

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA GRANDE MONOGRAPHIE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	[Conservatoire national des arts et métiers]
Titre	Conférences de guerre
Adresse	[s.l.] : [s.n.], [1914-1918]
Nombre de volumes	35
Cote	CNAM-BIB Ms 271, A 53578, A 53581, Br 1155, 12 Xa 277
Sujet(s)	Guerre mondiale (1914-1918)
Note	La note de présentation renvoie vers d'autres conférences numérisées par d'autres établissements.
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?MS271
LISTE DES VOLUMES	
	La guerre : la chimie du feu et des explosifs : conférence [30 novembre 1914]
	L'organisation du crédit en Allemagne et en France [14 décembre 1914-4 mars 1915]
	Le "75" : conférence [17 décembre 1914]
	La guerre, la stérilisation des eaux, la chimie des aliments : conférences [18 janvier et 22 février 1915]
	Conférence sur la question monétaire et les changes étrangers [15 novembre 1915]
	Conférence sur l'idée de loi [18 novembre 1915]
	Conférence sur les problèmes financiers de la guerre [22 novembre 1915]
	Conférence sur les problèmes généraux d'hygiène industrielle [2 décembre 1915]
	Conférence sur les succédanés de la monnaie [13 décembre 1915]
	Conférence sur les modes de coopération des sociétés de prévoyance à la vie [16 décembre 1915]
	Conférence sur la question du change en termes généraux [20 décembre 1915]
	Conférence sur le paiement de l'indemnité de guerre de 1870-1873 [10 janvier 1916]
	Exploitation industrielle et production de la nature vivante [13 janvier 1916]
	Conférence sur les problèmes actuels du change [17 janvier 1916]
	Le régime normal et le régime de guerre des inventions et brevets en France [27 janvier 1916]
	Conférence sur l'organisation des caisses d'épargne [31 janvier 1916]
	Conférence sur le dépôt des brevets d'invention [3 février 1916]
	Conférence sur l'organisation sociale de l'Allemagne [7 février 1916]
	Conférence sur le régime de guerre des inventions [10 février 1916]
	Conférence sur les industries électro-chimiques [14 février 1916]
	Conférence sur les caisses d'épargne après la loi de 1897 [17 février 1916]
	Conférence sur l'application de l'électro-chimie [21 février 1916]
	Conférence sur l'étude de l'électrolyse du chlorure de sodium ou du chlorure de potassium [28 février 1916]
	Conférence sur l'alimentation de l'industrie en matières premières dans l'après-guerre [2 mars 1916]

	Conférence sur la cherté de la vie et les munitions [6 mars 1916]
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	Conférence sur l'électrolyse de la soude par amalgame [9 mars 1916]
	Conférence sur le fonctionnement de l'assistance [13 mars 1916]
	Conférence sur les conditions de relèvement économique de la France et des alliés après la guerre [23 mars 1916]
	Conférence sur les réformes de demain [27 mars 1916]
	Conférence sur l'état actuel de la métallurgie du fer [3 avril 1916]
	Conférence sur la situation économique de la métallurgie [6 avril 1916]
	Conférence sur les causes de la supériorité de l'Allemagne [10 avril 1916]
	Conférence sur les autres causes de la supériorité de l'Allemagne [13 avril 1916]
	Les conditions de l'organisation et du développement commercial des industries chimiques [9 novembre 1916]
	Conférence sur les conditions économiques générales sur lesquelles baser l'extension de la production des industries chimiques [18 janvier 1917]

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	Conférences de guerre
Volume	Conférence sur l'électrolyse de la soude par amalgame
Adresse	[s.l.] : [s.n.], 1916
Collation	23 f.
Nombre de vues	46
Cote	CNAM-BIB Ms 271 (26)
Sujet(s)	Guerre mondiale (1914-1918) -- Aspect économique Électrolyse Soude
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Manuscrit
Langue	Français
Date de mise en ligne	22/05/2025
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://calames.abes.fr/pub/cnam.aspx#details?id=Calames-202402071752651127
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?MS271.26

Note de présentation des Conférences de guerre

Avec la Première Guerre mondiale, l'enseignement au Conservatoire est bouleversé. Les cours qui commencent habituellement en novembre ne peuvent pas être organisés. La mobilisation générale a soustrait 9/10 des auditeurs dont l'âge moyen est situé entre 19 et 45 ans, ainsi que de nombreux professeurs [1] et préparateurs indispensables aux cours expérimentaux. Le directeur du Conservatoire et ses professeurs non mobilisés souhaitent toutefois maintenir une activité. Les professeurs, parmi lesquels Léopold Mabilleau, Émile Fleurent, André Liesse, Jules Violle, André Job, Paul Beauregard, proposent des conférences « isolées ou en séries, faites très simplement sur des sujets inspirés des préoccupations de la guerre » en lien avec leurs enseignements. L'objectif est de « parler de questions relatives à la guerre et de former dans le public une opinion saine et sérieuse sur des questions soit techniques, soit économiques ». Les conférences sont programmées les lundis et jeudis du 30 novembre 1914 au 8 mars 1915, à 17h pour être accessibles au plus grand nombre. Afin d'assurer un auditoire suffisant, le cycle de conférences est annoncé dans plusieurs titres de presse dont : *Le Siècle*, *L'Action*, *Le Petit Journal*, *La France de demain*, *Le Figaro*.

Dès décembre 1914, la maison d'édition Berger-Levrault propose au Conservatoire d'entreprendre « à ses risques et périls » la publication des conférences données au Conservatoire. Les conférences feraient chacune l'objet d'un fascicule séparé d'environ 20 pages avec éventuellement la reproduction de clichés. Les séries de conférences sur un même sujet telles que celles d'André Liesse sur l'organisation du crédit en France et en Allemagne, ou d'Émile Fleurent sur les industries chimiques seraient réunies en un seul fascicule. Ces conférences sont publiées dans la collection « Pages d'histoire - 1914-1915 ».

Le grand amphithéâtre du Cnam est alors équipé pour se servir du cinématographe ; quatre conférences s'appuient sur des projections cinématographiques. Lors de sa conférence du 11 février 1915, Jules Violle présente toutes les opérations de plongée d'un sous-marin dans la rade de Toulon. Cette conférence sera relatée dans le journal britannique *The Illustrated London News* du 9 octobre 1915.

Les conférences rencontrent un grand succès, l'amphithéâtre de 800 places fait salle comble. Raoul Narsy, journal et critique littéraire au *Journal des débats*, définit le genre de la conférence en temps de guerre comme « un [des] services auxiliaires » de la guerre elle-même faisant l'éloge des différents cycles de conférences sur ce thème organisés à l'Institut catholique de Paris, l'École pratique des hautes études ou encore la Société des Amis de l'Université de Paris et accordant une « mention toute spéciale » aux conférences du Conservatoire [2].

En raison du succès des conférences et de la guerre qui perdure, de nouvelles séries de conférences sont organisées pour les années 1915-1916, 1916-1917 et 1917-1918 ; à partir de la 3^e année, elles sont intitulées « cours-conférences ».

La collection des conférences est lacunaire, l'ensemble comprend : 4 conférences publiées de l'hiver 1914-1915, 29 conférences dactylographiées de l'hiver 1915-1916, 2 conférences dactylographiées de l'hiver 1916-1917. Certaines conférences conservées dans d'autres établissements sont disponibles en ligne : [Du rôle de la physique à la guerre](#) [10 décembre 1914] et [De l'avenir de nos industries physiques après la guerre](#) [11 février 1915], par Jules Violle ; [Le droit de la guerre, autrefois et aujourd'hui](#) [21 décembre 1914] et [Comment on paie en temps de guerre](#) [21 janvier 1915], par Émile Alglave ; *Les industries chimiques en France et en Allemagne* par Émile Fleurent ([I] et [II]) ; et [La vie économique en France pendant la guerre actuelle](#) [15 février 1915], par Paul Beauregard.

[1] Dix professeurs ou suppléants sont mobilisés : Sauvage, Guillet, Bricard, Blaringhem, Heim, Mesnager, Boudouard, Métin, Dunoyer, Magne ; ou mobilisables : Job, Dantzer.

[2] [Journal des débats littéraires et politiques](#), 7 janvier 1915.

Florence Desnoyers-Robison

Bibliothèque centrale du Cnam

Sources :

Archives du Cnam, 2 CC/23.

Archives du Cnam, Procès-verbaux du Conseil d'administration du Cnam, 1914-1918.

M. JOB. 9 Mars 1916

Mesdames, Messieurs.

Je vous parlais l'autre jour de la préparation de la soude et du chlore et je vous disais que l'un des procédés employés était le procédé Kestner-Kellner, à l'amalgame de sodium, procédé qui a été repris par les usines Solvay.

Nous allons vous montrer l'électrolyse de la soude par amalgame.

Le sodium va au pôle négatif, et il est capté par le mercure, il forme de l'amalgame de sodium.

Ce n'est qu'ultérieurement que cet amalgame réagira sur l'eau et donnera de l'hydrogène en donnant la soude.

En haut le bain de mercure, le courant est amené en bas par un fil métallique protégé par un fil de verre, le mercure sert de cathode, l'anode est en charbon.

Le courant passe et vous voyez qu'il ne se dégage pour ainsi dire pas d'hydrogène sur le pôle négatif, l'hydrogène se dégage au pôle positif.

Le sodium est donc bien capté par le mercure.

Dans les appareils industriels, ce mercure chargé de sodium s'accumule et va dans des appareils voisins, se décompose au contact de l'eau; on obtient ainsi de la soude pure.

Projection de l'expérience

En laissant l'amalgame dans l'appareil, il réagit sur l'eau et l'hydrogène se dégage, surtout dans une certaine région.

Voilà le schéma de la méthode Kestner-Kellner reprise par Solvay.

Ce sodium lui-même, nous en avons beaucoup parlé

REVISED, 1950

A circular library stamp from the University of Toronto Libraries. The text "UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARIES" is arranged in a circle around the perimeter. In the center, the year "1917" is stamped.

nous ne l'avons pas isolé, il est vrai que nous ne le cherchions pas, nous cherchions la soude.

Mais nous pourrions tout de même nous proposer d'isoler le sodium.

Comment faire pour retrouver le sodium, puisqu'il réagit sur l'eau? Nous l'avons capté ici comme amalgame de sodium et à la rigueur on pourrait prendre cet amalgame, le distiller, il resterait le sodium, mais c'est très compliqué; cependant on peut le faire directement, en électrolysant de façon telle qu'il ne réagisse pas sur l'eau, en électrolysant le sodium à l'état fondu, en dehors du milieu ~~fondu~~ aqueux; voici une toute autre phase de la question électrochimique: l'électrolyse des sels fondus.

En effet les sels ne sont pas seulement conducteurs quand ils sont dissous dans l'eau, ils sont aussi conducteurs à l'état fondu; ils le sont même avant la fusion; ce n'est pas par le fait de la fusion qu'ils sont conducteurs; c'est ^{par} l'élévation de la température à laquelle ils sont soumis. La plupart des sels deviennent conducteurs pourvu qu'on élève la température.

De sorte que si l'on maintient du chlorure de sodium à l'état fondu et qu'on fasse passer le courant, on pourra isoler du chlore et du sodium.

Vous vous rendez bien compte que ce sera une opération plus difficile que ~~que~~ l'électrolyse en milieu aqueux; elle est plus difficile non seulement à cause des complications de l'expérience, mais parce qu'il faudra plus d'énergie pour séparer les éléments isolés, ainsi quand nous préparons de la soude, nous avons un produit tel que pour remonter au sodium

nonne ne l'avons pas isolé, il est vrai que nous ne le cher-
chons pas, nous cherchons la source.

Mais nous pourrions tout de même nous proposer

d'isoler le sodium.

Comment faire pour retrouver le sodium purifié?

Il faut voir. Nous l'avons capté ici comme un élément de so-
dium et à la fin on pourrait prendre cet élément, le dis-
soudre, il resterait le sodium, mais c'est très compliqué;
cependant on peut le faire directement, en électrolysant
de façon telle qu'il ne réagisse pas avec l'eau, en électro-
lysant le sodium à l'état fondu, en dehors du milieu aqueux.
Voilà une toute autre phase de la question électro-
chimique: l'électrolyse des sels fondus.

En effet les sels ne sont pas seulement conducteurs
et ils sont classés dans deux, ils sont aussi conducteurs
à l'état fondu; ils le sont même avant la fusion: ce n'est
pas par la fin de la fusion qu'ils sont conducteurs; c'est
l'élévation de la température à laquelle ils sont soumis.
La plupart des sels deviennent conducteurs pourvu qu'on élève
la température.

Le sodium que si l'on mettait en contact avec
sodium à l'état fondu et qu'on laisse passer le courant, on
pourrait isoler du sodium et du sodium.

Mais vous voyez bien aussi que ce sera une opéra-
tion très difficile que l'électrolyse en milieu aqueux;
elle est très difficile non seulement à cause des complications
de l'expérience, mais parce qu'il faut plus d'énergie pour
séparer les éléments isolés, ainsi quand nous préparons de la
sodium nous avons un produit tel que pour remonter au sodium

il faudrait encore de l'énergie.

Inversement, si nous voulons obtenir le sodium directement, il faudra donner ce supplément d'énergie pour l'obtenir; nous allons nous rendre compte de l'énergie qu'il faudra restituer au chlorure de sodium pour isoler le chlore et le sodium, en brûlant la soude dans le chlore

Expérience:

Pour que le sodium brûle bien dans le chlore, on élève la température ^{afin d'} ~~pour~~ amorcer l'opération. On chauffe un fragment de sodium et quand il aura atteint la température de fusion, 97° environ, on le plonge dans le chlore, il brûle avec un dégagement de chaleur considérable; c'est cette énergie ^{que} qui va être dégagée ici ~~quand~~ nous devons restituer au chlorure de sodium pour isoler les éléments.

Quelles sont les difficultés de ce genre d'opération, de l'électrolyse dans ces conditions?

Une première complication, c'est qu'il faut fondre le sel, ce n'est pas toujours facile; il faut élever la température, en effet jusqu'au rouge vif pour obtenir le sel fondu; A cette température nous faisons passer le courant, l'électrode est en charbon ou en ^{éléments} ~~fer~~ qui sont pourtant les moins attaquables par les réactifs formés, mais l'attaque est plus vive que la fusion et nous rencontrons là une première difficulté: empêcher l'attaque ^{par} ~~entre~~ les réactifs à haute température.

La deuxième difficulté sera celle que nous avons déjà rencontrée en milieu aqueux : il faudra éviter l'action du chlore sur le sodium et à haute température, cela est bien difficile .

Enfin il y a une troisième difficulté, c'est qu'à la température où le sel fond, il arrive très souvent

Expérience:

Il faudrait encore de l'énergie.
Inversement, si nous voulons que le sodium di-
rectement, il faudra donner ce supplément d'énergie pour l'os-
tenter; nous allons nous rendre compte de l'énergie qu'il faut
des réactifs au chlorure de sodium pour isoler le chlorure et
le sodium, en prenant la route dans le chlorure
Pour que le sodium soit bien dans le chlorure, on
élève la température pour amorcer l'opération. On chauffe un
flacon de sodium et quand il aura atteint la température de
fusion, 97° environ, on le plonge dans le chlorure, il agit avec
un dégagement de chaleur considérable; c'est cette énergie
qui va être utilisée ici comme nous devons réagir au
chlorure de sodium pour isoler les éléments.
Quelles sont les difficultés de ce genre d'opération,
de l'électrolyse dans ces conditions?
Une première complication, c'est qu'il faut tenir
le sel, ce n'est pas toujours facile; il faut élever la tempé-
rature, en fait, jusqu'à un point où pour obtenir le sel.
Lorsqu'à cette température nous faisons passer le courant,
l'électrolyse est en marche ou en fait, elle peut être
moins satisfaisante par les réactions formées, mais l'opération
est plus vive que la fusion et nous rencontrons la première
difficulté: empêcher l'attaque des électrodes à haute
température.
La deuxième difficulté sera celle que nous avons
déjà rencontrée au milieu même: il faudra éviter l'oxydation
du chlorure sur le sodium et à haute température, cela est
difficile.
Enfin il y a une troisième difficulté, c'est qu'il
faudrait de la sel tout, il arrive très souvent



que le métal se dissolvait dans le sel.

Revenant à notre expérience de tout à l'heure, nous avons sodium + chlore, donnant sel marin et énergie. Cette réaction se manifeste par un dégagement de lumière et de chaleur; quand ce foyer est éteint, il n'y a plus dans le flacon que du sel.

Dans un four (tel que celui-ci) nous faisons l'opération inverse; nous avons du sel dans un creuset, on fait passer le courant électrique entre deux pôles de charbon par exemple et alors on isole d'une part le chlore, d'autre part le sodium; en réalité ce n'est pas comme cela qu'on opère. On accumule en effet les difficultés en opérant avec le sodium et le chlore. Dans l'industrie, on ~~électrise~~ électrolyse la soude; on dégage ainsi d'une part de l'oxygène qui brûle le charbon positif et d'autre part le sodium qu'on recueille. On a intérêt à fondre le sel à température aussi basse que possible d'abord pour éviter l'attaque de l'électrode, pour éviter ensuite la diffusion des réactifs, l'un vers l'autre et surtout pour empêcher la dissolution du métal dans le sel fondu; le métal au moment où il se forme se dissout très facilement et il forme des gouttelettes et ne se rassemble pas en masse comme on pourrait le désirer.

Expérience:

Nous avons ici un four à gaz et un bec Bunsen alimenté par un courant de gaz et d'air; ce bec entoure un creuset de charbon dans lequel nous avons fondu un mélange de chlorure de sodium et de chlorure de potassium; nous produirons ainsi le mélange de deux métaux alcalins, sodium et potassium; le creuset de charbon forme l'électrode positive et la lame de nickel formera l'électrode négative. On voit le fragment de métal alcalin adhérent à l'électrode et qui brûlera au contact de l'air.

Pour rendre l'opération industrielle facile, on

MS 271 (26)



que le métal se dissout dans le sel.

Revenant à notre expérience de tout à l'heure, nous avons sodium + chlorure, donnant sel marin et électrolyte. Cette réaction se manifeste par un déplacement de l'hydrogène et de l'oxygène; quand on l'oxyde est écarté, il n'y a plus dans la réaction que du sel.

Dans un autre (tel que celui-ci) nous faisons l'oxydation inverse; nous avons du sel dans un creuset, on fait passer le courant électrique entre deux pôles de charbon par exemple et alors on isole d'une part le chlorure d'autre part le sodium; en réalité ce n'est pas comme cela qu'on opère. On rencontre en effet les difficultés en opérant avec le sodium et le chlorure. Dans l'industrie, on électrolyse la soude; on charge ainsi d'une part de l'oxygène qui agit le courant positif et d'autre part le sodium qu'on recueille. On a intérêt à former le sel à température basse pour éviter l'attaque des électrodes. On évite la diffusion des électrodes, l'un vers l'autre et surtout pour empêcher la dissolution du métal dans le sel fondu; le métal en contact ou il se forme se dissout très facilement et il forme des gouttelettes et ne se rassemble pas en masses comme on pourrait le désirer.

Nous avons ici un tour à gaz et un bec Bunsen allumés par un courant de gaz et d'eau; on peut encore un creuset de charbon dans lequel nous avons formé un mélange de chlorure de sodium et de chlorure de potassium; nous produisons ainsi le mélange de deux métaux alcalins, sodium et potassium; la tension de chacun forme l'électrode positive et la lame de nickel forme l'électrode négative. On voit le fragment de métal alcalin adhérer à l'électrode et qui brûle au contact de l'air.

Pour rendre l'opération industrielle facile on



remplace le chauffage extérieur par un chauffage intérieur, c'est-à-dire le chauffage électrique; le grand avantage de ce chauffage, c'est qu'il évite le chauffage extérieur des fours; chauffer les fours par la périphérie, c'est en effet un procédé désastreux auquel on ^{était} ~~est~~ bien obligé de recourir autrefois, quand on n'avait pas le chauffage électrique; on chauffe en effet des parois qui doivent résister aux réactifs; en les chauffant on diminue leur résistance mécanique et en même temps leur résistance chimique. C'est un procédé déplorable; au contraire avec le chauffage électrique, l'échauffement du conducteur se fait par le passage du courant; c'est là qu'est le principe de l'électrolyse des sels fondus; nous verrons cela en détail à propos de l'aluminium.

Je n'insiste pas beaucoup sur le sodium parce que ce n'est pas un métal très important au point de vue industriel. On en prépare cependant pas mal, surtout pour les besoins des laboratoires et par laboratoires, on entend maintenant les usines de produits chimiques; c'est pourquoi on en fait une grande quantité et le prix du sodium métallique n'est pas très élevé: 2 frs ou 2 frs 50.

Une application intéressante du sodium consiste dans la préparation du peroxyde de sodium; quand on chauffe du sodium métallique à 250° dans un courant d'air, ce sodium s'oxyde et se transforme en une poudre blanche qui est le peroxyde de sodium; quand on le met dans l'eau, il se produit de la soude et de l'eau oxygénée; il est très instable dans un milieu alcalin et se transforme en oxygène.

Quand on met de la poudre de peroxyde dans l'eau, il se forme, je vous l'ai dit, de la soude et de l'eau oxygénée; ce pourrait être de l'oxygène actif si on a soin

remplace le chauffage extérieur par un chauffage intérieur, c'est-à-dire le chauffage électrique; le grand avantage de ce chauffage, c'est qu'il évite le chauffage extérieur des fours. Chaudier les fours par la périphérie, c'est en effet un procédé de chauffage à deux ou à trois plans, c'est à dire un chauffage par la périphérie; on chauffe en effet des fours qui doivent résister aux résistances; en les chauffant on diminue leur résistance mécanique et on même temps leur résistance chimique. C'est un procédé défectueux; au contraire avec le chauffage électrique, l'échauffement du conducteur se fait par le passage du courant; c'est là qu'est la limite de l'échauffement des fours; nous verrons cela en détail à propos de l'élimination.

Je n'insiste pas beaucoup sur la sodium parce que ce n'est pas un métal, mais important au point de vue chimique. On en prépare cependant pas mal, surtout pour les besoins des laboratoires et par les poteries, on en fait même les rames de produits chimiques; c'est pourquoi on en fait une grande quantité et le prix du sodium métallique n'est pas très élevé: 2 frs cm 2 lrs 50.

Une application intéressante du sodium consiste dans la préparation du peroxyde de sodium; quand on chauffe du sodium métallique à 250° dans un courant d'air, le sodium s'oxyde et se transforme en un composé blanc qui est le peroxyde de sodium; quand on le met dans l'eau, il se produit de la soude et de l'eau oxygénée; il est très instable dans un milieu acide et se transforme en oxygène.

Quand on met de l'oxygène de peroxyde dans l'eau, il se forme, de vers l'air, de la soude et de l'eau oxygénée; on pourrait être de l'oxygène soit si on a soin

d'aciduler l'eau.

Le peroxyde de sodium est un oxydant; c'est une forme de lessive qui est à la fois alcaline et oxydante; c'est un agent de blanchiment excellent .

Propriétés oxydantes du peroxyde de sodium
sous une autre forme.

Avec la poudre de peroxyde on aura un oxydant en associant à cet oxyde un réducteur; l'expérience est un peu dangereuse.

Comme réducteur, nous prenons la poudre d'aluminium et nous avons un mélange qui s'amorce d'une façon curieuse, avec une goutte d'eau; nous allons allumer un incendie avec une goutte d'eau. Comment se fait-il que l'eau alimente et provoque la réaction; il suffit d'un peu d'eau pour dissoudre du peroxyde de sodium. A l'état sec au contraire, l'opération est très lente.

Voilà un exemple d'électrolyse des métaux fondus qui donne un élément, le sodium, qui est en somme très oxydant et dont l'isolement était réputé autrefois très difficile.

Un autre élément très difficile à isoler c'est le magnésium. On le prépare par l'électrolyse du chlorure de magnésium et de potassium.

Un autre élément encore très difficile à isoler, c'est l'aluminium; celui-ci a une importance beaucoup plus grande que le précédent. Nous allons y insister.

Voilà d'abord les propriétés de l'aluminium:

Pourquoi est-il intéressant? comment arrive-t-on à le préparer et à l'utiliser.?

L'aluminium est intéressant à bien des égards par ses

Fortin & Co

PARIS

à l'adresse de

Le porteur de ce document est en possession d'un acte de propriété
de l'Etat qui est à la fois aléatoire et obligatoire; c'est un
acte de l'Etat aléatoire.

Propriétés existantes ou susceptibles d'exister

sur une autre forme.

Avec la forme de propriété on aura un acte de
propriété à cet acte un règlement; l'expérience est un bon
apprentissage.

Comme résultat, nous pouvons répondre à l'interrogation
et nous avons un mélange qui a toutes les qualités voulues.
avec une forme d'Etat; nous allons alors nous occuper
avec une forme d'Etat. Comment se fait-il que l'Etat aléatoire
et propriété la propriété; il suffit d'un peu pour dis-
tinguer un porteur de l'Etat. A l'état des enregistrements, l'ac-
tion est très facile.

Voilà un exemple d'application des principes
de l'Etat aléatoire. Le résultat est un acte de propriété
et nous allons alors nous occuper de l'Etat aléatoire.
Un autre exemple très distinct de l'Etat aléatoire est la

propriété; on l'acquiert par l'application de l'acte de propriété
et de l'Etat aléatoire. On l'acquiert par l'acte de propriété
et l'Etat aléatoire; c'est la forme d'Etat aléatoire.

C'est l'Etat aléatoire; c'est-à-dire une forme d'Etat aléatoire
qui est l'Etat aléatoire; c'est la forme d'Etat aléatoire.

Grâce au le porteur de ce document, nous allons y assister.

Voilà d'abord les propriétés de l'Etat aléatoire:

Porteur est-il intéressé? comment arriver à son

à la fin de l'acte de propriété.

L'Etat aléatoire est intéressant à bien des égards car on



propriétés physiques; sa légèreté a fait son succès; sa densité est 2,6; c'était quand on l'a préparé le plus léger des métaux usuels. En même temps qu'il est très léger il présente une grande résistance mécanique; il est facile à travailler; il est très malléable, si malléable qu'on en fait des feuilles très fines; on peut le battre comme l'or et en faire des feuilles extrêmement fines dont l'épaisseur est de l'ordre du millième de millimètre; C'est avec une de ces feuilles qu'on peut faire de l'argenture ^{une sorte d'} ~~et cette~~ argenture à l'aluminium; on peut aussi réduire cet aluminium en poudre extrêmement fine, en broyant ces feuilles avec du miel dans des mortiers; on a ainsi une poudre ~~se~~ servant à revêtir des objets divers. L'aluminium est très ductile; il peut se tirer en fils très fins et très tenaces; ils peuvent porter un poids considérable autant que des fils d'acier.

expérience:

L'aluminium d'ailleurs est élastique comme l'acier. Nous pouvons vous le montrer en mettant en évidence les propriétés acoustiques de l'aluminium. En frappant sur des tubes en aluminium, on obtient des sons très pure, très sonores qui montrent la grande élasticité de ce métal.

Voilà donc une série de propriétés intéressantes qui déjà annoncent pour l'aluminium des applications importantes; Une propriété aussi très importante de l'aluminium, c'est sa conductibilité pour la chaleur, d'où son application dans la fabrication des instruments de cuisine; il est aussi conducteur de l'électricité; Voilà une propriété extrêmement importante.

Le rapport entre la conductibilité du cuivre et celle de l'aluminium est à peu près 1,6 c'est -à-dire que le cuivre n'est pas deux fois plus conducteur; il est le plus conducteur

MS 241 (26)

de tous les métaux et il se trouve seulement 1 fois $1/2$ plus conducteur que l'aluminium.

Cette propriété de conductibilité de l'aluminium est très importante; en effet si nous prenons un fil d'aluminium d'une part, un fil de cuivre d'autre part, tous deux de même longueur, ; nous voulons qu'ils aient la même conductibilité; si la section de la tige de cuivre est 1, celle de l'aluminium sera 1,6, la section vous le voyez, n'est pas beaucoup plus grande. Je parle ici de la superficie du cercle de section, or ces superficies sont entre elles comme le carré des diamètres; donc le rapport des diamètres en réalité, sera de 1,6 Vous aurez donc un fil qui est sensiblement de la même grosseur que celui de cuivre et qui est aussi conducteur; mais il sera beaucoup plus léger puisque la densité du cuivre est 8,8 et celle de l'aluminium est 2,6. En faisant le calcul, on voit que la barre équivalente en conductibilité à une barre de cuivre pèsera deux fois moins; conclusion: à condition que l'aluminium ne coûte pas deux fois plus que le cuivre, il sera plus économique. Voilà donc la bataille engagée entre ces deux métaux usuels: le cuivre qui est le conducteur par excellence, et d'autre part l'aluminium qui est le métal nouveau.

Ceci est très important parce que les prix pouvaient rendre cette concurrence active; l'aluminium n'est pas en effet deux fois plus cher que le cuivre. On a commencé à faire des canalisations en aluminium; celles du Nord-Sud à Paris sont en aluminium. On a avantage à employer les canalisations en aluminium; comme le fil est plus léger, les poteaux de soutien sont plus espacés, d'où économie supplémentaire; économie également sur le tréfilage, à conductibilité égale, les fils

MS 271 (26)

n'étant pas si fins.

Il faut aussi considérer que les sources de cuivre sont limitées; les minerais de cuivre ne sont pas tellement abondants qu'on ne puisse prévoir la pénurie des minerais de cuivre, tandis que pour l'aluminium, les sources sont pour ainsi dire limitées.

A cet égard on peut dire que l'aluminium est le métal d'avenir.

Enfin, l'aluminium présente une propriété très curieuse c'est sa passivité; il est très peu oxydant dans les conditions usuelles. Ceci est bien fait pour étonner parce que la chaleur dégagée par l'aluminium en brûlant est considérable; la quantité d'énergie qu'on obtient en faisant brûler de l'aluminium dans l'oxygène est considérable, c'est 121 mille calorigrammes par atôme d'oxygène fixé; quand on fait brûler de l'hydrogène par exemple, par atôme d'oxygène fixé on ne recueille que 58 calorigrammes, c'est-à-dire 2 fois moins; quand on brûle du charbon pour faire de l'acide carbonique, par atôme d'oxygène fixé, on n'a guère que 48 mille calorigrammes; avec l'aluminium, on obtient 121 mille calorigrammes.

De tous les métaux, sauf le magnésium, c'est celui qui dégage le plus d'oxygène.

Comment se fait-il alors qu'il ne s'oxyde pas ? C'est à cause de sa passivité. Il a une sorte d'inertie chimique vis à vis de l'oxygène. Voici comment on explique ce phénomène: l'aluminium se revêt assez rapidement d'une couche très mince et très continue d'alumine, d'oxyde, qui le protège contre les oxydations ultérieures.

Expérience:

Voici ce phénomène et la formation de la couche d'alumine: on fait passer le courant dans un fil de façon à

MS 271 (26)

PARIS

Il est en fait.

Il faut aussi considérer que les sources de cuivre sont

limitées; les minerais de cuivre ne sont pas tellement

abondants qu'on ne puisse prévoir la pénurie des minerais de

cuivre, tandis que pour l'aluminium, les sources sont peut-être

plus limitées.

A cet égard on peut dire que l'aluminium est la

matière d'avenir.

Enfin, l'aluminium présente une propriété très curieuse

c'est sa passivité; il est très peu oxydable dans les conditions

habituelles. Ceci est dû à la formation d'une couche de

dégagée par l'aluminium en brûlant est considérable; la quantité

de l'énergie qu'on obtient en faisant brûler de l'aluminium

dans l'oxygène est considérable, c'est 121 mille calories par

gramme d'oxygène fixé; quand on fait brûler de l'hydro-

gène par exemple, par gramme d'oxygène fixé on ne recueille que

de 3400 calories, c'est-à-dire 8 fois moins, quand on brûle

un charbon pour faire de l'acier c'est 2000 calories, par gramme d'oxy-

gène fixé, on n'a guère que 45 mille calories par gramme d'oxy-

gène fixé, on obtient 121 mille calories par gramme.

De tous les métaux, seul le magnésium, c'est celui

qui dégage le plus d'oxygène.

Comment se fait-il alors qu'il ne s'oxyde pas ?

C'est de sa passivité. Il a une sorte d'inertie chimique vis

à-vis de l'oxygène. Voici comment on explique ce phénomène:

L'aluminium se trouve recouvert d'une couche d'oxyde

et cette couche d'oxyde, d'oxyde, est la seule à contre les

oxydes et les métaux.

Voici de plus une et la formation de la couche

expérience:

d'aluminium: on fait passer le courant dans un fil de fer et



le chauffer et à le fondre sous l'influence de la chaleur du courant; il va fondre et pourtant j'espère qu'il ne va pas rompre parce que même avant qu'il ne s'échauffe, il s'oxyde et la couche qu'il revêt forme une enveloppe plastique qui le protège contre l'oxydation de l'air.

Avec ce fil ainsi recouvert nous pourrions vous montrer des actions électro-~~chimiques~~ magnétiques de ce fil.

Approchez un aimant, le fil devient mobile, il se déplace, et forme un courant mobile.

On ne peut pas montrer d'une façon plus évidente la passivité du fil.

Nous allons vous la montrer sous une autre forme: l'aluminium peut être rendu passif dans l'électrolyse même. Si on introduit dans l'eau deux lames d'aluminium et qu'on essaie de faire passer le courant, on ne peut pas y réussir parce dès qu'on essaie en milieu aqueux de faire passer le courant dont le pôle positif est en aluminium, ce pôle positif se revêt d'une couche tout à fait isolante et le courant ne passe pas. Nous avons là une cellule électrolytique dans laquelle un des pôles est en aluminium; plaçons le courant au pôle positif, l'aluminium est le pôle négatif, le courant passe; si on change le courant, il ne passe plus. En intervertissant le courant, celui-ci passe de nouveau et ainsi de suite.

Nous avons appliqué ce procédé pour empêcher le courant de passer dans un sens. Supposons en effet une cellule électrolytique avec fer et aluminium; le courant passera du fer à l'aluminium et non de l'aluminium au fer. Le courant est ainsi dirigé, lancé; on peut dans un appareil comme celui-ci obtenir une série de courants alternatifs; c'est un moyen très simple de changer du courant continu en courant alternatif.

Nous avons vu que l'aluminium peut être rendu passif,

le courant et la tension sont l'influence de la charge
connue; il se trouve et pour l'essai qu'il se va pas
comme nous que nous avons pu le constater, il a été
et la charge qu'il revêt forme une enveloppe plastique qui la
protège contre l'oxydation de l'air.
Avec ce fil nous pouvons nous procurer une tension
des sections d'acier-étirées mesurées de ce fil.
Après un essai, le fil devient mobile, il se
dépasse, et forme une courbe mobile.
On ne peut pas montrer d'une façon évidente la
passivité du fil.
Nous allons nous en rendre compte dans une autre fois:
l'aluminium peut être traité dans l'électrolyse même.
Et en fait, sans l'eau à la place d'aluminium et on en
peut se faire passer le courant, ce ne peut pas y résister.
Lorsqu'on en passe en milieu aqueux de faire passer la
courant dans le fil, l'aluminium est en aluminium, le fil
peut se revêt d'une couche tout à fait résistante et le courant
ne passe pas, sous forme d'une cellule électrolytique dans
l'aluminium et les électrolytes; lorsque la charge est
nulle, l'aluminium est le fil même, il est comme passé;
et on change le courant, il ne passe plus, on inverse le
le courant, celui-ci passe le courant et ainsi de suite.
Nous avons à l'usage de l'aluminium pour l'essai de courant
de passer sans la charge, sous un effet d'une électro-
lyse avec l'aluminium; le courant passe d'un fil à l'autre
l'aluminium ne peut pas l'aluminium en fait, le courant est ainsi
difficile, mais; on peut dans un appareil comme celui-ci obtenir
une action de courant d'aluminium; c'est le moyen d'acier
de changer le courant en courant d'aluminium.
Nous avons vu que l'aluminium peut être traité, même



c'est-à-dire qu'en présence de l'air il est pour ainsi dire inaltérable, mais on peut le rendre altérable et d'une altérabilité extraordinaire; il suffit de lui incorporer certains métaux; dans les premiers temps de l'aluminium, l'aluminium était impur; il s'attaquait beaucoup, ce qui a fait renoncer au début à son usage, parce qu'il s'altérait tout de suite, Dans la campagne de Madagascar on avait donné des bidons d'aluminium, des quarts, qui se sont trouvés abîmés par l'eau de mer et par l'humidité de l'atmosphère, tandis que maintenant il résiste bien puisqu'on fait de l'aluminium pur, à 97 % environ de pureté.

Expérience

Nous allons vous montrer ce qui arrive quand on revêt l'aluminium avec du mercure. Nous allons revêtir l'aluminium de traces d'amalgame c'est-à-dire que nous allons incorporer à l'aluminium de toutes petites traces de mercure; on prend un petit bouquet de fils d'aluminium, on les passe dans la soude pour bien enlever la couche d'alumine et on les trempe dans du sublimé. Voilà des fils ayant subi cette préparation; on les met à l'air et vous voyez l'attaque des fils d'aluminium qui se fait à vue d'oeil; l'alumine se forme, grossit d'instant en instant montrant l'altération très rapide de ces fils. Il y a peu de réaction à froid, en présence de l'air qui se produise aussi rapidement. C'est une expérience que vous pouvez répéter sans aucun danger et de la façon suivante; vous prenez une lame d'aluminium; vous la décapez avec du papier de verre de façon à bien enlever toute trace d'alumine; vous frottez l'aluminium ainsi préparé avec du mercure, vous le laissez en présence de l'air et vous verrez se produire immédiatement des moisissures; c'est de l'alumine.

L'aluminium, dans certains milieux préparés, tels que des milieux acides ou alcalins, peut réagir et dégager de l'hydrogène.

Nous allons d'abord ^{mettre} ~~montrer~~ de l'aluminium en présence de la soude par exemple, vous verrez l'aluminium se dissoudre en donnant un dégagement d'hydrogène.

Expérience

Voici une solution de soude dans laquelle on projette de la grenaille d'aluminium; nous attendons quelques instants, parce que l'aluminium est peut-être oxydé à la surface; voilà le dégagement d'hydrogène qui commence.

La passivité a cessé, l'alumine est soluble dans la soude; l'alumine qui formait le revêtement se dissout et l'attaque commence; l'aluminium se dissout, dégage de l'hydrogène et forme de l'aluminate.

On peut ~~montrer~~ comment, lorsque l'aluminium se ~~dégage~~ dissout, il produit des actions réductrices.

Nous allons vous montrer ^{que} ~~avec~~ le permanganate de potassium peut, sous l'influence de l'aluminium, ~~se~~ être réduit en liqueur alcaline verte. Le permanganate violet sera réduit en manganate vert.

Expérience:

La conclusion de ceci, c'est qu'il ne faut jamais exposer l'aluminium au contact des alcalis. L'aluminium craint les alcalis.

Notre petite expérience que vous voyez là, est une façon d'illustrer les propriétés réductrices de l'aluminium; c'est un témoin coloré de la réduction en liqueur alcaline.

Cette aptitude de l'aluminium à se combiner avec l'oxygène, est-ce qu'on ne peut pas l'utiliser ?

Cette énergie qu'on dépense pour fabriquer l'aluminium, est-ce qu'on ne pourra pas la retrouver ?

On la retrouve en effet, en brûlant l'aluminium dans l'air. Si on a soin de projeter de l'aluminium finement pulvérisé dans une flamme chaude, par exemple, la passivité

MS 271 (26)

— 25 —

NOTES

disparaît à haute température et l'aluminium brûle (Expérience)

L'aluminium est un métal mal connu et c'est pour cela que je m'étends sur la partie expérimentale de cette étude.

On sait en effet qu'il est léger, mais on ne connaît pas toutes les propriétés importantes du métal, propriétés qui lui assurent l'avenir.

Peut-on brûler de l'aluminium massif? Oui, mais très difficilement ; en général il prend feu sans brûler, et se revêt de la couche d'oxyde qui le protège.

Nous allons brûler maintenant l'aluminium, non pas dans l'air, mais avec des oxydants.

C'est le principe de l'alumino-thermie qui consiste à dégager de la chaleur en brûlant l'aluminium au contact ~~d'un oxyde~~ d'un oxyde; de même qu'on peut brûler du charbon avec de l'oxyde, de l'oxyde de cuivre, par exemple, on brûle le charbon et on retrouve le cuivre.

Quelle est l'énergie qu'on va récupérer ainsi?

Elle est égale à celle que donne la combustion de l'aluminium par l'oxygène diminuée de celle que donne la combustion du métal dont nous avons employé l'oxyde.

En effet nous brûlons l'aluminium avec l'oxyde de fer, tout se passe comme si nous avions d'abord de l'énergie à fournir pour obtenir fer et oxygène et ensuite de l'énergie à recueillir en brûlant l'aluminium avec l'oxygène obtenu. Il s'agit de savoir si la deuxième est plus grande. Oui, elle est incomparablement plus grande.

Par atome d'oxygène, la quantité d'énergie obtenue est d'environ 121 mille calories, et la quantité d'énergie obtenue par le fer est d'environ 60 à 66 mille calories.

Par conséquent nous payons 60 mille calorigrammes et puis nous recueillons 121 mille calorigrammes. La diffé-

MS 241 (26)



10-2-30

disparaît à haute température et l'oxygène (oxygène)
l'aluminium est un métal qui conduit et c'est tout cela
que je m'attache aux faits expérimentaux de cette étude.
On voit en effet qu'il est léger, mais on ne connaît
pas toutes les propriétés importantes du métal, propriétés qui
lui donnent l'intérêt.
Peut-on parler de l'aluminium massif? Oui, mais très
difficilement; en général il prend son sens propre, et se
réfère à la couche d'oxyde qui le recouvre.
Nous allons d'abord résumer l'aluminium, non pas
sans l'air, mais avec des oxydes.
C'est le principe de l'alumino-thermie qui consiste
à dégager de la chaleur en faisant l'aluminium en contact
avec un oxyde; de même qu'on peut brûler du charbon avec
de l'oxygène, de l'oxyde de carbone, par exemple, on brûle le char-
bon et on retrouve le carbone.
Quelle est l'énergie qu'on va récupérer ainsi?
Elle est égale à celle que donne la combustion de
l'aluminium avec l'oxygène. L'aluminium qui donne la com-
bustion de l'air est donc une source d'énergie.
En effet nous brûlons l'aluminium avec l'oxygène de
l'air, tout en laissant comme résidu un oxyde de l'aluminium
à l'état solide. On voit donc qu'il y a une énergie de l'oxygène
à récupérer en oxydant l'aluminium avec l'oxygène de l'air.
Il s'agit de savoir si la dernière est plus grande, oui, elle
est incontestablement plus grande.
Par suite d'oxydation, la dernière d'énergie obtenue
est d'environ 121 mille calories, et la dernière d'énergie
obtenue par la réaction de l'oxyde de l'aluminium est d'environ
107 calories. Nous voyons donc que l'aluminium
et puis nous récupérerons 121 mille calories. La diffé-

rence est pour nous et vous allez vous en apercevoir, vous allez voir la différence et vous verrez quelle est en notre faveur.

L'énergie qu'on recueille n'est pas une source d'énergie quelconque; elle n'est pas dissoute au dehors par des produits gazeux; elle se produit tout entière à l'intérieur du foyer solide ou liquide; quand nous brûlons par exemple du charbon au contact de l'oxyde de cuivre il se forme de l'anhydride carbonique qui emporte la chaleur au loin et dans tous nos foyers, nous avons les gaz de la combustion qui dissipe la chaleur, tandis qu'ici toute la chaleur ~~est~~ est concentrée là où se fait la réaction, et on peut atteindre des températures égales à celle du four électrique.

C'est le principe de l'alumino-thermie; c'est le foyer idéal; si l'aluminium n'était pas si cher on l'emploierait pour avoir de la chaleur.

On l'emploie déjà d'ailleurs pour souder des rails de tramways, pour la soudure à l'autogène.

Voici l'expérience qui démontre cette chaleur dégagée: Brûlons un mélange d'aluminium et d'oxyde de fer et nous obtiendrons du fer liquide. Dans un creuset, l'expérience peut se faire aussi. Nous brûlons un ruban de magnésium qui mettra le feu à la ~~poix~~ poudre d'aluminium qui est contenue dans le creuset; au fond du creuset nous aurons du fer fondu.

Cette alumino-thermie est employée en ce moment pour des buts de guerre, Par exemple, les Allemands nous envoient des bombes incendiaires; alumino-thermiques; Quelques unes des bombes de Zeppelins sont formées d'un noyau alumino-thermique entouré d'une masse de goudron combustible; on a au centre

un foyer, à l'extérieur, du combustible qui, fortement chauffé prend feu en ~~faissant~~ fusant dans toutes les directions.

Le grand inconvénient de ces bombes c'est qu'elles sont très difficiles à allumer; il y en a beaucoup qui ne s'allument pas.

En nous rapportant à l'expérience de tout à l'heure, on peut constater que si on a de l'aluminium pur et de l'oxyde de fer pur, on pourra avoir du fer pur.

Ce procédé n'a pas été rendu industriel pour la préparation des métaux, parce qu'on aime mieux le grand procédé électro-chimique, qui peuvent donner des débits plus considérables.

La grande quantité de chaleur dégagée par l'aluminium en brûlant nous avertit du grand effort qu'il faudra faire pour obtenir de l'aluminium par électrolyse.

Il faut recourir à un sel relativement fusible; ce sel c'est la cryolithe; c'est un fluorure d'aluminium. Les fluorures ont la réputation d'être des fondants, d'ailleurs fluorure, veut dire qui va couler.

La cryolithe se trouve abondamment au Groenland. C'est $AlF_3 \cdot 3NaF$, c'est-à-dire fluorure double d'aluminium et de sodium.

Cette cryolithe fond sous l'influence du courant; Cette cryolithe est un composé presque pur; on la mélange à de l'alumine pure afin de faire de l'aluminium pur; on opère dans des fours qui sont en réalité des cuves en charbon et qui servent d'électrode négative; une autre électrode de charbon sert de pôle positif et il suffit d'alimenter la cuve avec le bain de cryolithe et d'alumine, surtout d'alumine, et on recueille au fond de l'aluminium pur.

Une grande difficulté était de recueillir l'alu-

PARIS

En 1907, à l'occasion du centenaire de la mort de
Napoléon, on a vu dans toutes les directions
de la France, notamment de nos colonies, des
fêtes très diverses à l'occasion de cet anniversaire.
En nous reportant à l'expérience de tout à l'heure,
on peut constater que si on a de l'enthousiasme pour la
fête de la patrie, on pourra avoir du dégoût pour
le procédé qui a été employé industriellement pour la
réalisation de ces fêtes, parce qu'on aime mieux les fêtes
électro-sonores, qui peuvent donner des effets plus considérables.
C'est
la grande question de savoir si on ne dégoûte pas l'âme
humaine en lui faisant voir ce grand effort de la technique
faire pour obtenir de l'enthousiasme par électro-sonore.
Il faut reconnaître que cet effort est relativement facile ;
il est facile d'obtenir, par exemple, que l'âme humaine
soit émue par la résonance d'une note, d'un son, d'un
mot, d'un geste, d'une action, d'une émotion, d'un sentiment.
C'est ce qui a été fait par les électro-sonores.
La technique se trouve étendue, en conséquence,
à tous les domaines de la vie humaine, de la vie
de la famille, de la vie sociale, de la vie politique,
de la vie économique, de la vie intellectuelle, de la vie
artistique, de la vie scientifique, de la vie religieuse,
de la vie morale, de la vie physique, de la vie psychique,
de la vie spirituelle, de la vie matérielle, de la vie
intellectuelle, de la vie émotionnelle, de la vie
volontaire, de la vie instinctive, de la vie
consciente, de la vie inconsciente, de la vie
individuelle, de la vie collective, de la vie
universelle.

10
CIVIL

minium en masse; c'est qu'en fait l'aluminium est très léger, et les produits qu'on introduit dans le bain ont à peu près la densité moyenne des produits qui sont à la surface du sol, 2,5 environ. de sorte que, comme la densité de l'aluminium est 2,6, il a à peu près la densité du bain. Si on n'y prend pas garde, si le bain n'est pas nettement plus léger que le métal, le métal a une tendance à se diffuser en fines ~~gouttes~~ gouttelettes et on n'arrive pas à le recueillir en masse.

On allège le bain en y ajoutant du fluorure de calcium ou du chlorure de sodium.

A l'électrode négative qui est du charbon, il va de l'oxyde de carbone et de l'acide fluorhydrique et un peu de silicium.

Le rendement de ces opérations est relativement fort.

Il faut en effet environ la puissance de 1 cheval pendant une heure, pour fournir 25 grammes d'aluminium.

1 Kgwattheure fournit près de 30 grammes. , 1 cheval c'est 736 watt ou 736/1000 de Kgwattheure. 1 kgw fournit

Si on calcule la quantité d'énergie libérée quand nous brûlons de l'aluminium nous trouvons que la combustion de 25 gr d'aluminium par exemple pendant 1 heure donne non pas 1 cheval mais 4 chevaux heure. Puisque 25 gr. d'aluminium sont fournis par 1 cheval heure, l'énergie devrait être 4 fois plus grande que 25 grammes. Le rendement est à peu près de 1/4 dans la préparation de l'aluminium; c'est vous dire qu'il faut des puissances considérables; pour faire de l'aluminium à bon marché il faut de la puissance à bon marché, c'est-à-dire se placer près des chutes d'eau; ^{c'est le} grand avantage de la France pour la production de l'aluminium; la France possède là un avantage considérable qu'on ne laissera pas échapper après la guerre.

PARIS

minimum en masse: c'est qu'il y a l'aluminium est très léger, et les produits qu'on introduit dans le bain ont à peu près la densité moyenne des produits qui sont à la surface du bain. 2.5 environ. de sorte que, comme la densité de l'aluminium est 2.5, il y a peu près la densité du bain. et on n'y a pas de gain, et le bain n'est pas forcément plus léger que le métal. Le métal a une tendance à se dilater en fines masses. Remarquons qu'on n'arrive pas à le refroidir en masse.

On allège le bain en y ajoutant un fluide de couleur ou un colorant de sodium.

A l'élaboration négative qui est en charbon, il y a le type de carbone et de l'acide timothy et un peu de silicium.

Le rendement de ces opérations est relativement bon.

Il faut en effet environ la puissance de 1 cheval pendant une heure pour fournir 25 grammes d'aluminium.

Le rendement fournit près de 30 grammes. 1 cheval c'est 750 Watts ou 1000 grammes. 1 kg fournit

et on obtient la densité d'énergie libérée quand nous sommes de l'aluminium nous trouvons que la combustion de 25 g d'aluminium par exemple pendant 1 heure nous fait 1 cheval mais 4 chevaux nous font 25 g d'aluminium nous fournissons 1 cheval nous, l'énergie fournit près de 10 fois plus grande que 25 grammes. Le rendement est à peu près de 10 dans la

préparation de l'aluminium c'est vous dire qu'il faut des puissances énormes; pour faire de l'aluminium, non seulement il faut de la puissance à peu près, c'est-à-dire se placer près des lignes d'eau; et grand avantage de la France pour la production de l'aluminium; la France possède la puissance constante qu'on ne laisse pas échapper sans la faire.



L'aluminium a pour ainsi dire été inventé, c'est-à-dire est sorti de son minerai, grâce à Ste Claire Deville, qui au Laboratoire de l'Ecole Normale a produit l'Aluminium en quantité appréciable. C'est en 1855 qu'a été faite cette expérience mémorable. Entrevu par _____ en 1827, il n'a été vu en masse qu'en 1855; Il est même assez curieux de noter que cet élément qui est ré/pandu partout n'ait été vu à l'état de métal qu'en 1855.

En 1855, le kilogramme d'aluminium valait 1250 francs.

A la fin de cette même année il ne valait plus que 125 francs. Ce n'est pas par l'électrolyse que Deville le prépara d'abord. Il le prépara au moyen du sodium.

Peu à peu grâce aux efforts de Ste Claire Deville, le prix de l'aluminium baissa; on en fit industriellement et c'est grâce à la perspicacité de l'empereur Napoléon III que ces expériences ont pu être conduites; il a donné aux laboratoires de larges subventions et c'est ainsi que le prix de l'aluminium baissa de proche en proche. Il était encore assez élevé en 1886 quand on adopta les procédés électro-chimiques; à partir de là la production s'est tout à coup développée et je vous montrerai tout à l'heure la progression des prix.

Je voudrais revenir un instant sur le tableau comparatif des chaleurs de combustion des différents métaux:

1° Chaleur de formation de l'acide carbonique

(Projections):

Liste des métaux que nous retrouvons à peu près dans le même ordre de classement que dans la liste électro-chimique. Les plus facilement réductibles étant le fer, le cuivre, le bismuth, le plomb. etc...

Procédé du four Héroult pour la préparation de l'aluminium;

Prix successifs de l'aluminium



(97) 147311

Fontaine de la Vierge

L'administration a tout fait ses inventaires. C'est-à-dire
elle a fait de son mieux, elle a été très soignée
par la direction de l'école nationale de l'administration
en matière d'enseignement. C'est en 1855 qu'elle a fait cette
opération importante. Elle a été faite en 1855. Elle a été
en 1855. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855. Elle a été
faite en 1855. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.

En 1855, la direction de l'administration a fait
à la fin de cette année il ne restait plus que
les travaux. Ce n'est pas par l'inspection des travaux
travaux effectués. Il y a eu une grande œuvre de
pour la fin des travaux aux efforts de la direction de l'école.
Tous les travaux effectués, on a été très consciencieusement et avec
la direction de l'administration a fait une œuvre importante. Elle a été
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.

Les travaux effectués de la direction de l'administration
à la fin de cette année il ne restait plus que
les travaux. Ce n'est pas par l'inspection des travaux
travaux effectués. Il y a eu une grande œuvre de
pour la fin des travaux aux efforts de la direction de l'école.
Tous les travaux effectués, on a été très consciencieusement et avec
la direction de l'administration a fait une œuvre importante. Elle a été
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.
travaux effectués. Elle a été faite en 1855. Elle a été faite en 1855.



Le directeur de l'administration

En 1855 --- 1250 frs

56 --- 125

86 --- 88

Ceci avant les procédés électro-chimiques. Voici maintenant le procédé Héroul qui développe la production:

1890 --- 19 frs

93 --- 6,25

95 --- 3,75

1900 --- 2,50

De 1900 à 1908, il y a une crise de l'aluminium; la production se trouve tout à coup supérieure à la consommation, les prix baissent; ils reviennent en 1908 à leur prix normal:

1908 --- 2,20

1910 --- 1,70

Depuis la guerre a amené des perturbations qui ont modifié l'état de choses.

Maintenant je vais vous donner une idée de ce qu'est une production importante par un tableau comparatif de la production de différents métaux.

Pour le fer, la production ^{mondiale} ~~modiale~~ en 1910 était 60 millions de tonnes environ;

Pour le Cuivre, c'est pas du tout le même chiffre: nous aurons 750.000 tonnes, 800.000 si vous voulez.

Pour le fer, la progression est rapide, surtout en ce moment. En bien/ pour l'aluminium nous sommes loin de 80.000 tonnes, c'est-à-dire que nous n'avons pas atteint 1/10 de la production du cuivre; l'aluminium est petit, vous le voyez à côté du cuivre, et ces chiffres sont un grand maximum, qu'on n'atteint pas encore. On était sur le point d'atteindre 60.000 tonnes avant la guerre.

MS 271 (26)

Atwood & Co.

ES. 9 — 38

02.8 - 0001

000000 86 13791

ASST. DIR. OF INVEST. U.S. DEPT. OF JUSTICE

quelle est la part de la France dans cette production ?

La part de la France est à peu près le $\frac{1}{4}$, environ 12 à 15 mille tonnes.

Voilà qui est très beau au point de vue métallurgique $\frac{1}{4}$ pour la France de la production mondiale; c'est énorme; il faut espérer que la France conservera sa place. Nous allons voir comment.

grâce à l'énergie électrique dont elle dispose, l'énergie des chutes d'eau dans les Alpes et dans les Pyrénées, grâce aussi aux minerais dont elle dispose. Pour faire, en effet de l'aluminium pur, il faut de l'alumine pur, il faut partir d'un minerai peu chargé en impuretés.

Or, dans le Midi de la France, il y a beaucoup de bauxites, ou minerais excellents, alumine presque pur, surtout pauvres en silice, ce qui est important dans la fabrication de l'aluminium où le silicium doit être écarté.

C'est avec ces bauxites qu'on prépare l'aluminium pur

L'alumine destiné à fournir l'aluminium est préparée très simplement: la bauxite est chauffée sous pression avec une lessive de soude, à 6 ou 7 atmosphères; on forme ainsi de l'aluminate de soude; il suffit de le décomposer par l'acide carbonique par exemple, on obtient alors de l'alumine pur.

Nous avons donc là des moyens faciles de préparer l'alumine pur. Les Allemands étaient en train de nous prendre les bauxites sans qu'on le sache. Les Etats Unis ne manquent pas d'énergie électrique; ils ne manquent pas non plus de bauxites, cependant ils nous achetaient; Mais on en trouvera de plus en plus; les Etats Unis ayant des chutes considérables se trouvent bien placés pour produire l'aluminium. Il n'en est pas de même pour les puissances centrales d'Europe.

PARIS

- 10 -

Quelle est la part de la France dans cette production ?

La part de la France est à peu près la suivante :

Il s'agit de :

Voilà qui est très peu de chose pour la production

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

PARIS

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :

La part de la France est la suivante :



En Suisse, se sont montées des usines allemandes pour la fabrication de l'aluminium; une autre s'est montée en Allemagne et une autre encore en Autriche; mais pour fabriquer de l'aluminium il fallait des bauxites; il fallait venir les acheter en France, et les payer. Les Allemands n'ont cherché rien moins que de nous prendre nos bauxites; mais heureusement ils s'y sont pris un peu tard; ils ont essayé d'acheter nos mines; ils ont fondé une société, la Société française d'aluminium et ont acheté des bauxites; mais ils se sont trouvés déçus; De ces mines, tout le bon minéral était parti et ils ont dû abandonné des gisements importants qui ne fournissaient plus que de mauvaises bauxites.

Alors quelques années avant ^{à la Bourse de Marseille} la guerre, ils ont acheté sournoisement les actions de la principale Société de bauxites celle qui possédait les meilleurs gisements, les gisements du Var, des Bouches du Rhône et quelques uns de l'Hérault; en achetant ainsi un certain nombre d'actions, la Société devenait peu à peu allemande; elle le fut assez pour pouvoir être mise sous séquestre au début de la guerre. Si la guerre n'avait pas éclaté les Allemands nous prenaient tous ces bauxites en s'incorporant tout simplement dans les Sociétés qui possédaient d'importants gisements. Le danger est heureusement écarté; les bauxites nous resteront et nous resterons maîtres de l'aluminium, tout au moins pour la France.

Voici la statistique de la production de l'aluminium dans les usines de la France et dans les usines étrangères.

(tableaux)

Quelle amélioration peut-on espérer de cette production pour la France.? Peut-on voir baisser le prix de l'aluminium?

MS 271 (26)

Ici une question nouvelle va se greffer: nous avons pour ainsi dire à considérer trois données du problème:

Tout d'abord, la donnée énergétique, la donnée d'énergie à dépense dans les fours; cela coûte à peu près 50 centimes par kilog; il faut compter à peu près 50 centimes de frais généraux, soit au total 1 fr. Il reste la matière première, alumine pur, la bauxite, cela coûte assez cher, il faut compter pour la préparation de l'alumine 0,50, donc un prix de revient à 1fr 50.

Peut-on gagner sur l'énergie ? Pas beaucoup.

Sur les frais généraux ? Pas beaucoup.

Mais on peut gagner sur l'alumine, sur la préparation de l'alumine pur et par un procédé tout à fait inattendu.

Il y a en effet un problème qui préoccupe beaucoup d'industriels et de savants à l'heure actuelle; c'est le problème des engrais azotés, la fixation de l'azote de l'air pour produire soit les nitrates, soit l'ammoniaque.

C'est un problème qui devait entrer dans mon sujet, car c'est par des procédés électro-chimiques qu'on prépare les engrais azotés. Mais un de mes Collègues, Professeur au Collège de France, viendra faire une conférence le dimanche 19 mars sur la question de l'azote; je n'ai donc pas à en parler, et pourtant je ne puis pas passer sous silence un point qui intéresse l'aluminium. Parmi les procédés de fixation de l'azote de l'air, il en est un qui fait intervenir l'alumine; quand on chauffe à 1800° de l'alumine, mieux que cela de la bauxite, et du charbon, on a un mélange qui fixe de lui-même l'azote de l'air.

De sorte que si on élève à 1800° à peu près un mélange de bauxite et de charbon on fixe l'azote de l'air, on obtient des corps qui ont à peu près 27 % d'azote; on a entre autres de l'azoture d'aluminium. Dans l'eau, il se décompose, il donne

(97) 147511

Journal & Co.

- 12 -

PARIS

Paris, le 10 Mars 1900.

Monsieur le Ministre,

J'ai l'honneur de vous adresser ci-joint le rapport que vous m'avez demandé par votre lettre du 27 Février dernier.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'assurance de ma haute considération.

Le Directeur du Service des Travaux Publics.

M. le Ministre,

Le rapport que j'ai l'honneur de vous adresser ci-joint, vous expose les résultats de l'enquête que j'ai faite sur les travaux de construction de la ligne de chemin de fer de Paris à Orléans, entre Paris et Orléans.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'assurance de ma haute considération.

Le Directeur du Service des Travaux Publics.

M. le Ministre,

Le rapport que j'ai l'honneur de vous adresser ci-joint, vous expose les résultats de l'enquête que j'ai faite sur les travaux de construction de la ligne de chemin de fer de Paris à Orléans, entre Paris et Orléans.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'assurance de ma haute considération.

Le Directeur du Service des Travaux Publics.

M. le Ministre,

Le rapport que j'ai l'honneur de vous adresser ci-joint, vous expose les résultats de l'enquête que j'ai faite sur les travaux de construction de la ligne de chemin de fer de Paris à Orléans, entre Paris et Orléans.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'assurance de ma haute considération.

de l'alumine et de l'ammoniaque; on a fait par conséquent la synthèse de l'ammoniaque. Si au lieu de traiter par l'eau, on traite par la soude, on a de l'aluminate de soude et de l'ammoniaque; on fait entrer cet aluminate de soude en réaction par le procédé de la cristallisation; on a de l'aluminate pur et comme sous-produit de l'ammoniaque et de l'alumine pure; c'est ce qui fera baisser le prix de l'alumine pure, si bien que le problème de l'engrais azoté se trouve relié au procédé de l'aluminium.

Voilà ce qu'on peut espérer. Cette pratique est déjà entrée dans l'industrie. Avant la guerre, des usines se montaient: la Compagnie chimique d'Alais, par exemple, une autre usine allait se monter en Norvège. Si le prix de l'alumine baisse, dans quelques années, la production mondiale de l'aluminium s'élèvera à peu près à 100.000 tonnes, il faudra pour cela 230 mille tonnes de sulfate d'ammoniaque; c'est déjà une contribution importante à la consommation des engrais dans le monde. Voilà une conséquence tout à fait inattendue de l'étude de l'aluminium.

Pour terminer, bien qu'en chimie comme en toute science on peut dire qu'une question n'est jamais terminée, je m'excuserai auprès de vous de ne pouvoir développer tout mon sujet; il faudrait parler de tous ^{les phénomènes} électro-thermiques; nous avons vu seulement ceux qui étaient électro-chimiques; Il y aurait encore à parler des procédés électro-thermiques, c'est-à-dire qui font intervenir simplement l'électricité pour produire de la chaleur; c'est là qu'est l'avenir de l'électro-chimie; puisque l'électricité nous donne de la chaleur sous une forme nouvelle, c'est une énergie de qualité nouvelle. Le chauffage électrique est important, non seulement à cet égard, mais aussi parce qu'il permet le chauffage intérieur des parois; ainsi pour l'électro-métallurgie, le chauffage électrique est important; on n'y in-

(92) 14251

PARIS

PARIS



troduit pas d'impuretés, pas de souillures qui viennent des parois des fours. Grâce à l'énergie électrique, on obtient une pureté plus grande des réactifs et à haute température, des réactions tout-à-fait nouvelles.

C'est là-dessus que je terminerai en vous remerciant de l'attention que vous avez bien voulu me donner.



MS 241 (2c)

provoit pas d'impédances, pas de souillures qui vident les
parois des tubes. Grâce à l'énergie électrique, on obtient une
force plus grande des réactions et à haute température, les réac-
tions sont à leur maximum.

C'est la cause des phénomènes de corrosion en zone réactive
de l'oxydation des métaux et des alliages.



PARIS

W. & G.

REPUBLICAN