

par la vapeur et l'eau sous pression. Ce ne fut pas sans une certaine appréhension que j'attendis les résultats et les analyses ci-dessous montrent qu'il fut ce que j'en attendais, au point de vue de la déferrière ; sans compter que, sur cette grande échelle, les prix de revient étaient même au-dessous de mes espérances :

	(1)	(2)	(3)
Cuivre	22	40	2,10
Nickel	21	35	3,10
Fer	30	0,15	00,0
Soufre	27	16	00,0

Je résume cette intéressante opération dans le tableau ci-dessus, dans lequel, (1) est l'analyse de la matte brute ; (2) la matte sortant du convertisseur ; (3) les teneurs en métal dans la scorie du convertisseur. L'opération durait 30 minutes pour déferrier 1500 kilos de matte. Pendant le soufflage, je remarquai que les phénomènes produits pouvaient se résumer par la formule :



C'est-à-dire qu'un équivalent de soufre s'éliminait en même temps que deux équivalents de fer. Je pense donc que l'acide sulfureux qui se dégagait du convertisseur provenait de la combustion "extérieure" du soufre sublimé, celui-ci restant dissocié en vapeurs dans le bain, à la haute température où se produit la réaction. Aussitôt que le fer avait disparu—et même un peu avant—la formule :



se substituait à la première. Il fallait donc arrêter l'opération.—La matte adéferrière peut aisément être transformée en un alliage de nickel et de cuivre en opérant, comme nous l'avons dit, pour le sulfure de nickel déferrier, mais pour séparer le nickel du cuivre l'opération devient plus délicate. Les méthodes employées aujourd'hui sont peu connues et j'en dirai quelques mots.

Lo L'usine Vivian (Swansea,—pays de Galles), se basant sur la grande affinité établie depuis longtemps par Berthier et autres chimistes, fondent la matte de cuivre et nickel avec du sulfure de sodium, il se forme un sulfure de cuivre et de sodium qui flotte, étant plus léger, pendant que le sulfure de nickel se précipite.

Les Anglais tenaient depuis quelques années ce procédé secret : l'usine "Orford Works," de New-York, dirigée par M. Thomson, est toutefois arrivée à traiter de la même façon les mattes déjà déferriées au convertisseur de Sudbury. Plusieurs fusions au sulfure de sodium du sulfure de nickel liquaté le débarrassent complètement de son cuivre ; ce "sous-sulfure" de nickel grillé produit un oxyde à 77 p. 100 de nickel qu'on peut en certains cas utiliser directement, ce qui économise sa réduction, laquelle est toujours assez coûteuse.

2o J'ai préconisé pour la séparation du sous-sulfure de cuivre et de nickel de le traiter dans un convertisseur à revêtement de briques de magnésie ou sur une sole basique ; le nickel s'oxyde, mais ne pouvant former un silicate, reste disséminé dans la masse du bain ; or arrive, enfin, à un mélange de cuivre par l'électrolyse ; le cuivre pur se recueille à la cathode pendant que l'oxyde de nickel se recueille dans les boues. Ce procédé est basé sur la combustion beaucoup plus facile du nickel que du cuivre aux températures élevées.

3o M. Mond a récemment reconnu qu'un courant d'oxyde de carbone, passant sur de la poussière de nickel métallique chauffée à 1500, fournit une curieuse combinaison (Ni. 4 C O), dont la vapeur se condense à 430 et se décompose à 1800. Il suffirait donc de griller les minerais sulfurés de nickel, de réduire l'oxyde de nickel formé par un courant d'hydrogène et, enfin, d'em-

porter le nickel métallique seul par un courant d'oxyde de carbone. Une usine s'est organisée sur ces bases ; mais comme il faut 2 mètres cubes d'oxyde de carbone pour entraîner 1 kilogramme de nickel et que le courant gazeux est loin d'être utilisé en entier, on voit que ce procédé doit être assez coûteux sans parler de difficultés d'un autre ordre.

Pour en revenir au principal usage du nickel, son application à la métallurgie des fers, c'est en 1891 que le Creuzot fabriqua pour la première fois des blindages en acier contenant 2 1/2 à 3 p. 100 de nickel ; soumis aux essais officiels, ces blindages montrèrent une telle supériorité que, dans le monde entier, chaque nation se mit à l'oeuvre de son côté pour fabriquer des blindages d'acier contenant une certaine proportion de nickel. On a beaucoup exagéré — peut-être à dessein — les difficultés que présente la fabrication de l'acier au nickel. Me trouvant en Amérique en 1891, je causais avec le directeur de la grande maison Carnegie à Pittsburgh, et je lui disais que pour fabriquer de l'acier au nickel, il lui suffisait d'ajouter dans l'un quelconque de ces appareils la proportion voulue de nickel et qu'il n'y avait pas d'autre mystère. Il le fit peu de temps après, comme je l'apprenais par les journaux, en agissant sur une coulée d'acier Bessemer, et obtint un résultat tout à fait conforme à mon dire, c'est-à-dire un métal supérieur. L'année suivante, me trouvant aux États-Unis de nouveau, le directeur d'une des principales aciéries, le "Cleveland rolling mill", qui était voisine d'une nouvelle usine de raffinage de nickel dont j'étais ingénieur-conseil, me dit : "Puisque vous vous occupez des questions relatives au nickel, je veux profiter de votre présence pour faire un essai comparatif ; nous allons allumer au même moment deux appareils Martius Siemens de 6,000 kilos ; dans l'un nous ajouterons 3 p. 100 de nickel et dans l'autre rien du tout ; tout en passant ainsi en même temps et de la même façon, nous verrons la différence des résultats."

Les opérations furent faites avec du nickel que j'avais réduit dans l'usine que nous venions de mettre en marche, et l'on constata que l'acier au nickel produit avait, par rapport à l'autre, une résistance à la traction plus grande de 20 p. 100, pendant que la limite d'élasticité avait augmenté de 34 p. 100. Or vous savez que l'élasticité d'un métal est précisément la mesure de la force utile, puisqu'on peut, théoriquement, le faire travailler jusqu'à sa limite d'élasticité, mais pas au delà ; donc, une augmentation d'élasticité de 34 p. 100 correspond bien, en réalité, à une augmentation de force de 34 p. 100. Ce résultat fut publié par les journaux d'Amérique et ceux de l'Europe, et contribua à la rapide vulgarisation du nickel dans l'acier. Je vous ai dit qu'ajouté à la fonte le nickel lui donnait une plus grande solidité. Cet effet du nickel sur la fonte n'avait jamais été utilisé, lorsqu'un jour j'eus l'occasion d'en parler à un Américain, M. P. H. Griffin, qui fabrique des roues de chemin de fer en fonte dans des usines importantes, au Canada et aux États-Unis. Vous savez qu'en Amérique toutes les roues des chemins de fer sont fabriquées en une fonte spéciale, faite au bois, et qui présente beaucoup de garanties de solidité.

En Europe, on oserait pas faire des roues en fonte, de crainte des ruptures. Cependant en Amérique ces roues effectuent des parcours considérables, car elles sont profondément durcies par la trempe sur leurs faces de roulement ; elles sont employées dans les trains les plus rapides et les accidents sont très rares. Pour en revenir à M. Griffin, sur mon conseil, il s'pressa

de faire toute une série d'essais dont il voulut bien m'envoyer les résultats qui sont très curieux, comme on peut le voir par le tableau ci-dessous, dans lequel la bande No 1 est en fonte ordinaire :

Numero de la barre d'essai.	Teneur en nickel p. 100.	Poids p. millimètre carré de la rupture.	Flèche en millim. carré.	Profondeur de la trempe en millim. carré.
I	0,00	43,8	3,5	27
II	0,50	62,3	14	20
III	1,15	60	10	14
IV	1,75	44	10	3,5
V	30	44,8	14	0,8
VI	30	32	02	16

Les barres essayées ont une section carrée de 25 millimètres de côté et 300 millimètres de longueur ; on appuie leurs extrémités sur deux supports et on les charge graduellement en leur milieu. On remarque, d'après le tableau ci-dessus, qu'à mesure que la quantité de nickel augmente de 1/2 à 5 p. 100, la production de la trempe diminue de plus en plus, au point de n'arriver qu'à des "traces de trempe."

Quant à la résistance, elle est supérieure jusqu'à 3 p. 100 de nickel avec des flèches plus grandes que dans la barre normale. Au-dessus de 5 p. 100 de nickel, le métal devient plus faible, mais la flèche augmente. Arrivé à 30 p. 100 de nickel, la barre ne se rompt pas brusquement, mais prend une grande flèche et enfin s'ouvre avec des "arrachements."

Ce qui est remarquable dans ces résultats, c'est que la meilleure condition de la fonte correspond à l'adjonction d'un 1/2 p. 100 de nickel. Quand on augmente cette dose, la résistance et la flèche de la fonte diminuent. Ainsi M. Griffin établit de nouveau qu'en ajoutant à la fonte de fer de bonne qualité du nickel, on augmente sa résistance à la rupture et son élasticité dans une très large mesure. Mais il faut ajouter que la trempe n'est pas alors aussi profonde. M. Griffin a lui-même observé à cet inconvénient en ajoutant certains autres corps à la fonte, qu'il ne m'est pas permis de divulguer, et qui lui permettent d'augmenter considérablement la profondeur de la trempe. Il faut, toutefois, que je fasse remarquer que le tableau ci-dessus des résistances des fontes au nickel ne saurait être pris absolument à la lettre, et que les résultats changeraient beaucoup si l'on modifiait dans un sens ou dans l'autre les teneurs de la fonte elle-même en carbone, silicium, etc.

Jusqu'à présent, dans la fabrication des blindages en acier nickel il avait fallu ajouter du nickel pur. Or j'ai montré plus haut qu'on pouvait traiter plus simplement le minerai de nickel en lui laissant son fer et lui enlevant seulement les autres substances. Je pus renouveler mon ancienne méthode en 1891, époque à laquelle je m'entendis avec la "Compagnie des Forges et Aciéries de la marine" pour les conseiller dans la fabrication des blindages en acier-nickel. Voici comment je procédai : Si on fait fondre du minerai de nickel de la Nouvelle-Calédonie, on obtient, comme nous l'avons dit plus haut, une fonte qui contient 2 p. 100 de soufre, et environ 40 p. 100 de fer. Il s'agissait donc d'enlever ce soufre. Pour cela, je passai cette fonte dans un appareil basé sur les principes que j'avais établis en 1878 à Audincourt et appliqués à la métallurgie du fer depuis l'année 1880 par un ingénieur français, M. Rollet. Ce savant n'est pas très connu dans le monde scientifique, mais lorsqu'on étudie ses recherches sur la purification des fers et les appareils qu'il a installés pour réaliser ses idées, on ne peut moins faire que de le considérer à la fois comme grand chimiste et habile métallurgiste. La "Compagnie des Aciéries de la marine"