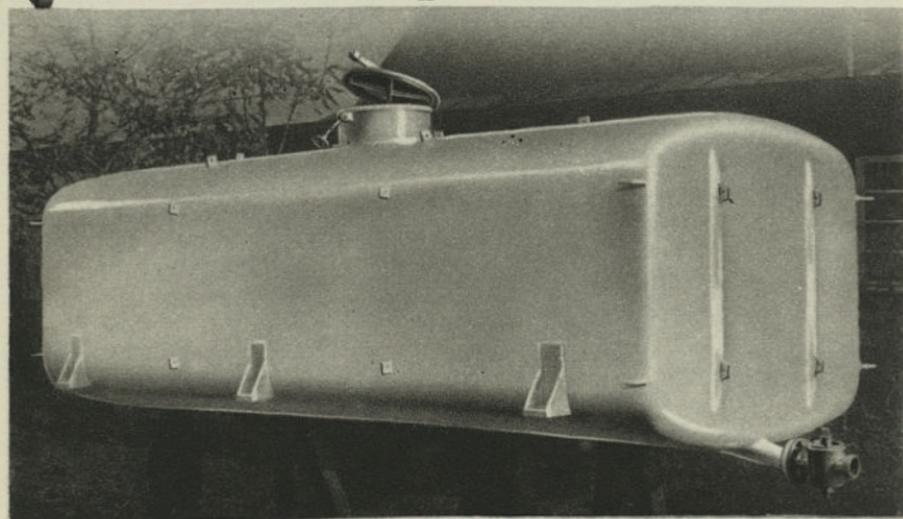


Tanks en aluminium de 100 hectolitres pour brasserie.

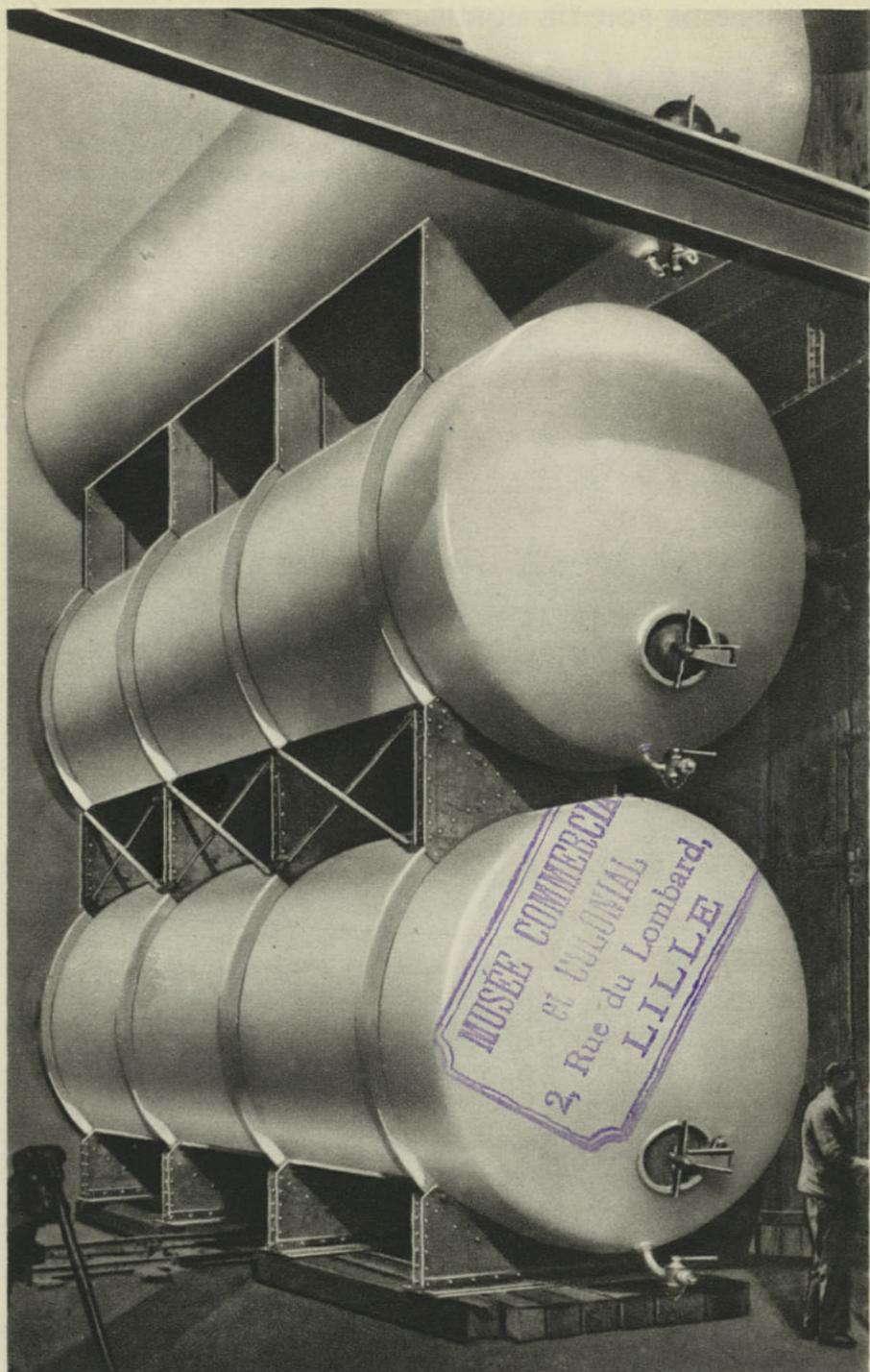
Tanks de garde en aluminium dans la cave d'une brasserie.



Autoclave pour la culture des levures.



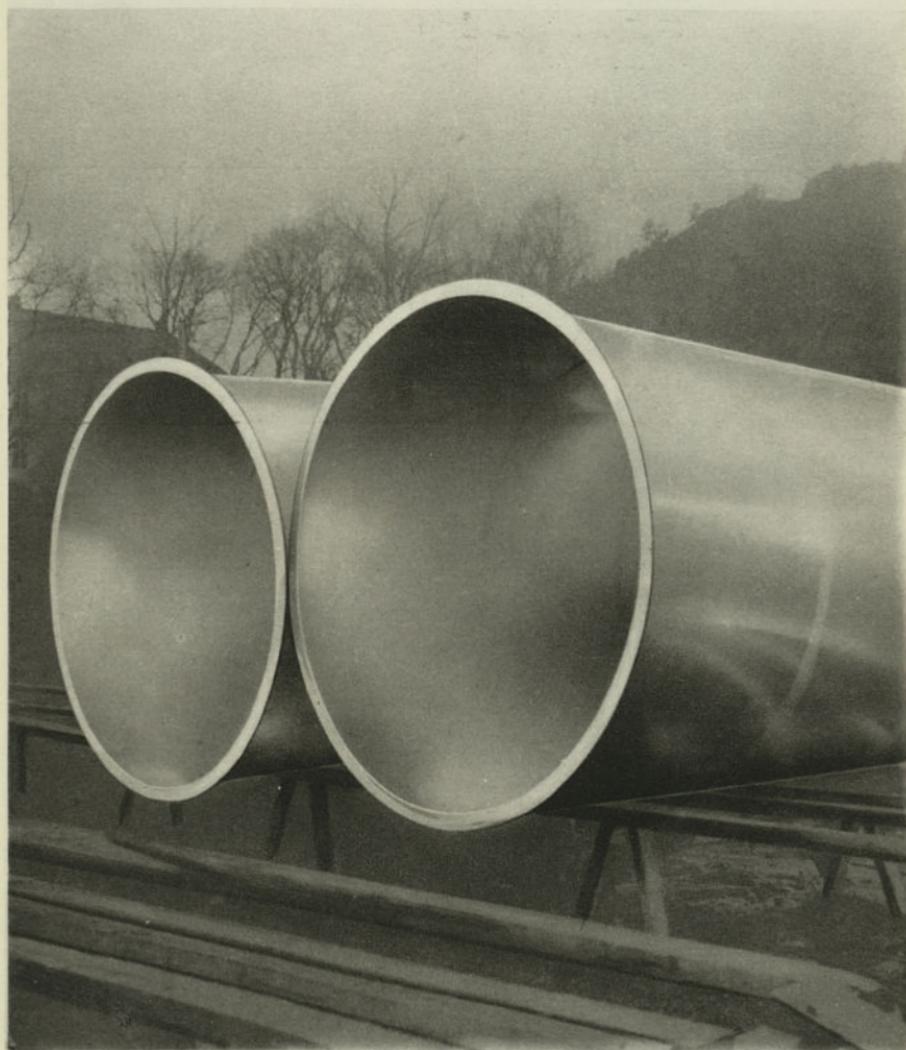
Citerne en aluminium pour le transport de la bière.



Tanks de brasserie en aluminium soudé (capacité 300 hectolitres)

## HUILE DE FOIE DE MORUE.

L'industrie des produits pharmaceutiques a de nombreuses occasions de faire appel aux intéressantes qualités de l'aluminium, non seulement pour des appareils de petites dimensions servant à la préparation ou à la purification de nombreux produits, mais aussi pour de grands appareils, comme le montrent les photographies ci-contre.



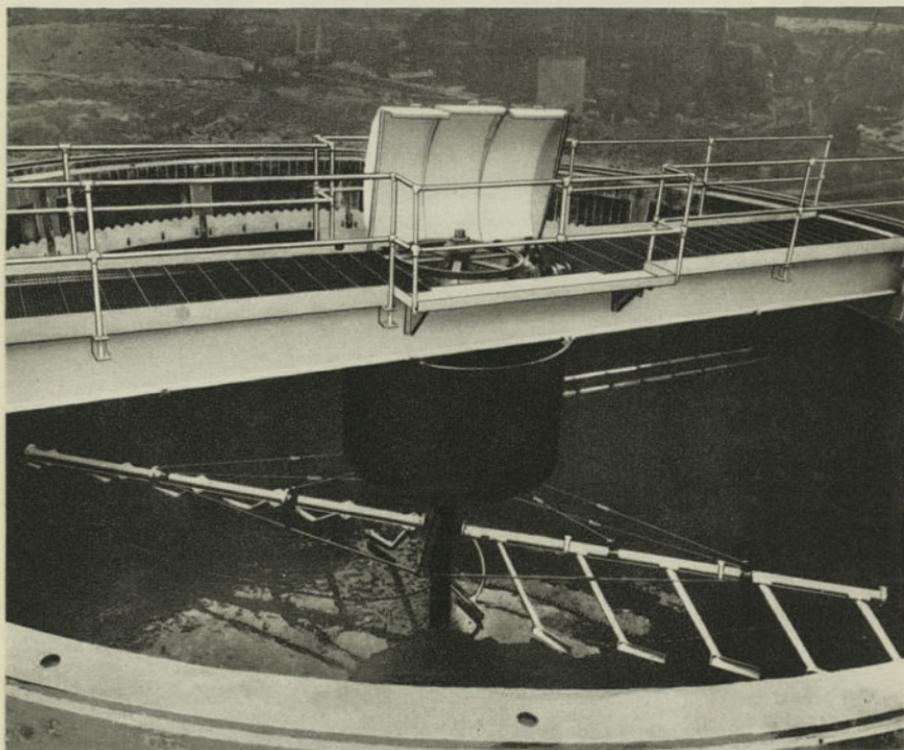
Cuves pour le traitement de l'huile de foie de morue.

## EAUX RÉSIDUAIRES.

Dans les usines de traitement des eaux usées, quel que soit le procédé utilisé, l'aluminium et certains de ses alliages de fonderie et de laminage trouvent des applications très intéressantes grâce à l'excellente résistance qu'ils offrent aux produits se dégageant des boues : hydrogène sulfuré, méthane, acide carbonique, azote, etc. Même dans les chambres d'amenée des boues où l'on effectue le chlorage et où il y a toujours un peu de chlore libre dans l'atmosphère, surtout en été, les essais effectués avec de l'aluminium ont montré une excellente résistance du métal. Une couche de peinture à l'aluminium renforcerait encore dans ce cas la résistance du métal.

Parmi les appareils qui ont déjà été réalisés en aluminium, ou qui pourraient avantageusement l'être, on peut citer : barres des grilles des chambres d'épuration mécanique, vannes, plaques des tambours des bassins de décantation, tamis, clapets, etc. Dans certains cas la légèreté du métal joue un rôle et jointe à sa bonne résistance chimique, en fait un matériau supérieur à ceux couramment utilisés.

La photographie ci-contre représente, en cours de montage, une installation de traitement des eaux résiduaires dans laquelle l'aluminium est largement utilisé.



Appareillage en aluminium dans une usine de traitement des eaux résiduaires.

## EMPLOI DE L'ALUMINIUM DANS LES EMBALLAGES.

L'aluminium est utilisé pour la fabrication des emballages de toute nature, bidons, tubes, capsules, papier, etc.

Avant d'utiliser l'aluminium pour l'emballage d'un produit quelconque, il est bon de faire auparavant quelques essais pratiques. Cependant, étant donné la variété des matières que l'on emballe couramment dans l'aluminium, il peut être utile d'en mentionner un certain nombre, par exemple : flaconnage et tubes souples pour l'emballage des pâtes et liquides neutres, tels que les graisses pures et huiles de massage, boîtes pour produits pharmaceutiques en pâte ou en poudre, à condition que ces produits soient emballés secs.

Dans le cas de certains produits, l'aluminium est protégé contre le contact au moyen d'un revêtement approprié, tels sont par exemple les emballages pour pâtes dentifrices, produits de beauté, cirages et crèmes à chaussures, onguents pharmaceutiques ayant une réaction faiblement acide ou alcaline.

L'aluminium est utilisé pour le capsulage des bouteilles à lait, d'eau minérale, de bière, whisky, etc.

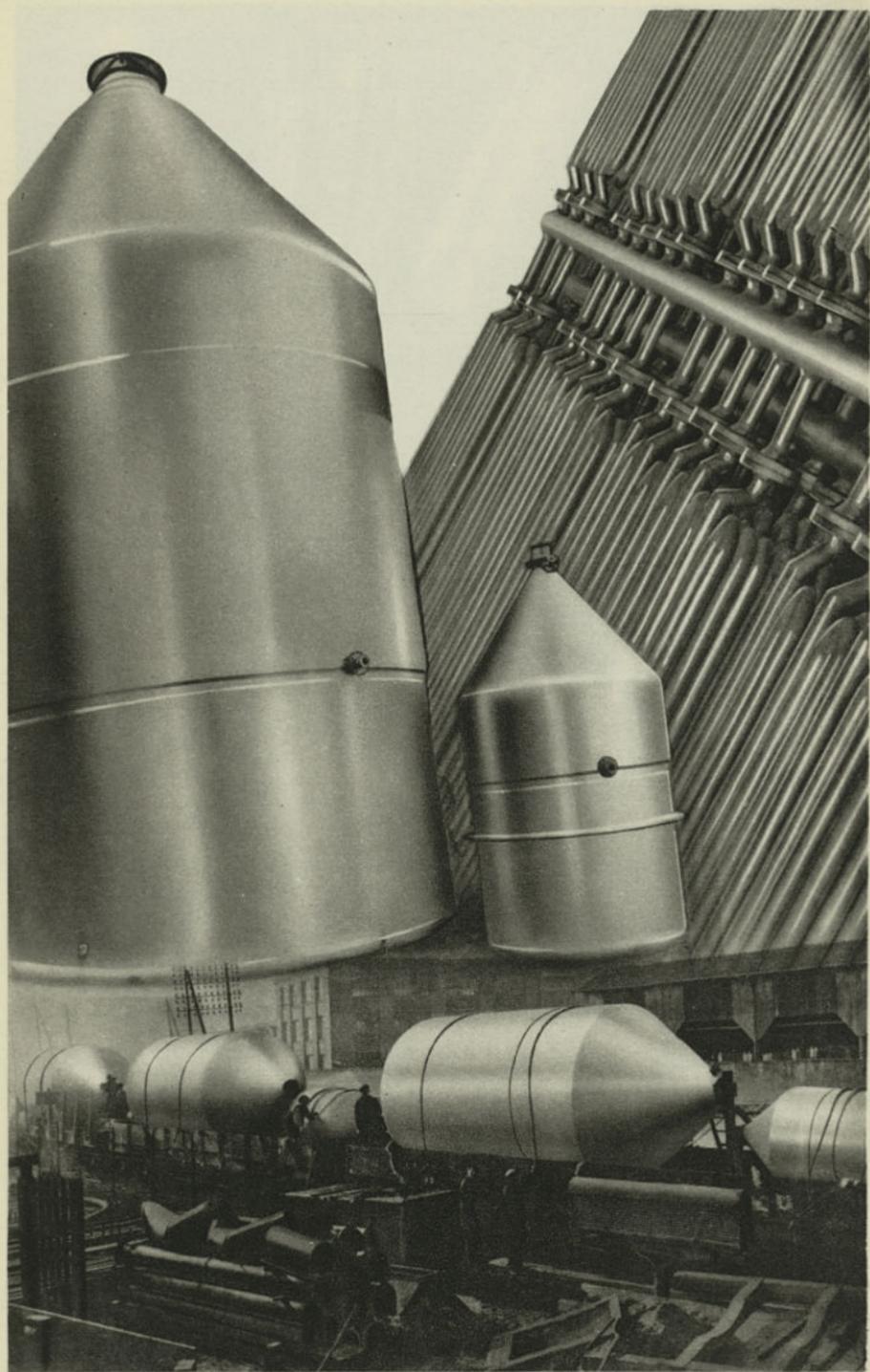
Sous forme de papier, c'est-à-dire de feuille mince d'aluminium nue ou recouvrant une feuille de papier ordinaire ou de carton, l'aluminium est utilisé pour l'emballage de produits alimentaires et autres, tels que le café, le thé, le chocolat, les confiseries, la margarine, les cigares, cigarettes, tabac, le savon, etc.



Exemples d'emballages en aluminium.



Exemples d'emballages en aluminium.



# INDEX ALPHABÉTIQUE

---

## A

Acétaldéhyde.....	69	Acide sélénique.....	38
Acétanilide.....	76	Acide stéarique.....	67
Acétate d'amyle.....	68	Acide succinique.....	73
Acétate de butyle.....	68	Acide sulfhydrique.....	36
Acétate d'éthyle.....	68	Acide sulfureux.....	37
Acétone.....	70	Acide sulfurique.....	37
Acétylène.....	62	Acide tartrique.....	73
Acide acétique.....	66-108	Acide valérique.....	67
Acide anthranilique.....	81	Activine.....	99
Acide azoteux.....	40	Agrafage.....	17
Acide benzoïque.....	77	Air.....	38
Acide borique.....	43	Albondur.....	24
Acide bromhydrique.....	34	Alcaloïdes.....	80
Acide butyrique.....	67	Alclad.....	24
Acide carbolique.....	76	Alcool amylique.....	64
Acide carbonique.....	42	Alcool butylique.....	64
Acide chlorhydrique.....	34	Alcool éthylique.....	62
Acide chromique.....	60	Alcool méthylique.....	62
Acide citrique.....	73	Alcool propylique.....	64
Acide cyanhydrique.....	42	Alcools et liqueurs.....	86
Acide fluorhydrique.....	33	Aldéhyde acétique.....	69
Acide formique.....	65	Aldéhyde benzoïque.....	79
Acide gallique.....	78	Aldéhyde crotonique.....	69
Acides gras.....	65	Aldéhyde formique.....	69
Acide lactique.....	73	Aldéhyde ordinaire.....	69
Acide malique.....	73	Aldural.....	24
Acide margarique.....	67	Allautal.....	24
Acide nitrique.....	39-106	Alpurit.....	99
Acide oléique.....	67-90	Alumilite (procédé).....	21
Acide orthophosphorique.....	41	Alun de chrome et de potassium.....	45
Acide oxalique.....	72	Alun de potassium.....	56
Acide palmitique.....	67	Amines (grasses).....	64
Acide paratoluène sulfo- nique.....	78	Ammoniac et solutions... ..	38
Acide phénylique.....	76	Anhydride phosphorique..	41
Acide phosphorique.....	41	Anhydride sulfureux.....	36
Acide phtalique.....	78	Aniline.....	76
Acide picrique.....	77	Anthracène.....	81
Acide propionique.....	67	Anthraquinone.....	81
Acide salicylique.....	78	Antigels.....	94
Acide sélénieux.....	38	Argent.....	57
		Arséniate de plomb.....	59
		Ata.....	100
		Azote.....	38

## B

Bains de fixation photographique .....	95
Bases azotées .....	64
Baryte .....	55
Bengough (procédé) .....	21
Benzène .....	75
Béton .....	96
Beurre .....	88
Bicarbonate de sodium .....	52
Bichromate de potassium .....	46
Bière .....	85
Bitartrate de potassium .....	47
Bitartrate de sodium .....	52
Bitumes .....	93
Blanc d'œuf .....	74
Bon Ami .....	98
Borate de sodium .....	52
Boues résiduaires (de carbure de calcium) .....	55
Bouillie acide T .....	99
Bouillie bordelaise .....	97
Bouillie sulfocalcique .....	97
Bouillies (tannerie) .....	89
Brindisine .....	99
Brome .....	34
Bromoforme .....	71
Bromure d'ammonium .....	47
Bromure d'éthylène .....	71
Bromure de potassium .....	45
Bromure de sodium .....	50

## C

Camphre .....	79
Caoutchouc .....	79
Carbonate d'ammonium .....	49
Carbonate de calcium .....	55
Carbonate de potassium .....	46
Carbonate de sodium .....	51
Carbone .....	42
Carburants .....	75
Carbure de calcium .....	55
Carbures d'hydrogène .....	61
Cellulose .....	75
Cérésine .....	62
Cétones aromatiques .....	79
Cétones grasses .....	70
Charbon .....	42
Chaux .....	54
Chloramine .....	99
Chlorate de potassium .....	44

Chlorate de sodium .....	50
Chlore .....	33
Chloroforme .....	71
Chlorure d'aluminium .....	56
Chlorure d'ammonium .....	47
Chlorure d'aniline .....	76
Chlorure de baryum .....	55
Chlorure de benzoïle .....	78
Chlorure de calcium .....	53
Chlorure de chaux .....	54
Chlorure d'étain .....	59
Chlorure d'éthyle .....	70
Chlorure d'éthylène .....	70
Chlorure ferrique .....	60
Chlorure de magnésium .....	53
Chlorure de potassium .....	44
Chlorure de sodium .....	49
Chlorure de sulfuryle .....	38
Chlorure de zinc .....	57
Choucroute .....	87
Chromate de potassium .....	46
Cidre .....	85
Ciment .....	96
Cires .....	92
Cognac .....	86
Colles .....	74
Colloïdes .....	44
Colophane .....	79
Conserves .....	119
Copal .....	92
Craie .....	55
Crème .....	88
Créosote .....	97
Crésols .....	77
Crétylols .....	77
Curémail .....	98
Cyanure de potassium .....	45

## D

Dichloréthylène .....	70
Doublage des surfaces .....	24
Duralplat .....	24

## E

Eau distillée .....	30
Eau de pluie .....	30
Eau de canalisations .....	31
Eau de Cologne .....	91
Eau de mer .....	31
Eau oxygénée .....	35
Eau-de-vie .....	86

Eau-de-vie de genièvre...	86
Eau-de-vie de grain .....	86
Eau-de-vie de riz .....	86
Ecorce de pin.....	89
Elfotine.....	98
Eloxal.....	21
Emballages .....	130
Encres .....	93
Encre de Chine.....	93
Essais de corrosion (méthode d') .....	13
Essence de citron .....	85
Essence de fraise.....	85
Essence de framboise .....	85
Essences de fruits .....	85
Essence d'orange .....	85
Essence de térébenthine..	79
Ethanal.....	69
Ether acétique .....	68
Ether éthylique .....	64
Ether oxalique.....	68
Ether sulfurique .....	64
Ethylglycol .....	72
Extrait de bois de Panama.	89
Extrait cellulosique .....	90

## F

Favoria .....	98
Ferricyanure de potassium	46
Ferrocyanure de potassium	46
Fluor .....	33
Fluosilicate de sodium .....	52
Formaldéhyde .....	69
Formiate d'aluminium.....	56
Formol .....	69
Fromages .....	88
Fulminate de mercure .....	59
Furfurol .....	80

## G

Gaz d'éclairage.....	95
Gaz de fumées.....	95
Gélatine .....	74
Gin.....	86
Glace .....	31
Glucose.....	73
Glycérine .....	72
Glycin .....	95
Glystantine .....	94
Gomme laque.....	79
Goudrons.....	90

## H

Harengs marinés .....	88
Henko.....	100
Huiles essentielles.....	91
Huile d'eucalyptus.....	79
Huile de foie de morue .....	92
Huile de lin.....	92
Huiles minérales .....	61
Huiles de moteurs .....	90
Huile de ricin .....	91
Huile de transformateurs..	90
Hydrogène .....	33
Hydrogène sulfuré.....	36
Hydroquinone .....	77
Hyposulfite de sodium .....	51

## I

Imi .....	100
Indol.....	80
Insecticides .....	97
Iode .....	34
Iodoforme .....	72
Iodure d'arsenic .....	41
Isatine .....	80

## J

Jex .....	98
Jus de fruits .....	84
Jus d'oignons .....	87
Jus d'oranges .....	85
Jus de pommes .....	85
Jus sucrés .....	37

## K

Kaol .....	98
------------	----

## L

Lactose .....	73
Lait.....	88
Lait sur .....	88
Laque de garance.....	92
Levain .....	89
Liqueurs .....	86
Lithine .....	44
Lithopone .....	93

M	
Mannite.....	72
Marbre.....	55
Margarine.....	88-122
Matières colorantes.....	81
Mecano.....	98
Menthol.....	79
Mercure.....	58
Métaldéhyde.....	69
Méthanal.....	69
Méthol.....	95
Méthylamine.....	64
Méthylphénols.....	77
Miel.....	87
Minlos.....	100
Mirror.....	98
Montanwachs.....	92
Moutarde.....	87

N	
Nab.....	98
Naphtaline.....	80
Naphtols.....	80
Naphtylamine.....	80
Néomoscan.....	99
Néradol.....	90
Nicotine.....	80
Nitrate d'aluminium.....	56
Nitrate d'ammonium.....	48
Nitrate de plomb.....	59
Nitrate de potassium.....	45
Nitrate de sodium.....	51
Nitrite de potassium.....	45
Nitrite de sodium.....	51
Nitrocellulose.....	75
Nitroglycérine.....	72

O	
Onguents pharmaceutiques.....	91
Outremer.....	93
Oxalate de calcium.....	55
Oxalate d'éthyle.....	68
Oxydation anodique.....	21
Oxyde de carbone.....	42
Oxyde de chrome.....	59
Oxyde d'éthyle.....	64
Oxyde de zinc.....	57
Oxygène.....	35

Ozokérite.....	92
Ozone.....	35

P	
Papier.....	94
Paraffine.....	61
Paraldéhyde.....	69
Peintures.....	24
Peintures à l'asphalte.....	93
Perchloréthylène.....	70
Permanganate de potassium.....	47
Peroxyde d'azote.....	40
Persil.....	100
Pétroles.....	61
Phénol.....	76
Phloroglucine.....	77
Phosphate bibasique d'ammonium.....	49
Phosphate tribasique de sodium.....	51
Phosphore.....	41
Plastiline.....	93
Plâtre.....	96
Potasse.....	45
Potz.....	98
Procédé M.B.V.....	22
Produits de distillation du pétrole.....	61
Purin.....	96
Pyrogallol.....	77

Q	
Québracho (Extrait de)....	89

R	
Résines.....	79-92
Résorcine.....	77
Révélateurs photographiques.....	95
Rhum.....	86
Rivetage.....	20
Rouille.....	60

S	
Sapolithe.....	98
Savon noir.....	100
Sels d'argent.....	60

Sels de cuivre .....	57
Sels de mercure.....	58
Sel de Saturne.....	59
Sels pour mélanges réfrigérants .....	94
Sesquisulfure de phosphore .....	41
Silicate de potassium .....	46
Silicate de soude .....	52
Soda .....	84
Soie artificielle.....	90
Soude .....	50
Soudure .....	18
Soufre .....	36
Sous-acétate de plomb .....	59
Sulfate d'aluminium.....	56
Sulfate d'ammonium.....	47
Sulfate d'aniline .....	76
Sulfate de calcium .....	54
Sulfate de cuivre.....	57
Sulfate ferreux .....	60
Sulfate ferrique .....	60
Sulfate de magnésium .....	53
Sulfate de nicotine .....	80
Sulfate de potassium .....	46
Sulfate de sodium .....	51
Sulfate de zinc .....	57
Sulfhydrate de calcium .....	54
Sulfite de sodium.....	50
Sulfocyanure d'ammonium .....	48
Sulfocyanure de potassium .....	46
Sulfonal .....	70
Sulfure d'ammonium .....	47
Sulfure de calcium .....	54
Sulfure de carbone .....	42

T

Tanin .....	78
Tannerie .....	89
Teinture d'iode .....	34
Tétrachlorure de carbone.....	71
Tétrachlorure de silicium.....	42
Tétrahydronaphtaline .....	80
Tétraline .....	80
Toluène.....	75
Trichloréthylène .....	70
Tricrésylphosphate.....	94
Trinitrophénol .....	77
Triphénols.....	77
Trosilin .....	100

U

Urine .....	96
-------------	----

V

Vapeur d'eau.....	31
Vapeurs nitreuses.....	40
Védal .....	24
Vernis .....	93
Viande.....	89
Vin.....	86
Vissage .....	17

W

Whisky .....	86
--------------	----

Y

Yoghourt.....	88
---------------	----





# TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages
CHAPITRE PREMIER. — Généralités .....	9
CHAPITRE II. — Méthodes d'essai de la résistance chimique de l'aluminium et de ses alliages .....	13
CHAPITRE III. — Travail de l'aluminium.....	17
CHAPITRE IV. — Traitement des surfaces ...	21
CHAPITRE V. — Précautions de montage et d'entretien.....	25
CHAPITRE VI. — Tenue de l'aluminium aux produits chimiques inorganiques et organiques.....	29
1. PARTIE INORGANIQUE.	
Eau.....	30
Métalloïdes .....	33
Métaux alcalins.....	43
Métaux alcalino terreux .....	53
Métaux terreux .....	56
Métaux lourds .....	57
2. PARTIE ORGANIQUE.	
Série grasse.....	61
Série aromatique.....	75
CHAPITRE VII. — Tenue de l'aluminium aux substances diverses .....	83
Produits alimentaires .....	84
Produits divers d'emploi courant.....	89
CHAPITRE VIII. — Quelques exemples d'applications de l'aluminium .....	101
INDEX .....	133

# TABLE DES MATIÈRES

133	INDEX
101	CHAPITRE VIII — Quelques exemples d'ap- plication de l'aluminium
89	Produits divers d'emploi courant
84	Produits alimentaires
83	Substances diverses
81	Soleils gazeux
78	Soleils métalliques
V. PARTIE ORGANIQUE	
87	Métaux lourds
86	Métaux légers
85	Métaux alcalins terreux
84	Métaux alcalins
83	Métalloïdes
82	Eau
I. PARTIE INORGANIQUE	
59	Produits chimiques inorganiques et orga- niques
52	CHAPITRE VI — Table de l'aluminium aux d'oxydes
45	CHAPITRE V — Précautions de montage et d'entretien
41	CHAPITRE IV — Traitement des surfaces
37	CHAPITRE III — Travail de l'aluminium
19	alliage
18	distances chimiques de l'aluminium et de ses
15	CHAPITRE II — Méthodes d'essai de la ré-
9	CHAPITRE PREMIER — Généralités

ÉDITÉ POUR LE  
BUREAU INTERNATIONAL  
DES APPLICATIONS  
DE L'ALUMINIUM  
PAR  
RISS - PUBLICITÉ  
68, CHAMPS-ÉLYSÉES  
PARIS (8<sup>e</sup>)