

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 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]
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	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]
	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'étude de l'électrolyse du chlorure de sodium ou du chlorure de potassium
Adresse	[s.l.] : [s.n.], 1916
Collation	22 f.
Nombre de vues	46
Cote	CNAM-BIB Ms 271 (25)
Sujet(s)	Guerre mondiale (1914-1918) -- Aspect économique Électrolyse Chlorure de potassium
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-202402071752651126
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?MS271.25

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.

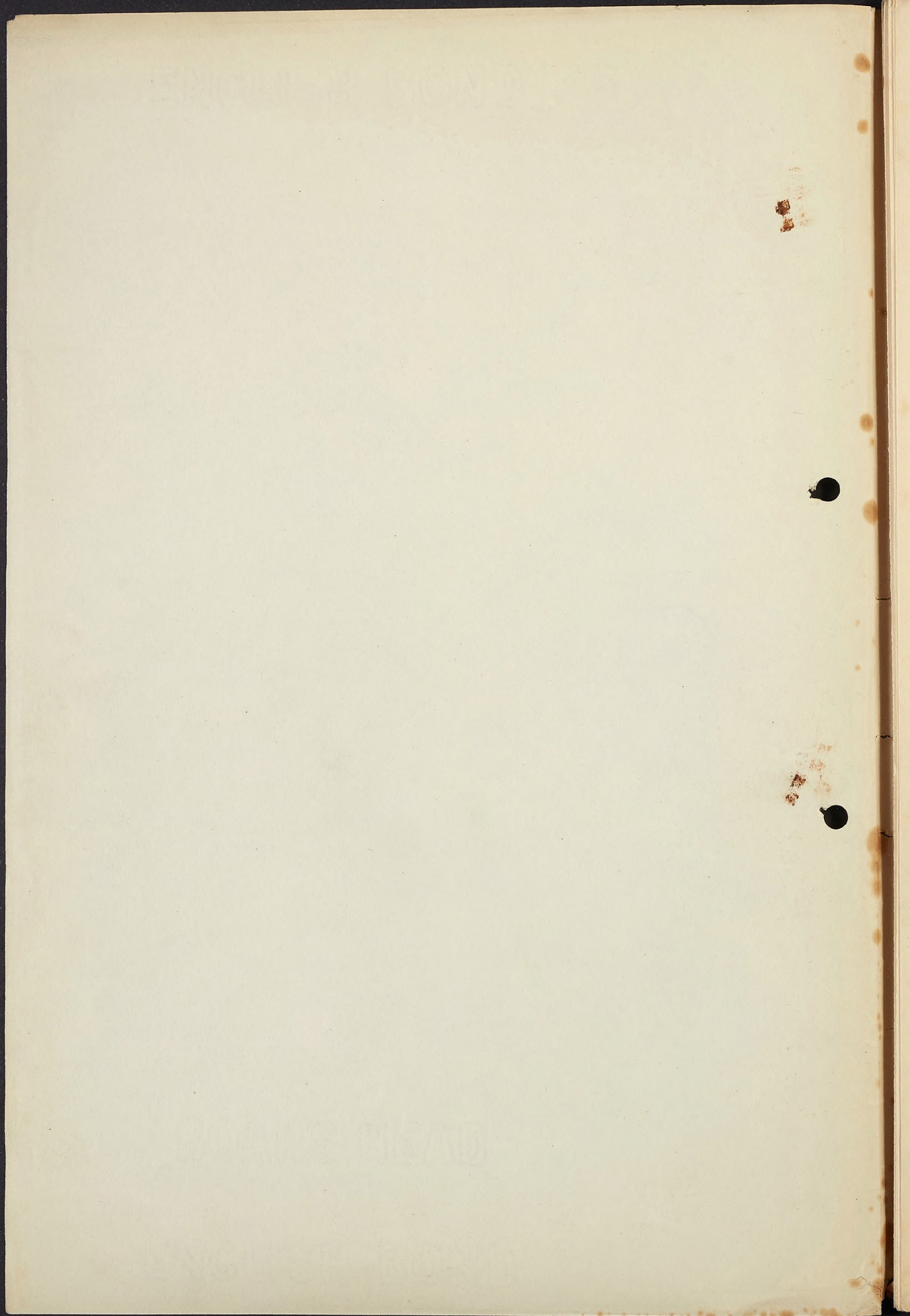
Florence Desnoyers-Robison

Bibliothèque centrale du Cnam

Sources :

Archives du Cnam, 2 CC/23.

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



Br. 957
-1-

Ms 271 (25)

M. JOB. 28 Février 1916

Je vous rappelle que nous avons commencé l'étude de l'électrolyse du chlorure de sodium ou du chlorure de potassium qui s'obtient de la même façon. Il semble qu'en électrisant du chlorure de sodium, on aura facilement d'une part le sodium et d'autre part le chlore. En réalité, il se produit déjà au pôle négatif une réaction secondaire, c'est la réaction du sodium sur l'eau. Le sodium décompose l'eau en donnant de la soude et en dégageant de l'hydrogène; nous aurons du chlore gazeux au pôle positif et de la soude au pôle négatif.

Aurons-nous vraiment du chlore et de la soude ? oui, si nous prenons certaines précautions, mais si nous laissons les deux liqueurs se diffuser l'une dans l'autre, la soude est attirée vers le pôle positif et nous aurons réaction du chlore sur la soude. C'est toute une chimie qui commence, c'est toute une série de transformations qui commencent. Ce chlore, qui va réagir sur la soude, s'il réagit à froid, en présence d'un excès de soude, ou du moins dans un bain à peu près neutre, nous donnera de l'hypochlorite de soude, surtout si la solution est étendue; le chlore réagit en effet à froid; il ne faut pas laisser la température s'élever. Nous opérons avec une concentration très faible et nous aurons soin que le bain ne devienne pas acide; dans ces conditions, le chlore réagissant sur la soude, nous aurons de l'eau de soude ou hypochlorite de soude. Nous avons vu la dernière fois comment nous pouvons obtenir des produits décolorants en électrisant du chlorure de sodium entre deux électrodes de platine ou de charbon.

Maintenant on peut orienter l'électrolyse de façon que la réaction secondaire aille plus loin et que le résultat soit non pas de l'hypochlorite, l'eau de Javel, mais l'hypochlorate.

On peut avoir en conduisant bien l'opération un nouveau produit; le chlorate de soude ou chlorate de potasse et en continuant on peut même avoir du perchlorate. Or, ces composés sont extrêmement importants à l'heure présente parce que ce sont des explosifs ou du moins des constituants importants des explosifs.

Ainsi voici un explosif qui est tout à fait à la mode, je veux dire qu'il est employé en quantité considérable sur le front et qui contient 75 % de chlorate de soude. Aussi ne faut-il pas s'étonner de voir que nos usines, productrices de chlorate de soude, ont plus que décuplé leur production: Ainsi les usines de la Société Corbin et Cie, en temps de paix, fournissent 4 mille tonnes de chlorate. En temps de guerre, actuellement, je ne puis pas vous donner exactement leur production, mais je puis vous dire ^{qu'elle} dépasse de beaucoup 40 mille tonnes. Les usines ont été naturellement multipliées pour suffire à cette production.

En temps de paix, c'est du chlorate de potassium que nous allons produire, maintenant c'est du chlorate de sodium. Pourquoi? C'est que les sels de potassium nous viennent d'Allemagne: c'est l'Allemagne qui peut le plus facilement fournir à bas prix les sels de potassium. Elle les trouve dans les résidus de l'évaporation des eaux de mer; ces résidus, nous les préparons à grands frais, quand nous évaporons nous-mêmes l'eau de mer dans les marais salants; mais les mines de St....., en Allemagne contiennent des résidus, provenant de dépôts anciens, c'est-à-dire de l'évaporation des mers anciennes; ce sont des milliers d'années des siècles de travail qui se trouvent épargnés. Les sels de potassium sont tout préparés; on n'a qu'à les puiser dans le sol. L'Allemagne se trouve ainsi le premier fournisseur du monde entier, tout au moins de l'Europe, pour les sels de potassium: elle nous en envoie beaucoup pour l'agriculture. Ce chlore sert aussi, comme oxydant, dans les fabriques de matières colorantes. L'Allemagne nous envoie du chlorure de potassium, que nous électroly-

sons, et nous le lui renvoyons ce chlorure, en grande partie pour ses usines de matières colorantes. Cet échange a cessé; nous ne faisons plus de chlorate de potassium, nous faisons du chlorate de soude et cela va tout aussi bien pour les explosifs.

Comment faut-il faire pour avoir ce chlorate de potasse?

Quand on laisse le bain d'hypochlorite devenir légèrement acide et quand on laisse aussi la température s'élever, voici ce qui se produit: l'acide hypochloreux réagit sur l'hypochlorite, puisque nous laissons le bain légèrement acide; il se forme de l'acide hypochloreux, qui réagit sur l'hypochlorite et donne du chlorate.

Très simplement, donc, en modifiant la marche de l'électrolyse, en assurant une acidité légère et en élevant la température, on a facilement du chlorate; il ne faut pas trop élever l'acidité. L'acide précipite aussi à l'électrolyse et décompose l'eau à l'anode, en dégageant de l'oxygène; c'est de l'énergie perdue, il faut donc un bain très légèrement acide.

Il y a aussi une réaction qu'il faut soigneusement éviter on peut craindre, à la cathode, une réduction du chlorate; il se produit, à la cathode, des actions réductrices, parce qu'on ne peut pas empêcher, dans cette électrolyse, que les "ions potassium" ou les "ions sodium" ne régénèrent la potasse ou la soude au pôle ~~positif~~ négatif, en dégageant de l'hydrogène; cet hydrogène, si on n'y prend pas garde, réagit sur l'anode avant de se dégager, et en restituant le chlorure, de sorte qu'on a fait du chlorate au pôle positif, qui se réduit au pôle négatif; c'est une perte sèche, c'est un obstacle qu'on a rencontré dans les premiers temps de cette fabrication et qu'on évite en ajoutant, dans le bain un peu de chromate ou de bichromate de potasse. Grâce

(52) 143 511

à lui on évite la réduction à la cathode.

Voilà les artifices employés dans la fabrication des chlorates. On rend le bain légèrement acide; cette acidité, on l'entretient avec de l'acide chlorhydrique; enfin, on empêche la réduction à la cathode, par l'addition d'un peu de bichromate; voilà comment on procède, voilà du moins ce qu'on sait, car les industriels gardent jalousement leurs tours de main; il y a de petits détails qui ont une grande importance et que'on ne connaît que par oui dire.

Voici des données que je prends dans les brevets de Corbin et Cie.

Les deux électrodes sont dans le même bain et non séparés par un diaphragme; on opère sur une surface de 32 mètres carrés; on dispose ainsi 42 éléments en séries, avec 2.400 ampères sous 2 volts. La tension par élément est d'environ 5,4 à 5,5 volts; l'intensité du courant est de 2 ampères 1/2 par décimètre carré, la température est d'environ 75 °.

Voilà les caractéristiques qu'on rencontre dans la réalité. Quel est le rendement ? Environ 1 kg de chlorate par 8 kwattheure dépensés.

Vous voyez que c'est considérable; je dis qu'elle est grande, cette dépense, parce que je la compare à celle qu'on pourrait atteindre, connaissant la chaleur dégagée dans la réaction qui détruit le chlorate; quand on détruit le chlorate de potassium, dans le calorimètre, on obtient de l'oxygène et du chlore (c'est même la préparation de l'oxygène); si on mesure la chaleur dégagée, on trouve 8.400 calories par molécule de chlorate, ce qui fait à peu près 863.000 calories au kilogramme. Or, vous vous rappelez que 863.000 calories c'est justement l'équivalent du Kwattheure.

Dans en décomposant le chlorate de potassium, on recueille

... lui en outre la possibilité de se défendre.

Voilà les principales raisons de l'opposition des alliés.

En fait, la situation est très complexe. Les alliés ont des intérêts divergents. Les États-Unis, par exemple, ont des intérêts économiques et politiques qui ne sont pas toujours compatibles avec ceux de la France.

Il est donc difficile de trouver une solution qui satisfasse tout le monde. C'est pourquoi les négociations sont si longues et si difficiles.

Malgré tout, nous sommes convaincus que la victoire sera finalement de notre côté. Nous avons la moralité et la force nécessaires pour surmonter toutes les difficultés.

En attendant, nous continuerons à travailler pour la paix et la stabilité de l'Europe.

... la situation est très complexe. Les alliés ont des intérêts divergents. Les États-Unis, par exemple, ont des intérêts économiques et politiques qui ne sont pas toujours compatibles avec ceux de la France.

Il est donc difficile de trouver une solution qui satisfasse tout le monde. C'est pourquoi les négociations sont si longues et si difficiles.

Malgré tout, nous sommes convaincus que la victoire sera finalement de notre côté. Nous avons la moralité et la force nécessaires pour surmonter toutes les difficultés.

En attendant, nous continuerons à travailler pour la paix et la stabilité de l'Europe.

une quantité de chaleur, par kilogramme de chlorate qui correspond à un kilogramme d'énergie. On pourrait s'attendre à n'avoir besoin que d'un kilogwattheure pour produire 1 kg. de chlore; or il en faut 8. Cela tient à ce que le rendement de la réaction électro-chimique elle-même n'est pas excellent. Il y a des pertes: mettons les choses au pis et supposons que cette perte soit d'environ 50 %, cela fait encore 4 kilogwattheures au moins qu'on est obligé inévitablement de fournir, alors que, semble t'il, on ne devrait fournir qu'un kgwattheure. L'explication est celle-ci: c'est que nous ne la faisons pas, cette réaction, de façon réversible. Si on la faisait, dans les piles, par déplacement du cuivre par le fer, il est probable que l'énergie nécessaire serait au moins 4 fois plus petite.

Quelles sont les applications ? Je mets à part l'application du chlorate comme oxydant dans les matières colorantes. C'est surtout l'oxydation brusque, l'oxydation violente des corps combustibles, qu'on fait en vase clos et qui produit des explosifs. Nous allons faire une oxydation douce. Nous prenons de l'aniline et du chlore, nous faisons du chlorate d'aniline et nous introduisons du chlorate de potassium. Le chlorate de potassium se réduit: il cède son oxygène actif à l'aniline en donnant du noir d'aniline. C'est une réaction relativement lente. Cette chaleur qui se dégage se dissipe dans l'eau.

Mais nous pouvons faire des réactions plus brutales en mélangeant du chlorate de potassium sec avec un combustible ~~sec~~ sec, par exemple du sucre, bien sec. Nous calculons les ~~pro~~-proportions pour que le combustible prenne son poids d'oxydant; ce mélange est tellement instable qu'il suffit d'un choc pour amener l'explosion. C'est une expérience faite sur de petites quantités mais il ne faudrait pas en produire beaucoup, car ce mélange est très sensible et les accidents sont très nombreux.

Voici une des formules de la cheddite; elle est dans tous les livres français et allemands, on peut la proclamer:

chlorure de soude: 75 %

dinitro toluène : 19

naphtaline neutre: 1

huile de ricin: 5

C'est un mélange un peu pâteux, qui est moins sensible au choc, qu'on peut plus facilement transporter, mais qui détonne, sous l'influence de l'amorce au fulminate.

On peut faire d'autres poudres au chlorate, au soufre, au charbon. En voici une, préparée au magnésium qui est employée comme poudre éclairante. Elle est bien connue des photographes.

En milieu liquide même, on peut obtenir une réaction vive et presque explosive, qu'il faut faire avec beaucoup de précautions: nous allons prendre un combustible extrêmement puissant: le phosphore, nous allons faire brûler du phosphore, sous l'eau, grâce au chlorate de potasse. Le chlorate de potasse, dissous dans l'eau est un oxydant faible, mais on peut déplacer l'acide du chlorate par l'acide chlorique, car, sous l'influence de l'acide sulfurique et si la concentration est suffisante, il se décompose de lui-même spontanément, en donnant du peroxyde de chlore, plus oxydant que l'acide chlorique lui-même.

Quand on pousse plus loin la préparation du chlorate, je veux dire quand on achève l'électrolyse, on transforme totalement le chlorure, contenu dans le bain. en chlorate; quand on poursuit l'électrolyse, on obtient du perchlorate et c'est probablement par ce mécanisme que l'acide chlorique tend à se former à l'anode et réagit à son tour sur l'eau pour donner de ~~l'acide~~ l'acide perchlorique, du perchlorate de potasse ou de soude.

On fabrique ainsi du perchlorate, pour la même raison, pour faire des explosifs puissants.

(52) 152 SH

voici une des raisons de la décadence; elle est dans les

livres français de littérature, on peut le constater :

histoire de France : 10

histoire de France : 10

histoire de France : 10

histoire de France : 10

C'est un livre de la collection de la Bibliothèque de la

France, on peut le trouver dans toutes les bibliothèques, mais qui

est, pour l'influence de la culture en France.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

culture. En France, la culture est, en France, la culture.

On peut dire que la culture française est, en France, la

Nous allons préparer d'autres explosifs, ce n'est ni du chlorate, ni du perchlorate; c'est un explosif dont on a beaucoup parlé et qu'on n'a jamais employé; c'est le chlorure d'azote.

C'est un explosif chloré encore bien plus sensible que le chlorate ou que le perchlorate. Quand on fait réagir le chlore sur le chlorure d'ammonium, sur un sel ammoniacal, on forme du chlorure d'azote. Si la solution est étendue, on fait un peu de chlorure d'ammonium AzH^4Cl . Si la solution est concentrée, on forme du chlorure d'azote, qui est très dangereux; il a coûté la vie à quelques chimistes, parce qu'il détonne avec une violence extraordinaire. Quand on veut en faire on se garde d'en faire de grandes quantités. Il suffit d'en toucher une goutte avec une plume, il explose. Il est très brisant, et on ne peut pas le discipliner. Il paraît peut-être désirable de l'étudier et de le discipliner; moi je ne crois pas que ce soit là une voie intéressante. Voici pourquoi: Cet explosif est extrêmement sensible, mais pas très puissant; on a mesuré dans la bombe calorimétrique la quantité d'énergie qui se dégage pour un centigramme de chlorure d'azote; l'énergie au kilogramme est inférieure à celle de la poudre noire; peut-être moitié moins.

Nous aurons donc une explosion très brisante et dont le champ d'action sera très limité; il ne paraît donc pas très nécessaire de pousser l'étude d'un explosif comme celui-là.

Nous allons en produire sous vos yeux; ce serait extrêmement dangereux, s'il s'accumulait, et nous risquerions qu'il éclate tout-à-coup par surprise, mais nous ne le laisserons pas s'accumuler; il se détruit au contact de l'essence de térébenthine. Nous avons là une solution de chlorure d'ammonium, de sel ammoniac. En électrolysant, nous formons du chlore, qui réagit sur l'excès de sel ammoniac, et donnera du chlorure d'azote. C'est une huile légère qui va surnager, s'élever et

11 271 (25)

arriver au contact de l'essence où elle se détruit. Chaque gou-
telette va éclater. Sans essence de térébenthine, nous ferions
une expérience très dangereuse.

Voilà donc un premier chapitre relatif à l'électrolyse des
chlorures alcalins; nous en tirons les hypochlorites et les chloro-
rates; en séparant les deux compartiments, positif et négatif,
nous pouvons obtenir du chlore d'une part et de la soude d'autre
part. C'est ce que nous allons examiner.

Les difficultés sont très grandes; il a fallu très long-
temps avant de les résoudre. Aussi cette électrolyse qui paraît
si simple est seulement entrée depuis quelques années dans la
pratique industrielle.

Je dois vous dire d'abord quelques mots des produits qu'on
attend de cette électrolyse, le chlore et la soude; ~~quels~~ quels
intérêts ils présentent.

La soude que nous extrayons du chlorure de sodium est
très importante; il suffit de voir les statistiques suivantes.
Examinons la dose de chlorure de sodium absorbée en moyenne par
un habitant de l'Europe. On trouve qu'un Européen consomme 7
~~kg~~ de sel par an pour son alimentation. Or ce n'est pas 7 kg.
de sel que nous consommons par tête en France. C'est 15 kg; il y
a donc 7 kg pour l'alimentation et 8 kg pour les autres besoins
de l'existence.

Ces besoins sont très variés; il y a des sels de soude
un peu partout, il y en a dans le verre: le verre contient des
sels de soude; il faut des sels de soude pour faire du verre. Nous
le verrons en fondant une baguette; la flamme devient jaune.
Cette coloration jaune signifie sodium. En analysant la flamme
on y verrait du sodium.

Nous allons répéter l'expérience avec du chlorure de
sodium. Nous chauffons du sel marin et nous produisons la flamme

jaune, caractéristique du sodium.

Nous allons prendre maintenant du savon, nous allons le mettre dans la flamme, nous allons y trouver du sodium. La flamme est jaune, le savon se fait en effet avec de la soude; voilà pourquoi nous consommons tant de ~~soude~~ sel. Nous en consommons pour notre alimentation et pour d'autres besoins. Je parlais l'autre jour de l'eau de Javel; c'est un sel de sodium, c'est l'hypochlorite de sodium, mais c'est surtout un savon qui consomme des quantités considérables de soude; les lessives, le carbonate de soude pour les lessives montrent que la soude est intéressante déjà pour la consommation ordinaire de l'existence; mais elle est encore intéressante, comme alcali énergique, pour les besoins des laboratoires; aujourd'hui les laboratoires, ce sont des usines, les laboratoires de matières colorantes principalement sont de véritables usines, qui emploient beaucoup de soude.

Nous allons vous montrer l'importance de la soude au point de vue de la formation des savons.

Nous allons commencer sous vos yeux la fabrication d'un savon.

La soude émulsionne les graisses. L'action de la soude sur les huiles est visible et on assiste au commencement de la saponification: nous avons ici deux vases, l'un contenant de l'eau, l'autre de l'eau et un peu d'huile de ricin. Mettons de la soude dans ces deux vases. Avec l'eau nous pouvons agiter, il ne se produit rien. Mais avec l'huile l'émulsion se fait instantanément, c'est le commencement de la saponification.

Vous voyez l'intérêt capital que présente la soude. Aussi, c'est environ 200 mille tonnes de soude qu'on fabrique en France. On a pu dire avec raison, on a pu énoncer cette espèce d'axiome économique: la quantité de soude fabriquée dans un pays est la mesure de sa richesse industrielle. On mesure la richesse indus-

(52) 1153 SH

trielle d'un pays par la quantité de soude fabriquée.

Le chlore a t'il la même importance ? C'est bien différent. Nous en avons tiré tout, je crois, en préparant les chlorures décolorants et aussi les chlorates. A part cela, on s'ingénie à trouver des applications du chlore. On s'ingénie parce que ces 200 millions de kilogs de soude qu'on produit par an, si on les produit par électrolyse, on obtient des torrents de chlore. Malheureusement, les Allemands qui produisent leur soude par électrolyse ont beaucoup de chlore; ils en ont beaucoup dans leurs usines, en temps de paix ils ne savent que faire de leur chlore. Malheureusement, maintenant nos soldats savent qu'ils ont beaucoup de chlore. En temps normal que peut-on faire du chlore ? On a réussi à fabriquer avec ce chlore des chlorures organiques, des dérivés analogues au chloroforme, en faisant réagir le chlore sur l'acétylène. On prend des carbures chlorés qui servent de dissolvants et qui remplacent les benzines dans un moment donné. C'est là une application qui paraît être bien limitée. On a donné aussi une autre application, le désatamage des fers blancs par le chlore; en faisant réagir directement à chaud sur l'étain, on obtient du chlorure d'étain, qui électrisé redonne l'étain.

Il est probable que si la fabrication électrolytique de la soude se développe, on aura tellement de chlore, qu'on sera ramené à faire de l'acide chlorhydrique avec ce chlore. On le fait déjà aux Etats-Unis; c'est paradoxal de préparer HCl avec le chlore. On y sera amené, pour détruire ce chlore, qui deviendrait gênant si on le répandait dans l'atmosphère.

Nous allons refaire du chlorure de sodium en faisant brûler du sodium dans le chlore.

Nous retrouvons ici le maximum d'énergie, qu'on puisse obtenir avec les éléments chlore et sodium. Nous allons recueillir sous forme de chaleur et de lumière la même énergie, qu'il faut

719 241 (25)

0170176 1 10 1984

restituer au chlorure de sodium pour séparer les éléments chlore et sodium.

Quelles sont les difficultés qu'on a rencontrées dans l'électrolyse du chlorure de sodium ?

C'est que, d'abord, il faut séparer les deux électrodes par une cloison poreuse; cela paraît très facile. En réalité, on a difficilement trouvé des diaphragmes poreux qui résistent longtemps à l'action de l'acide alcalin. C'est un problème qu'on a longtemps cherché et qu'on a mal résolu. S'ils ne résistent pas assez, il faut les remplacer souvent, d'où une dépense considérable; on a eu recours à des artifices variés que nous verrons tout à l'heure.

On rencontre aussi une autre difficulté; trouver des anodes qui résistent au chlore, puisqu'il s'agit de dégager le chlore; il est rare de trouver des métaux qui résistent à l'action du chlore, et le platine lui-même est lentement attaqué. En tous cas, c'est une dépense considérable; on emploie du charbon; ce charbon graphitique est attaqué lui-même, d'où dépense assez grande d'électricité. La solution la plus simple consiste dans l'emploi de l'anode de fer fondu. L'oxyde magnétique de fer fondu est à peu près inattaquable au chlore. C'est une des solutions auxquelles on s'est arrêté en dernier lieu. Ainsi la grande fabrique allemande de Grissen avait, à Lamotte-Breuil, une usine qui employait les électrodes en magnétique. C'est grâce à ces électrodes qu'elle a pu fournir dans des conditions économiques convenables, la soude électrolytique. Vous allez voir quels sont les dispositifs industriels les plus ingénieux, qu'on a adoptés, pour recueillir d'une part le chlore et d'autre part la soude.

Clichés des divers procédés:

Les procédés à diaphragmes sont difficilement réalisés, et c'est seulement une fabrique de Grissen qui a pu réaliser

l'application de ces principes à la pratique est la tâche la plus importante.

Quelles sont les conditions de la réussite ?

Les conditions de réussite sont les suivantes :

1. La connaissance de la situation.

2. La connaissance des ressources.

3. La connaissance des dangers.

4. La connaissance des objectifs.

5. La connaissance des moyens.

6. La connaissance des résultats.

7. La connaissance des conséquences.

8. La connaissance des risques.

9. La connaissance des opportunités.

10. La connaissance des alternatives.

11. La connaissance des possibilités.

12. La connaissance des limites.

13. La connaissance des contraintes.

14. La connaissance des incertitudes.

15. La connaissance des ambiguïtés.

16. La connaissance des contradictions.

17. La connaissance des paradoxes.

18. La connaissance des énigmes.

19. La connaissance des mystères.

20. La connaissance des secrets.

21. La connaissance des trésors.

22. La connaissance des richesses.

23. La connaissance des biens.

24. La connaissance des valeurs.

25. La connaissance des vertus.

26. La connaissance des qualités.

27. La connaissance des caractéristiques.

28. La connaissance des particularités.

29. La connaissance des singularités.

30. La connaissance des spécificités.

31. La connaissance des particularités.

32. La connaissance des singularités.

33. La connaissance des spécificités.

34. La connaissance des particularités.

35. La connaissance des singularités.

36. La connaissance des spécificités.

37. La connaissance des particularités.

38. La connaissance des singularités.

une électrolyse à diaphragmes; on s'est ingénié à supprimer les diaphragmes; on évite autant que possible la diffusion de la soude vers le compartiment positif. Par un autre procédé, on y parvient en utilisant la densité de la soude; la soude, une fois formée, étant plus lourde que la solution de chlorure de sodium, tend à s'accumuler au fond; si le bain n'est pas agité, on peut profiter de cette différence de densité, pour recueillir la soude.

Imaginez un tube en U, rempli d'abord de chlorure de sodium, ou mieux encore, pour commencer l'électrolyse, d'un peu de soude assez lourde, puis ensuite de chlorure de sodium. Je suppose qu'on fasse l'électrolyse, la soude va se former au pôle négatif; au pôle positif, il se produit du chlore très soluble, qui tend à se diffuser dans l'eau et vient au devant de la soude.

Dans l'électrolyse du chlorure de sodium, il se produit des "ions" chlore qui se transportent vers le pôle positif. La dissociation électrolytique de la soude produit des ions sodium qui tendent bien à cheminer vers l'électrode négative, tandis que des ions chlore tendent à cheminer vers l'électrode positive. Même les ions OH, qui se forment, vont au-devant du chlore et c'est autant de perdu. Ils sont remplacés par des "ions" chlore "qui reforment du chlorure de sodium dans la solution. Pour éviter cela, voici comment on opère: on alimente peu à peu le compartiment négatif avec du chlorure de sodium, de façon à repousser les colonnes de soude avec une vitesse sensible; elles vont alors s'écouler à la partie supérieure.

La vitesse d'alimentation du chlorure de sodium est calculée de telle façon qu'elle compense la migration de la soude du compartiment positif vers le compartiment négatif; cette migration est mesurée, et sa vitesse est d'ailleurs extrêmement faible, elle est de 11 centimètres à l'heure.

Ce petit détail qui n'a l'air de rien, permet d'économiser

des quantités considérables de soude, peut-être 30 %, et c'est ainsi qu'on a pu prendre le procédé viable.

Voici un commencement d'application industrielle: au lieu d'un tube en U, nous avons une cloche, plongeant dans le chlorure de sodium, la partie inférieure forme un compartiment et la partie supérieure forme un autre compartiment.

On alimente par le pôle positif et on alimente doucement. J'ai représenté ~~ici~~ ici la cloche de neutralisation, c'est-à-dire la couche qui sépare la soude caustique, qui se trouve vers la région positive; on alimente juste assez vite pour que la couche de neutralisation reste immobile. On évite ainsi la perte de soude.

Passons à la réalisation véritable.

Voici comment les choses se disposent:

On a une cloche parallépipédique. A l'intérieur d'une cloche, est une anode au charbon. Par l'anode on introduit le chlorure de sodium, qui se filtre au travers de la cloche. La soude caustique tombe au fond et elle est évacuée sur le côté par un tube de cuivre. On réussit ainsi assez bien; on a perfectionné ce procédé en adjoignant un diaphragme.

Fig. Le compartiment positif c'est ce tube central.

Voici une anode au charbon, qui est au centre; on alimente par un compartiment central, le chlorure de sodium vient passer à travers le diaphragme en ciment, c'est une simple feuille de ciment qui est ^{et} ici derrière se trouve la cathode ou pôle négatif; c'est une lame de verre percée de trous; le chlorure de sodium est obligé de filtrer à travers le diaphragme et à travers la cathode et à peine la soude est-elle formée qu'elle file à travers la cathode et tombe dans une boîte pleine d'huile; elle tombe au fond de l'huile et forme une couche qui s'écoule

(52) 153 611

par un tube. C'est le procédé Tausen.

Voici un autre procédé analogue.

L'afflux du chlorure de sodium se fait par le centre. Les compartiments sont ~~isolés~~ isolés par deux diaphragmes. Le chlorure filtre de part et d'autre du diaphragme, à droite vers le pôle positif, à gauche vers le pôle négatif; pas de communication entre les deux compartiments; vers le compartiment négatif se fait la soude, d'autre part se fait le chlore: la soude s'écoule par un tube.

Voici un autre dispositif plus ingénieux encore.

C'est l'électrolyseur Solvay à circulation de mercure.

On peut capter le sodium, l'empêcher de réagir sur l'eau; on emploie pour cela du mercure comme électrode négative; les amalgames qui se forment sont, il est vrai, décomposables par l'eau, mais très lentement: on a le temps d'extraire l'amalgame, avant qu'il n'ait réagit.

On s'arrange pour capter l'amalgame et on opère dans une cuve; on le laisse agir; il donne de la soude pure et du mercure. On recueille le mercure et on le ramène, on écarte la soude et on recommence indéfiniment; cela se fait automatiquement par circulation.

L'électrolyseur Solvay, c'est une cuve, dans laquelle il y a une couche de mercure, alimentée par un tube; de cette façon il y a circulation continue de mercure; il arrive d'un côté et s'écoule dans une autre cuve, où se fait la réaction sur l'eau. On recueille la soude et de nouveau le mercure entre de l'autre côté; il faut une petite pente seulement, pour prendre le mercure ici, le ramener et recommencer.

Nous avons aussi une circulation continue de chlorure de sodium; on empêche ainsi le système de s'échauffer. Nous avons là une toile de platine, comme cathode, des bâtons de charbon,

(57) 152 81

pour amener le courant. Nous avons deux circulations parallèles, une de mercure et une de chlorure. Nous avons une solution de chlorure de sodium et du mercure; nous plongeons dans le mercure, ce qui sera l'électrode négative, c'est un fil protégé par du verre; en faisant passer le courant, nous dégagons du chlore et il se fait de l'amalgame de sodium; nous voyons qu'il n'y a pas abondance de bulles d'hydrogène, nous captons le mercure dans la soude, sans qu'il décompose l'eau et l'hydrogène se forme. Quand l'électrolyse cesse, on voit les bulles d'hydrogène.

Voici maintenant quelles sont les caractéristiques de ce procédé. On s'arrange de manière à ce que le mercure se charge de 2/10 % de sodium, on fait circuler assez vite, pour qu'il se charge seulement de ces 2/10. On sépare 100 kgs de sodium à l'heure, 4 tonnes de soude par jour; pour cela on met en circulation 50 tonnes de mercure à l'heure; la force électro-motrice est de 3 volts aux bornes de l'électrolyse, et, pour une densité de 15 ampères par décimètre carré, on a un rendement de 95 % dans un des appareils, de 87 % dans l'autre.

Voilà donc les procédés en usage pour la fabrication du chlore et de la soude. Les usines en général gardent leurs secrets, on ne sait pas les plus employés. En tous cas, avant la guerre une seule usine employait le procédé du diaphragme, c'était l'usine de Grissen. Solvay commence à employer le procédé Solvay. En Allemagne, le procédé à diaphragme est employé; en Autriche, le procédé à la cloche; en Angleterre et aux Etats Unis, on commence à employer beaucoup l'électrolyseur à mercure et le procédé Tausen.

J'ai insisté sur cette fabrication à cause de sa grande importance industrielle, bien que le sujet soit un peu aride.

HS271(25)

Nous allons maintenant aborder un sujet plus directement intéressant, c'est l'électro-métallurgie.

On peut employer en effet l'énergie électrique à déposer le métal lui-même au pôle négatif; dans l'électrolyse de nos expériences, nous n'avons pas vu apparaître le sodium: il décompose l'eau ou bien il est amalgamé avec le mercure.

Mais quand nous électrolysons une solution de sulfate de cuivre, nous obtenons le cuivre.

Peut-on tirer de là des applications importantes ? Oui, déjà le revêtement des métaux par d'autres métaux, le cuivrage, le nickelage, la dorure, sont des applications, qu'on peut qualifier d'industrielles et qui mettent en oeuvre un grand nombre de petites usines de la région parisienne; il y a beaucoup d'ateliers de nickelage, de dorure, d'argenture, aux alentours de Paris.

Mais au point de vue de la grande industrie elle-même, le dépôt électrolytique présente aussi de l'importance, le dépôt électrolytique du cuivre tout particulièrement.

On peut, par ce procédé, obtenir du cuivre rigoureusement pur; c'est un des procédés de purification rigoureuse. Voilà qui est extrêmement précieux, parce que, quand on fait du cuivre, c'est le plus souvent, pour faire des conducteurs. Or, la conductibilité dépend à un très grand degré de la pureté; on a donc intérêt à avoir du cuivre très pur.

De sorte qu'une dépense minime, qu'on aura faite pour purifier un échantillon de cuivre qui va devenir un conducteur, va se traduire par une économie énorme. Si vous comptez un nombre d'ampères-heures, qui vont passer dans ce fil, vous verrez que la quantité de chaleur, perdue le long du fil, est proportionnelle à sa résistance. Si la résistance d'un fil augmente d'1/10 c'est

MS 241 (25)

1/10 que vous perdez. En poussant plus loin la purification du fil, vous avez une grande économie. On plonge une lame de Cuivre impur dans du sulfate de cuivre, au pôle positif, le cuivre impur servira d'anode; d'autre part, on plonge dans le même sulfate de cuivre, au pôle négatif, une électrode, qui va recevoir le cuivre pur, ce sera une feuille de cuivre pur, si vous voulez. On fait passer le courant, le cuivre impur se dissout au pôle positif et le cuivre rigoureusement pur se dépose au pôle négatif.

Comment se fait-il que nous obtenions du cuivre pur ?

Il faut vous reporter à ce que je vous ai dit de la liste des métaux; nous avons vu qu'il y avait une hiérarchie des métaux, caractérisés par leur tension dans les piles, qui va des métaux les moins nobles, jusqu'aux moins attaquables, c'est-à-dire les plus nobles, nous avons le mercure, l'argent, l'or, le platine, comme moins attaquables; ceux-ci au-dessus du cuivre.

Il faut considérer ensuite, de l'autre côté du cuivre, les métaux plus attaquables, le fer, le zinc, plus attaquables que le cuivre.

Plaçons-nous à l'anode; il y a d'une part des métaux mélangés au cuivre et qui en constituent les impuretés; ils vont passer dans le bain, dans l'ordre où ils sont attaqués, les moins nobles les premiers; les impuretés plus nobles, or et argent ne pourront entrer dans le bain qu'après le cuivre, les plus nobles restant les derniers, et ne devant passer dans le bain que lorsque le cuivre sera dissous. Donc, l'anode va se dissocier il restera un squelette très fragile qui aura toutes les impuretés, formant une sorte de boue argentifère et aurifère.

Plaçons-nous dans le bain: que se passe-t'il à la cathode? Par une première filtration, les plus nobles sortent du bain, le cuivre est maintenant le plus noble de ceux qui sont dans le bain; C'est le cuivre qui va passer dans une deuxième filtration.

Il ne peut passer ni fer,, ni zinc, tant que le Cuivre n'est pas déposé. On recueille donc du cuivre rigoureusement pur; c'est le principe de l'affinage du Cuivre.

On peut préparer des objets en cuivre, des tubes par exemple; voilà qui est extrêmement intéressant, au point de vue de la métallurgie du Cuivre.

De même, l'électrolyse a aussi son intérêt dans la métallurgie de l'or; voici comment on peut utiliser l'électrolyse, dans la métallurgie de l'or; l'or se trouve disséminé dans des roches quartzenses; le cristal de roche est abondant, notamment dans les minerais du Transvaal; pour en extraire l'or, il faut un dissolvant; on ne peut pas espérer casser la roche et trouver des pépites d'or; peut être au Klondyke, on concasse cette roche et on la traite par un dissolvant; quand l'or ~~est~~ est très abondant, le mercure suffit; quand l'or est moins abondant, ~~on~~ on a recours au cyanure de potassium, qui dissout l'or en présence de l'air ou du moins de l'oxygène de l'air. Voici une feuille d'or (une feuille d'or vue par transparence est verte, d'un bleu verdâtre), nous allons écrire sur cette lame avec du cyanure de potassium, nous verrons ronger l'or, mais il faut de l'oxygène ou du moins un peu d'eau oxygénée: on voit très nettement apparaître les traits.

Une autre application très importante, c'est la dorure et l'argenture.

L'argenture et la dorure sont très faciles: on emploie toujours des bains au cyanure; pour l'argenture, voici la recette: 30 gr. de cyanure d'argent, 45 gr. de cyanure de potassium, 24 gr. d'argent pour 1 litre d'eau, avec une densité de courant faible inférieure à un ampère par décimètre carré, 3/10 par exemple.

Voici une recette pour l'or: cyanure de potassium: 6 gr. chlorure d'or: 5 gr. tout cela pour 1 litre.

Ce qui est peut-être le plus intéressant que l'or et l'ar-

gent, ce sont les métaux vraiment usuels comme le cuivre et le nickel. Le cuivrage, le nickelage surtout, sont ^{extrêmement} ~~extrêmement~~ importants. Le nickelage des guidons de bicyclette par exemple et d'objets devant résister à l'air. Le cuivrage se fait facilement, le nickelage est déjà plus difficile; le cuivrage se fait facilement sur certains métaux, difficilement sur d'autres. Pour le faire on prend un bain au cyanure. Pour faire du cuivrage, sur cuivre ou sur laiton, on prend un bain au sulfate de cuivre.

Une application très intéressante du cuivrage et aussi du nickelage, c'est la galvanoplastie qui consiste à déposer un métal sur un moule par exemple, un moule en cire ou un moule en gutta percha, où on a imprimé des types en relief.

On rend cette gutta conductrice avec du graphite, de la mine de plomb par exemple; voici un moule en gutta, qui a été rendu conducteur, simplement, avec la plombagine; cette plombagine est reliée à l'électrode par le fil qui sert de pôle positif et on relie au pôle négatif d'une source; on dépose comme cela le cuivre sur la plombagine; quand une épaisseur de cuivre suffisante a été déposée, on détache du moule, et on obtient la reproduction exacte de la médaille primitive, si on opère avec du nickel, par exemple, on dépose du nickel et on obtient exactement le contre-type; voilà l'intérêt de la galvanoplastie.

Au point de vue ornemental, architectural, c'est très intéressant pour reproduire exactement les objets d'art. Mais au point de vue pratique, c'est d'un très grand intérêt aussi. Pour l'imprimerie de luxe en particulier, si on veut obtenir très rapidement un cliché, reproduire un cliché, si compliqué qu'il soit, il suffit d'imprimer ce cliché dans de la gutta percha et de prendre un contre-type qu'on doit faire assez dur pour qu'il puisse très longtemps servir à l'impression.

Ce métal très dur, on a été longtemps à le chercher;

175271 (25)

on fait très bien le contre-type au cuivre, mais ce métal n'est pas assez dur. La véritable solution consiste dans le dépôt du nickel, qui permet de faire des clichés véritablement durables et résistants.

C'est cette solution qui a été adoptée à l'Imprimerie de la Banque de France. Elle est rarement employée parce que la galvanoplastie présente de grandes difficultés; le problème n'a été résolu que dans un petit nombre de cas.

Ici, au Laboratoire, nous avons étudié le procédé pour la Banque de France et la Banque de France peut maintenant faire ses clichés au nickel; c'est ainsi qu'on imprime les billets de banque.

Voici la galvanoplastie au nickel; les types primitifs sont imprimés dans un moule en gutta; très souvent on obtient au pôle négatif du nickel cassé; il faut de grandes précautions; préparer le bain avec un soin tout à fait particulier, pour obtenir du nickel résistant et assez épais. Il faut pour cela d'abord que la réaction du bain soit rigoureusement neutre ou très faiblement acide. Alors on peut employer comme électrolyte du sulfate de nickel, mais pas seul; sans cela on a un dépôt noir; on ajoute un peu de chlorure; il faut observer aussi une certaine densité de courant, 1/2 ampère environ, 3/10 d'ampères par décimètre carré; puis on ajoute un acide faible, par exemple de l'acide tannique ou de l'acide borique, et c'est ainsi qu'on fait ces clichés.

Je voudrais vous dire quelques mots sur les précautions générales à prendre, sur les variations de qualité du métal déposé, quand la densité du courant varie.

Dans la prochaine leçon, j'aborderai un sujet plus important encore au point de vue industriel; c'est l'électrolyse par voie sèche, l'électrolyse des sels fondus; on a vu du courant

...the first of these is the fact that the ...
...the second is the fact that the ...
...the third is the fact that the ...
...the fourth is the fact that the ...
...the fifth is the fact that the ...
...the sixth is the fact that the ...
...the seventh is the fact that the ...
...the eighth is the fact that the ...
...the ninth is the fact that the ...
...the tenth is the fact that the ...
...the eleventh is the fact that the ...
...the twelfth is the fact that the ...
...the thirteenth is the fact that the ...
...the fourteenth is the fact that the ...
...the fifteenth is the fact that the ...
...the sixteenth is the fact that the ...
...the seventeenth is the fact that the ...
...the eighteenth is the fact that the ...
...the nineteenth is the fact that the ...
...the twentieth is the fact that the ...
...the twenty-first is the fact that the ...
...the twenty-second is the fact that the ...
...the twenty-third is the fact that the ...
...the twenty-fourth is the fact that the ...
...the twenty-fifth is the fact that the ...
...the twenty-sixth is the fact that the ...
...the twenty-seventh is the fact that the ...
...the twenty-eighth is the fact that the ...
...the twenty-ninth is the fact that the ...
...the thirtieth is the fact that the ...
...the thirty-first is the fact that the ...
...the thirty-second is the fact that the ...
...the thirty-third is the fact that the ...
...the thirty-fourth is the fact that the ...
...the thirty-fifth is the fact that the ...
...the thirty-sixth is the fact that the ...
...the thirty-seventh is the fact that the ...
...the thirty-eighth is the fact that the ...
...the thirty-ninth is the fact that the ...
...the fortieth is the fact that the ...
...the forty-first is the fact that the ...
...the forty-second is the fact that the ...
...the forty-third is the fact that the ...
...the forty-fourth is the fact that the ...
...the forty-fifth is the fact that the ...
...the forty-sixth is the fact that the ...
...the forty-seventh is the fact that the ...
...the forty-eighth is the fact that the ...
...the forty-ninth is the fact that the ...
...the fiftieth is the fact that the ...
...the fifty-first is the fact that the ...
...the fifty-second is the fact that the ...
...the fifty-third is the fact that the ...
...the fifty-fourth is the fact that the ...
...the fifty-fifth is the fact that the ...
...the fifty-sixth is the fact that the ...
...the fifty-seventh is the fact that the ...
...the fifty-eighth is the fact that the ...
...the fifty-ninth is the fact that the ...
...the sixtieth is the fact that the ...
...the sixty-first is the fact that the ...
...the sixty-second is the fact that the ...
...the sixty-third is the fact that the ...
...the sixty-fourth is the fact that the ...
...the sixty-fifth is the fact that the ...
...the sixty-sixth is the fact that the ...
...the sixty-seventh is the fact that the ...
...the sixty-eighth is the fact that the ...
...the sixty-ninth is the fact that the ...
...the seventieth is the fact that the ...
...the seventy-first is the fact that the ...
...the seventy-second is the fact that the ...
...the seventy-third is the fact that the ...
...the seventy-fourth is the fact that the ...
...the seventy-fifth is the fact that the ...
...the seventy-sixth is the fact that the ...
...the seventy-seventh is the fact that the ...
...the seventy-eighth is the fact that the ...
...the seventy-ninth is the fact that the ...
...the eightieth is the fact that the ...
...the eighty-first is the fact that the ...
...the eighty-second is the fact that the ...
...the eighty-third is the fact that the ...
...the eighty-fourth is the fact that the ...
...the eighty-fifth is the fact that the ...
...the eighty-sixth is the fact that the ...
...the eighty-seventh is the fact that the ...
...the eighty-eighth is the fact that the ...
...the eighty-ninth is the fact that the ...
...the ninetieth is the fact that the ...
...the ninety-first is the fact that the ...
...the ninety-second is the fact that the ...
...the ninety-third is the fact that the ...
...the ninety-fourth is the fact that the ...
...the ninety-fifth is the fact that the ...
...the ninety-sixth is the fact that the ...
...the ninety-seventh is the fact that the ...
...the ninety-eighth is the fact that the ...
...the ninety-ninth is the fact that the ...
...the hundredth is the fact that the ...

passer dans des liquides; mais on peut électrolyser des sels fondus, de la soude fondue par exemple, du chlorure de sodium, fondu, et c'est par une opération de ce genre qu'on prépare l'aluminium. Nous nous occuperons du sodium, de l'aluminium et aussi du procédé électro-thermique de fabrication du fer.



MS 271 (25)

... in the ...
... of the ...
... of the ...
... of the ...
... of the ...

