

et les accessoires, ainsi qu'un transport de force. Une installation analogue se trouve aux charbonnages Espérance et Bonne Fortune, près Liège.

Les charbonnages du Hasard, près Liège, possèdent une centrale triphasée avec groupe transformateur en courant continu et groupe régulateur monté en série sur le circuit à courant continu, actionnant un moteur d'extraction de 180 HP.

En France, le charbonnage de Ligny-les-Aires (Nord) a une machine d'extraction de 500 HP actionnée par deux moteurs à 500 volts courant continu et survolteur dévolteur formant dynamo auxiliaire de démarrage.

Enfin, il faudrait citer un grand nombre de charbonnages allemands ; Zollern II (Gelsenkirchen), Preussen II (Harpener) les premiers en date, Scharnhorst, Dahlbusch, tous en Westphalie, Thierderhall (Brunswick) (extraction avec deux moteurs en série parallèle), Lubtheen, etc. La Gelsenkirchener Bergwerks A. G. a 11.000 HP électriques dans ses centrales, contre 21.340 à vapeur ; la Harpener Bergbau A. G. a 15.000 HP électriques contre 66.354 à vapeur (1). Ces chiffres donnent une idée de l'importance prise actuellement par l'électricité dans quelques mines allemandes.

L'emploi pour les pompes électriques se généralise de plus en plus avec des dynamos ou alternomoteurs donnant jusqu'à 150 et 250 HP à vitesse réduite et actionnant directement des pompes à pistons. On a essayé aussi avec succès des moteurs accouplés à des pompes rotatives pour grandes hauteurs, mais le rendement est un peu moins bon.

En France, nous avons encore bien à faire pour nous mettre au niveau des installations étrangères, et il est à souhaiter que, maintenant que des exemples nous ont ouvert la route en montrant les avantages et la sûreté de l'exploitation minière avec du matériel électrique, ces applications se développent pour nous remettre au niveau des pays voisins.

Dans la métallurgie, les progrès, pour être moins brillants, n'en sont pas moins fort sensibles. Le courant continu sert depuis plusieurs années à manœuvrer des ponts et grues de coulées, pouvant porter jusqu'à 100 tonnes. Le courant triphasé devient maintenant très intéressant pour permettre un transport plus commode de l'énergie et on ne craint plus de l'employer pour les manœuvres délicates d'une aciérie. On peut citer comme exemple type la belle installation électrique des Aciéries de Sambre-et-Moselle, à Montigny-sur-Sambre, et qui comprend exclusivement du courant triphasé 500 volts, 50 périodes, pour tous les appareils.

Dans les salles de laminage, c'est à l'électricité que l'on s'adresse pour la commande des multiples rouleaux, chargeurs, basculeurs, etc., que nécessitent les immenses installations modernes. Ces derniers temps même c'est l'électricité que l'on emploie dans plusieurs cas pour la commande des trains de laminoirs.

On a actuellement des machines électriques de laminoirs de 500 et 1.000 HP, en attendant qu'on arrive aux puissantes forces de 1.500 et 3 000 HP que la vapeur fournit aux trains des bloomings. Malgré les à-coups terribles qui se produisent dans le laminage, les quelques essais faits jusqu'à présent laissent espérer que l'électricité pourra trouver là encore une nouvelle voie pour se développer.

(1) Ces chiffres sont extraits de la notice publiée par le Syndicat Rhénan-Westphalien pour l'Exposition de Liège, en 1905.

On voit donc qu'actuellement, malgré l'extension considérable donnée à la « houille blanche » et aux transports de force qu'elle dessert, la « houille noire » continue à garder son rang comme productrice d'énergie électrique. Elle reste indiquée dans les régions de plaines où le charbon abonde, et où des industries nombreuses forment des débouchés assurés. Et l'on peut voir déjà houille blanche et houille noire s'unissant pour se prêter mutuel appui et distribuer partout, et à bas prix, l'énergie électrique indispensable à la maison comme à l'usine.

Antoine PALLIÈRE.

Ingénieur des Arts et Manufactures.

## Electrométallurgie du Nickel (\*)

**Fabrication électro-métallurgique du nickel.** — Le traitement direct des minerais de nickel de la Nouvelle-Calédonie est peu avantageux, et il est préférable de traiter un produit de concentration, tel que l'oxyde ou le sulfate.

D'autre part, il est rationnel d'opérer la concentration sur place et le traitement électro-métallurgique en Europe. En effet, pour traiter en Europe des minerais bruts contenant généralement 20 pour 100 d'humidité et ne titrant sur le sec que 6 à 7 pour 100 de nickel, on transporte en pure perte un poids mort 16 à 20 fois plus considérable que celui du métal à en extraire. Le tableau suivant montre que la dépense supplémentaire correspondante est supérieure à la valeur intrinsèque du minerai.

FRAIS QUI GRÈVENT LE PRIX DE REVIENT DES MINERAIS BRUTS EXPORTÉS EN EUROPE

DETAIL DES DÉPENSES	TENEURS		
	Analyses sur minerai sec		
	6 %	7 %	8 %
Prix de l'unité de métal à Nouméa.	0 fr. 60	0 fr. 65	0 fr. 75
Tonnage de minerai brut à 20 pour 100 d'humidité pour une tonne de nickel affiné ... .. tonnes.	22	18,750	16,500
	fr.	fr.	fr.
Prix d'achat sous palan à Nouméa.	633 60	682 50	792 »
Livraison, prise d'essai, analyses..	36 »	39 30	42 25
Frêt à 35 francs .....	770 »	656 25	557 50
Sacs : 22 par tonne à 0 fr 35 .....	169 40	144 40	127 05
Intérêts sur avances.....	21 »	23 »	25 »
Assurances.....	25 »	27 »	29 »
Frais de livraison en Europe..	34 »	32 »	32 25
Perte de route et imprévus. ....	34 »	32 »	32 25
<b>PRIX TOTAL EN EUROPE...</b>	<b>1 723 »</b>	<b>1 636 45</b>	<b>1 657 30</b>
Majoration par tonne de métal...	1 089 40	953 95	865 50

Si la concentration sur place est indispensable au point de vue économique, il est visible, au contraire, que l'on n'a pas grand intérêt à tenter à la Nouvelle-Calédonie la fabrication électrométallurgique. En effet, les chutes d'eau calédoniennes sont nombreuses, mais peu puissantes, difficiles à aménager et généralement éloignées des voies de communication ; enfin, la création d'usines hydro électriques a si grande distance de la métropole comporte une foule d'aléas que ne présentent pas les puissances hydrauliques d'Europe.

Au surplus, si l'on considère que le poids de l'oxyde ne surpasse que de 27 pour 100 celui du métal contenu, on voit que la majoration due au transport en Europe du concentré sous forme d'oxyde ne dépasse pas 25 francs par tonne de métal, chiffre bien inférieur à l'écart entre le prix des opérations électro-métallurgiques en Europe et en Nouvelle-Calédonie, où l'on devra impor-

(\*) Communication faite au VI<sup>e</sup> Congrès International de chimie appliquée tenu à Rome.

ter tout le matériel, le coke, les électrodes, et payer une main-d'œuvre de fabrication relativement élevée.

En résumé, la solution rationnelle du problème consiste à traiter sur place les minerais bruts afin d'en extraire le sulfate destiné à la vente directe, ou l'oxyde qui sera transporté en Europe pour la fabrication du nickel et de ses alliages.

**Traitement des minerais calédoniens pour sulfate ou oxyde de nickel.** — Le traitement repose sur les observations suivantes :  
A la température de 145/150°, correspondant à une pression de 4 kilogs, la solubilité aqueuse du sulfate de nickel (c'est-à-dire le rapport  $\frac{p}{p + \pi}$  du poids de sel anhydre dissous au poids de la solution saturée) est voisine de 0,37, ce qui correspond à peu près à 2,5 molécules grammes par litre de solution.

Dans les mêmes conditions de température et de pression, le sulfate ferrique, au contraire, se dissocie en donnant du peroxyde de fer hydraté, du sulfate ferrique basique insoluble et de l'acide sulfurique libre.

Il en résulte que, si à la température de 145/150° C, et sous pression, l'on soumet à l'action d'une quantité ménagée d'acide sulfurique, de concentration convenable, un mélange de protoxyde de nickel et de peroxyde de fer, ou un minerai contenant ces deux oxydes, le nickel seul sera attaqué et dissous, tandis que le peroxyde de fer restera inattaqué.

Il convient de ne pas dépasser notablement la pression de 4 kgs, car au-delà de 6 kgs une solution saturée de sulfate de nickel dépose des quantités appréciables de l'hydrate  $SO^4Ni, 2H^2O$ , et à 12 kgs la solubilité s'annule complètement.

L'application de ce principe simple permet de réaliser l'attaque des hydrosilicates calédoniens en ne solubilisant que la matière utile, c'est-à-dire l'oxyde de nickel.

Cette séparation s'effectue avec le minimum d'acide sulfurique, sans emploi d'aucun réactif accessoire, et avec une faible dépense de combustible.

Voici comment on opère en pratique :

Le minerai est délayé avec une proportion suffisante d'une solution de sulfate de nickel saturée à la température ordinaire (eau-mère d'une opération précédente). Le mélange est introduit dans un autoclave horizontal à double enveloppe, dont la capacité intérieure, garnie de plomb, est munie d'une ouverture à fermeture autoclave pour l'introduction du minerai et d'un tube de vidange.

Le chauffage de l'appareil a lieu au moyen de vapeur introduite à 8 kilogs dans la double enveloppe.

Pour brasser les masses contenues dans la capacité intérieure, l'appareil est muni d'un malaxeur à chaînes.

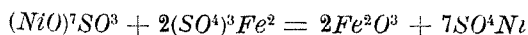
On chauffe d'abord au moyen de la vapeur jusqu'à ce que la température intérieure atteigne environ 133° (3 kgs de pression). On injecte alors de l'acide sulfurique à 53° Baumé.

Par suite de la réaction chimique et de la continuation du chauffage, la température intérieure de l'autoclave monte rapidement à 145-150° (environ 4 kgs de pression). On règle la vapeur de manière à maintenir cette pression pendant 20 à 30 minutes, temps suffisant pour réaliser l'attaque complète de l'oxyde de nickel.

On pourrait alors évacuer les liquides sous pression et les filtrer, mais cette manière de procéder comporte des inconvénients que l'on évite de la manière suivante :

On évacue la vapeur de l'enveloppe, puis on injecte dans la capacité intérieure une solution froide et saturée de sulfate de nickel (eau-mère d'une opération précédente) contenant en suspension une proportion convenable de sulfate basique de nickel obtenu par ébullition d'une solution de sulfate de nickel diluée en présence d'ammoniaque.

On sature ainsi l'excès d'acide sulfurique, introduit à dessein, pour assurer l'attaque complète et l'on précipite en même temps le fer qui a pu être attaqué. Cette épuration s'effectue en vertu de la réaction :



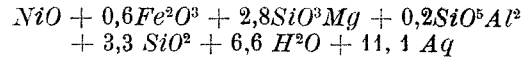
En proportionnant aux masses initiales la quantité de liqueur introduite en fin d'opération, on obtient une mixture à peu près neutre contenant tout le nickel à l'état de sulfate et dont la température est voisine de 90°.

On sépare au filtre-pressé la solution du résidu solide qui est lavé méthodiquement à l'eau pure. On fait ensuite cristalliser le sulfate. Quant à l'oxyde, on l'obtient par calcination du sulfate au rouge vif et en atmosphère oxydante.

Quand on concentre les eaux-mères pour faire cristalliser le sulfate de nickel, on obtient du sulfate double de nickel et de magnésium. Naturellement, ce composé ne peut être vendu comme sulfate de nickel, mais il peut servir pour la fabrication de l'oxyde. En calcinant au rouge vif, le sulfate de nickel seul est décomposé et l'on recueille l'oxyde de nickel par simple lixiviation de la masse calcinée.

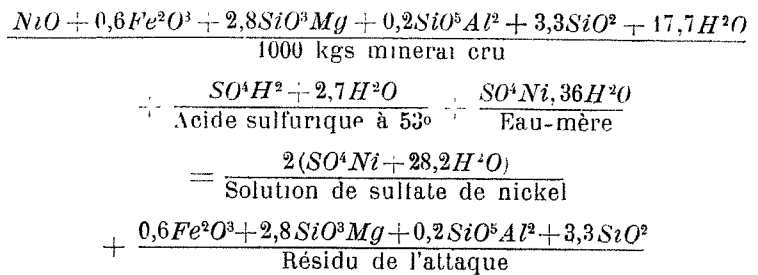
**Application aux minerais de la Nouvelle-Calédonie.** — Les calculs qui suivent supposent l'emploi d'un minerai type, contenant à l'état sec environ 7 pour 100 de nickel et à l'état cru 20 pour 100 d'humidité.

La composition de ce minerai pourrait être représentée par la formule suivante, exprimée en molécules kilogrammes par tonne :

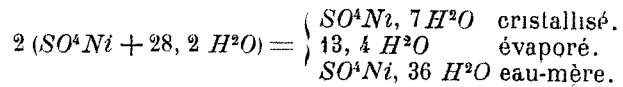


**Attaque sous pression.** — On attaque le minerai avec de l'acide sulfurique à 53° après l'avoir délayé avec de l'eau-mère d'une précédente cristallisation, eau mère dont la composition correspond approximativement à  $SO^4Ni, 36H^2O$ .

Dans ces conditions la réaction sulfatisante peut s'écrire :



**Cristallisation.** — On admet que la moitié du sulfate est recueilli par cristallisation, de telle sorte que l'on a



**Matières mises en jeu.** — En tenant compte de l'acide sulfurique fixé à l'état de sulfate de magnésium et des pertes de toute nature, on peut admettre qu'en pratique les matières mises en jeu interviennent dans les proportions suivantes :

	Par tonne de minerai	Par tonne de sulfate	Par tonne d'oxyde
Minerai à 7 pour 100 de NiO...	1000 kgs	4000 kgs	15400 kgs
Acide sulfurique à 53° .....	300	1200	4620
Sulfate ( $SO^4Ni, 7H^2O$ ) .....	250	1000	3850
Oxyde NiO .....	65	260	1000
Combustible .....	»	500	2300

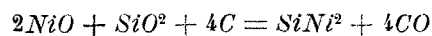
**Traitement électro-métallurgique pour nickel ou ferrou nickel.** — Le principe du traitement consiste à réduire au four électrique l'oxyde de nickel, après addition d'une proportion convenable de silice et de carbone, de manière à obtenir un silicium exempt de carbone, que l'on fait ensuite réagir sur l'oxyde mélangé de chaux, afin de brûler le silicium et de le scorifier sous forme de silicate de calcium.

La réduction pour silicium, du minerai brut ou de l'oxyde de nickel, peu s'opérer dans un four électrique à résistance analogue aux fours à ferrosilicium. Le silicium fondu passe directement à l'état liquide du four de réduction dans celui d'affinage.

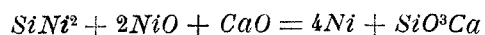
L'affinage s'effectue dans mon four canal en présence d'une quantité calculée d'oxyde de nickel ou d'oxyde de fer ou d'un mélange des deux oxydes selon que l'on veut obtenir du nickel pur ou du ferro-nickel.

On peut aussi introduire directement le fer dans le métal affiné. Les réactions sont très simples :

I. — RÉDUCTION POUR SILICIURE



II — AFFINAGE POUR NICKEL



L'affinage basique élimine le phosphore qui pourrait provenir du coke employé dans la réduction pour silicium. Quant au

soufre, on peut l'éliminer par l'intervention finale d'une petite quantité de manganèse non carburé ou de ferromanganèse sans carbone.

En pratique, la réduction et l'affinage d'une tonne de nickel exigent, toutes pertes comprises :

Oxyde de nickel. . . . .	1300 Kgs
Silice pure. . . . .	300 »
Chaux . . . . .	250 »
Coke de réduction . . . . .	300 »
Electrodes. . . . .	60 »
Energie électrique. . . . .	4250 Kw H.

On peut enfin opérer l'affinage dans un four à foyers conjugués, dans lequel on forme un bain d'oxyde de nickel, tandis que les électrodes sont formées de siliciure de nickel.

Gustave GIN,  
Ingénieur électro-metallurgiste

## CONTRE LE DEBOISEMENT

Grenoble, 26 mai 1906

MON CHER RÉDACTEUR EN CHEF,

Il m'a toujours semblé impertinent de louer un savant de sa science, un juge de son équité. Cependant je vois souvent apporter des exceptions à cette réserve, et je pense que les magistrats de la Cour de Bourges, et les forestiers qui les ont sollicité à laisser à nos justes lois leur plein effet, ne se formaliseront pas si je leur crie : *bien jugé!* et si je convie tous les adeptes de la Houille Blanche à répéter ce cri.

Nous lisons en effet dans le *Temps* du vendredi, 25 mai, ce qui suit :

### L'Empereur du Sahara et le déboisement.

De notre correspondant de Bourges :

« M. Jacques Lebaudy est propriétaire dans le Morvan d'une forêt de hêtres de plusieurs centaines d'hectares. Jusqu'à ces dernières années, les bois de « S. M. Jacques I<sup>er</sup> », avaient été exploités conformément aux usages du pays, c'est-à-dire qu'ils étaient soumis au « furetage. »

« Ce mode d'exploitation consiste à couper tous les huit ans, dans chaque cépée, les tiges qui ont atteint le plus de développement. Cette méthode généralement adoptée dans le Morvan permet aux jeunes pousses de grandir sous la protection de leurs aînés qui les préservent alternativement de la grande chaleur et des froids rigoureux.

« M. Jacques Lebaudy jugea bon de s'écarter de ces sages pratiques, consacrées par l'expérience, et, au cours des années 1902 et 1903, substitua au « furetage », sur une vaste superficie de ses forêts, la coupe à « blanc étoc ». En d'autres termes, il fit couper au ras du sol ses taillis de hêtres, sans ménager aucune réserve. En même temps, il réduisit à deux le nombre de ses gardes, qui était primitivement de neuf. Et les coupes, restées sans surveillance effective, ont été envahies par les bêtes à cornes qui ont dévoré les rares pousses qui s'efforçaient de résister aux intempéries.

« A plusieurs reprises l'Administration des forêts s'était émue, faisant ressortir que l'on marchait à la destruction d'un massif boisé dont la conservation est de toute nécessité pour assurer le maintien des terres sur les pentes et l'existence des sources et des cours d'eau. Jacques I<sup>er</sup> resta sourd à ces remontrances. A la fin de l'année 1905, les agents des forêts, constatant que, dans la forêt d'Arleuf, quatre hectares étaient complètement déboisés et que le voisinage menaçait de prendre l'aspect d'une province saharienne, traduisirent Jacques Lebaudy devant le tribunal de Château-Chinon, qui estimant qu'il n'y a défrichement que si à la culture des arbres est substituée une autre culture, renvoya le prévenu des fins de la plainte.

« Sur appel, la Cour de Bourges vient de condamner Jacques I<sup>er</sup> à 2000 francs d'amende, déclarant qu'il convenait d'assimiler au défrichement prévu par l'article 219 du Code forestier la destruction complète de tout ou partie d'un massif forestier, sans qu'il y ait à rechercher s'il y avait ou non substitution de culture ».

Grâces soient rendues à ces juges, non pas tant peut-être pour l'espèce en elle-même, encore qu'il y ait lieu de hautement apprécier l'exemple qu'ils en ont fait, que pour l'interprétation qu'ils ont donnée de notre Code forestier, *tel qu'il est*.

Nos lecteurs savent que c'est là une thèse qui m'est chère : *nos lois suffisent, pour peu qu'on les applique, le tout est de le vouloir*.

Les magistrats de Bourges ont voulu, avant eux les forestiers avaient voulu et n'avaient pas douté que les magistrats voudraient : bravo!

Si les uns et les autres font école, pas ne sera besoin de confectionner de nouveaux textes derrière lesquels se retrancherait la chicane; et peut-être la virilité, le bon sens français reviendront-ils en honneur. Ce n'est pas un mince résultat, cela!

Recevez, mon cher Rédacteur en chef, etc.

Commandant AUDEBRAND,  
Ingénieur, ancien élève de l'École polytechnique.

## LE MOIS HYDRO-ÉLECTRIQUE

### ACADÉMIE DES SCIENCES

#### MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ

**Sur une méthode permettant de déterminer la constante d'un électrodynamomètre absolu à l'aide d'un phénomène d'induction.** — Note de M. G. LIPPMANN, séance du 8 janvier.

On a toujours déterminé la constante d'un électrodynamomètre absolu par le calcul. Ce calcul est très long. En outre, la précision du calcul implique l'emploi de bobines solides, de grandes dimensions, et à une seule couche de fil; la sensibilité de l'appareil exige l'emploi de bobines mobiles légères, et à plusieurs couches de fil; il y a donc incompatibilité entre ces conditions diverses, et c'est là ce qui rend difficile la construction d'un bon électrodynamomètre absolu.

*Méthode.* — Supposons qu'il s'agisse d'un électrodynamomètre-balance, composé d'un système de bobines mobiles en présence de bobines fixes. On veut connaître la constante de l'appareil, c'est-à-dire la force due au passage d'un courant égal à l'unité. On sait que cette constante est égale à  $\frac{dP}{dx}$ ,  $P$  étant le potentiel du système fixe sur le système mobile, et  $x$  étant le déplacement de ce dernier.

Pour déterminer la constante, il suffit de connaître la valeur de  $P$  pour une valeur quelconque de  $x$ . A cet effet, supposons que l'on ait construit un appareil à induction voltaïque dont la constante  $L$  soit bien connue:  $L$  est le potentiel réciproque des deux bobines de l'appareil à induction. On mesure exactement le rapport de  $P$  à  $L$ , et par conséquent on connaît  $P$ . On détermine ainsi la valeur  $P_0$  que prend  $P$  quand l'électrodynamomètre est au zéro; puis la valeur  $P_h$  correspondante qui a lieu quand le système mobile a été déplacé de  $h$  cm.

Le quotient  $\frac{P_0 - P_h}{h}$  est égal à  $\frac{dP}{dx}$ , c'est-à-dire à la constante de l'électrodynamomètre-balance.

Au lieu d'un électrodynamomètre-balance où l'équilibre est établi par une force, on peut vouloir graduer un électrodynamomètre à bobine inclinante, où l'équilibre est établi par le moment d'une force (1). Il faut alors mesurer la valeur  $P_0$  que prend  $P$  quand l'appareil est au zéro, puis la valeur  $P_\alpha$  qui a lieu quand la bobine mobile est maintenue déviée d'un angle  $\alpha$ . Le quotient  $\frac{P_0 - P_\alpha}{\alpha}$  est égal à  $\frac{dP}{d\alpha}$ , c'est-à-dire à la constante de l'électrodynamomètre, ou au moment développé par l'unité de courant.

Il reste à indiquer comment on peut mesurer le rapport  $\frac{P}{L}$ , d'autre part, comment on peut connaître exactement la valeur de  $L$ .

(1) J'ai proposé l'emploi de ces appareils en 1882. *Comptes rendus*, t. XCX, p. 1348.