

## ACADÉMIE DES SCIENCES

## ÉLECTROCHIMIE ET MÉTALLURGIE

**Sur la formation d'eau oxygénée sous l'effluve électrique.** — Note de M. A. BESSON, présentée par M. A. Haller. Séance du 6 novembre 1911.

On sait que l'eau de pluie renferme fréquemment de petites quantités d'eau oxygénée, spécialement en été, quand le temps est chaud et clair et que les gouttes de pluie sont de grande dimension, ce qui correspond à des pluies orageuses.

L'origine de cette eau oxygénée a été attribuée à l'action globale de la lumière ; cette explication semble recevoir une confirmation du fait, démontré récemment par plusieurs expérimentateurs, de la décomposition de l'eau par les rayons ultraviolets et formation d'hydrogène, d'oxygène et de petites quantités d'eau oxygénée. En dehors de cette cause qui est admissible, on peut se demander si les phénomènes électriques qui se manifestent dans les hautes régions de l'atmosphère ne peuvent aussi intervenir dans la production de l'eau oxygénée pluviale.

La formation de  $H_2O_2$  sous l'action de l'effluve électrique a déjà été constatée par Franz Fischer et O. Ringe, mais dans des conditions trop spéciales pour qu'on puisse les rapprocher des conditions naturelles de production que les auteurs envisagent.

D'autre part, M. Kernbaum affirme que l'eau se comporte sous l'action de l'aigrette électrique comme sous celle des rayons ultraviolets, en donnant de petites quantités d'eau oxygénée.

L'auteur a repris l'étude des conditions de formation d'eau oxygénée sous l'influence de l'effluve électrique en se plaçant dans des conditions qui se rapprochent des conditions naturelles ; spécialement, l'effluviation a été effectuée dans une enceinte refroidie et sous des pressions décroissantes analogues à celles qui règnent dans les hautes régions de l'atmosphère.

Le résultat de cette étude démontre qu'il se forme  $H_2O_2$  par l'action des effluves électriques sur de l'air raréfié humide à une température assez basse, conditions qui se trouvent réalisées dans les hautes régions de l'atmosphère (l'altitude correspondant à une pression voisine de la moitié de la pression normale correspondrait à 5 000 m. environ) ; sans nier que l'action des rayons ultra-violetts puisse être mise en cause dans la production de  $H_2O_2$  pluvial, il semble que l'intervention des phénomènes électriques doit être retenue.

**La cémentation du fer par le carbone solide.** — Note de MM. G. CHARPY et S. BONNEROT, présentée par M. H. Le Chatelier. Séance du 9 octobre 1911.

La question de la cémentation du fer par le carbone solide a donné lieu, jusqu'à ces derniers temps, à des expériences contradictoires. Les premiers essais dont les auteurs ont présenté les résultats à l'Académie le 17 janvier 1910, les conduisaient à conclure, d'accord avec MM. Guillet et Griffiths, que le carbone solide ne cimente pas le fer dans le vide ; depuis cette époque, de nouvelles expériences de M. Weyl l'ont conduit à une conclusion opposée. Il leur a donc paru nécessaire de soumettre le problème à de nouvelles investigations ; outre qu'il semble difficile d'admettre qu'une question aussi simple ne puisse être résolue expérimentalement d'une façon incontestable, il faut noter que le problème posé est, en réalité, celui de la réaction directe entre corps solides et présente, par suite, un intérêt général.

En reprenant l'examen des divers essais effectués, il a paru à MM. Charpy et Bonnerot que les contradictions auxquelles ils conduisent pouvaient provenir de ce que le terme *opérer dans le vide* était insuffisamment précis. Si l'on veut éviter toute ambiguïté, il importe, ainsi que les auteurs l'ont déjà fait remarquer à propos de la réduction des oxydes par le carbone solide, d'opérer dans des atmosphères définies chimiquement et sous des pressions aussi réduites que possible, mais déterminées par des mesures manométriques précises et de chercher l'influence de la variation de pression sur la vitesse de combinaison. C'est dans

cet ordre d'idées qu'ils ont repris de nouvelles expériences sur la cémentation du fer par le carbone solide.

Ils ont effectué ainsi six expériences, qui n'ont donné lieu à aucune anomalie. Les résultats sont résumés par le tableau suivants ; les chauffages successifs étant séparés par des refroidissements, on a mis en évidence le temps pendant lequel l'appareil a été maintenu à  $950^\circ$  ou à une température légèrement supérieure, c'est-à-dire dans des conditions où la cémentation est très active.

	Temps pendant lequel la température a été supérieure à $95^\circ$ .	Pression en millimètre de mercure	Résultats
1 <sup>er</sup> essai.	12 heures	$< 0,01$ . . . .	Cémentation nulle.
2 <sup>e</sup> »	11 »	$0,05 < p < 0,10$	Cémentation nulle.
3 <sup>e</sup> »	38 »	$0,10 < p < 0,3$	Cémentation nulle
4 <sup>e</sup> »	13 »	$0,04 < p < 1,5$	Cémentation très nette. La plaquette noyée dans le carbone contient environ 0,5 de C.
5 <sup>e</sup> »	15 »	$0,18 < p < 0,45$	Cémentation nulle.
6 <sup>e</sup> »	10 »	$0,50 < p < 1,00$	Cémentation très nette.

Ainsi, on a pu maintenir pendant 38 heures du fer au contact du charbon, à  $950^\circ$ , sans obtenir trace de cémentation, aux pressions de l'ordre des 0,1 de millimètre de mercure. Dans les mêmes conditions, mais aux pressions dépassant  $0,005$  de mercure, on a obtenu, en quelques heures, une cémentation très nette, produisant dans la plaquette de métal noyée dans le charbon, une teneur moyenne en carbone de 0,50 et, sur les parties massives de métal, de larges taches superficielles de perlite très facilement caractérisable au microscope.

Cette nouvelle série d'essais, dans lesquels les expérimentateurs ont cherché à multiplier les précautions pour éviter toute erreur, les ont conduits donc à conclure que la cémentation du fer par le carbone solide aux environs de  $950^\circ$  est rigoureusement nulle quand on opère en l'absence de gaz susceptibles de réagir sur le carbone et le métal.

## NOTES ET INFORMATIONS

**Sur la fusion du ferro-manganèse au four électrique et le travail de l'acier avec ferro-manganèse liquide.** — SCHROEDER, *Stahl und Eisen*, 31, p. 1457.

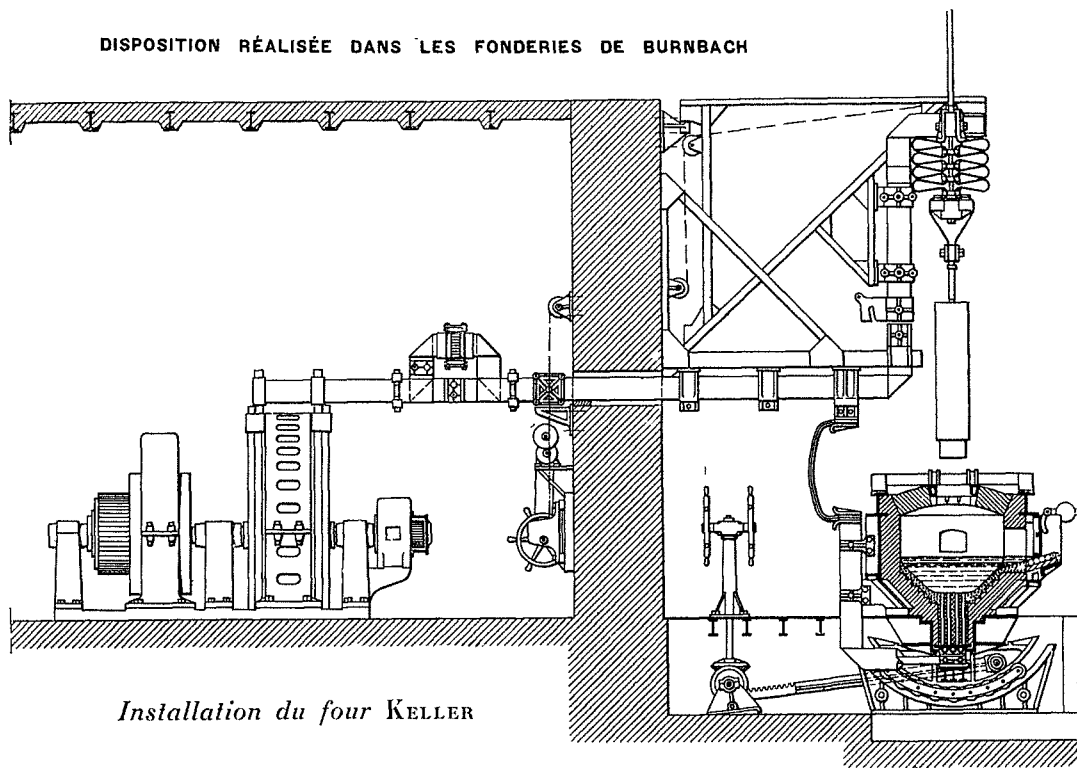
On sait que l'emploi de ferro-manganèse solide froid ou chaud au convertisseur comporte des pertes notables, car des particules du fer peuvent ne pas traverser la scorie, de sorte qu'il en faut toujours un excès pour assurer une désoxydation complète du bain. L'addition de ce réactif se fait ou pendant le décrassage ou après lui : les pertes sont un peu plus faibles dans ce dernier cas, mais le décrassage est alors incomplet et l'on perd du temps pour la dissolution de l'alliage manganéux. De plus, en tous les cas, l'addition du produit solide refroidit le bain, d'où des défauts d'homogénéité du produit fini.

Aussi a-t-on songé à introduire le ferro-manganèse à l'état fluide dans la poche de coulée, en le fondant d'abord à part au creuset ou bien au four à manche ou au cubilot. On parvient ainsi à réduire la consommation de réactif mais au prix de telles pertes de manganèse par volatilisation qu'on dut abandonner ce mode opératoire, lorsqu'on pensa à utiliser pour cette fusion le four électrique. Voici les résultats qu'on a obtenus dans cette voie avec le four Keller des fonderies de Burnbach, près de Saarbrücken.

Depuis deux ans, Keller-Leleux, à Livet, préparaient du ferro-manganèse à 80 %, sans volatilisation de manganèse. A Burnbach, existait une installation pour la fabrication de l'acier électrique ; on l'aménagea pour servir aussi à la fusion du ferro-manganèse et, depuis plusieurs mois, on l'utilise pour incorporer dans les poches de coulée la fonte réactive fondue à des aciers Thomas. Plus de 1 000 tonnes de ferro ont été employés de cette manière. Le four électrique est donc ici un accessoire de l'outillage Thomas.

Le four Keller de Burnbach travaille en continu et peut, à chaque instant, livrer le ferromanganèse fondu nécessaire à l'aciérie ; on a dû pour cela en assurer la marche ininterrompue, d'une façon complète ; ainsi, d'ordinaire, le dimanche on laisse du ferro dans le four électrique et l'y maintient chaud jusqu'au lendemain, ce qui demande, au reste, peu d'énergie. On n'interrompt jamais la marche durant la semaine pour les réparations ; celles-ci sont effectuées le dimanche, et alors, si l'on veut conserver la charge chaude, on la coule dans des poches, qu'on reverse ensuite dans le four lorsqu'il est en état. Les interruptions pour changement d'électrode sont rares et très courtes, l'électrode de rechange étant toute prête d'avance, suspendue à une potence auxiliaire. Les parois du four dont la conservation et la solidité peuvent influencer considérablement sur l'économie du procédé ont, dans le four Keller une durée remarquable. Une marche pour ferro dura 3 mois ; la voûte acide avait pourtant été déjà usée auparavant dans une marche pour acier : elle ne fut jamais retouchée, les parois latérales n'eurent pas à être renouvelées, quelques reprises suffirent à les maintenir, et l'on aurait pu continuer encore si l'on n'avait dû revenir à la fabrication de l'acier.

DISPOSITION RÉALISÉE DANS LES FONDERIES DE BURNBACH



Installation du four KELLER

On peut donc compter sur un intervalle des regarnissages de 3 mois pour la voûte et les parois de dolomie ; il pourrait être fort accru par l'emploi de magnésite qui, dans les fours à mélanger la fonte, durent 6 à 9 mois. Quant aux parois inclinées du bas et à la sole, elle n'ont subi que quelques reprises ; la sole elle-même du four Keller, si critiquée, a résisté à 9 mois de marche ininterrompue, ce qui fait tomber les objections soulevées contre elle.

La mise en marche du four se fait en plongeant l'électrode jusqu'au contact du ferromanganèse solide placé au fond. Il n'y a pas besoin d'un pied de four formé de fer ou de fonte fondus, quoique cela se pratique souvent ; ce dernier procédé a d'ailleurs de multiples inconvénients. Comme main-d'œuvre, seulement un fondeur et un gamin. La place du four est dans l'atelier des convertisseurs ; le ferro fondu est porté à ces appareils dans de petites poches ; l'addition du ferro dans les poches de coulée d'acier se fait comme l'addition du spiegel dans la fabrication du métal à rails. Le basculement du four est réalisé hydrauliquement par l'eau sous pression destinée au mouvement des convertisseurs.

Les résultats de l'exploitation de Burnbach peuvent se résumer dans les conclusions suivantes :

1° La fusion du ferromanganèse s'accomplit dans le four Keller sans perte de manganèse par volatilisation ; c'est, du reste, la

condition *sine qua non* de l'économie du procédé. Les exemples suivants montrent à quel point elle est réalisée : 10 échantillons de ferro solide contenaient en % de manganèse :

80,44 .....  
..... 79,71

37 échantillons de ferro fondu prélevé dans le four électrique contenaient :

81,35 .....  
..... 79,91

Des centaines d'autres analyses offrent le même résultat. Du reste, pendant le fonctionnement, pas de vapeurs brunes ; la marche est très tranquille ; aucune fumée qui gêne les ouvriers, bien qu'à Burnbach, par des circonstances locales, il faille surchauffer fortement le ferromanganèse.

2° L'économie en ferromanganèse par addition à l'état fluide atteint 35 % sur les consommations de ce produit par addition à l'état solide pour le même travail. Il faut y joindre l'économie qui résulte de ce que l'on peut utiliser par fusion au four électrique le ferro en poussière venant du magasinage ou du concas-

sage et qui ne peut s'employer au convertisseur qu'avec de grosses pertes. Des tours de main permettent en outre d'épargner du manganèse dans les diverses opérations, sans que l'on cherche cependant en cela à diminuer la teneur en ce métal de l'acier fini. En fait, pourtant, il est possible ici de s'en tenir à des pourcentages de manganèse un peu plus bas que d'ordinaire, sans nuire à la ductilité du produit achevé.

3° Les frais de fusion par tonne de ferromanganèse atteignent, à raison de 0 fr. 025 le kilowatt-heure, environ 25 francs pour énergie, électrodes, salaires, garnissage et réparations. Si l'on veut calculer le supplément de dépense par rapport aux anciennes méthodes, qui résultent de la fusion par ce procédé, il faut déduire de ce chiffre les frais ordinaires de réchauffage dans les fours usuels. Ce prix se rapporte non à des essais mais à une moyenne de marche industrielle de plusieurs mois et comprenant la mise en marche, le maintien du chauffage pendant les interruptions, les

suspensions de travail pour réparations et accidents, etc., et se pliant en tout aux exigences d'un atelier Thomas. Ces frais peuvent être sûrement encore abaissés.

En tablant sur 25 francs de dépense d'énergie par tonne de ferromanganèse et pour coût d'achat de celui-ci à 200 francs par tonne, on trouve, si l'on emploie 5 kilog. de ferro par tonne d'acier, qu'on peut réaliser par an les économies portées au tableau suivant. A remarquer toutefois, ce qui influe peu sur le résultat final, qu'introduisant moins de ferromanganèse dans l'acier, on en produit une petite quantité en moins ; on produit aussi moins de scorie, mais plus riche en phosphore, car il n'y a pas de rephosphoration du bain. A remarquer encore que le prix du ferromanganèse était bas, il y a un an (269 francs). Enfin la consommation de 5 kilog. de ferro par tonne est un simple exemple : elle peut varier d'une aciérie à l'autre, suivant les conditions de travail et la nuance du produit à obtenir, plus forte pour les qualités dures, moindre pour les tendres.

De ce tableau on peut encore déduire qu'en fixant le prix du kilowatt-heure à 0 fr. 0375 et même en tenant compte de l'amortissement, les frais de fusion ne seront jamais supérieurs à l'économie en ferro, même si l'on n'épargne que 1 kilog. de ferro par tonne d'acier ; et si l'on arrive à 2 kilog., l'économie devient très appréciable. Même au cas où cette économie disparaîtrait, il y

aurait intérêt à maintenir la fusion électrique à cause des avantages qui en découlent pour le travail d'obtention de l'acier et qui dominent encore la question d'économie.

#### Economies par travail avec ferromanganèse fondu

Pour une production annuelle d'acier de	Ferromanganèse à fondre	Frais totaux de fusion	Économie de ferro si l'on épargne 1 kil. par tonne d'acier	Économie en francs	Économie de ferro si l'on épargne 2 kil. par tonne d'acier	Économie en francs
Tonnes	Tonnes	Francs	Tonnes		Tonnes	
100 000	500	12 500	100	20 000	200	40 000
200 000	1 000	25 000	200	40 000	400	80 000
—	—	37 500	—	60 000	—	120 000
—	—	50 000	—	80 000	—	160 000
—	—	62 500	—	100 000	—	200 000
—	—	75 000	—	120 000	—	240 000
800 000	4 000	100 000	800	160 000	1 600	320 000

On parvient avec ce mode de fusion du ferromanganèse avec une bien plus grande certitude à la qualité voulue d'acier, pour les raisons que l'on peut dégraisser la scorie au besoin par épaulement à la chaux avant la coulée dans la poche, que l'on peut doser plus exactement le ferro à rajouter, parce qu'on n'a pas à compter avec des pertes, en outre qu'il se mélange entièrement au bain, et d'une manière plus homogène, facteur considérable, surtout lorsqu'on doit l'employer par grosses quantités ; pour ces raisons encore qu'on n'a plus à craindre qu'il ne fonde pas au temps voulu, que la désoxydation est plus énergique et qu'il ne peut y avoir de rephosphoration. Tous ces avantages font, de la fusion préalable au four électrique du ferromanganèse, un progrès indéniable, sans compter un gain de temps de plusieurs minutes par coulée.

Sans aucun conteste, cette méthode de travail devrait trouver dans les ateliers Martin le même emploi favorable.

#### Les industries électriques en Italie

La Revue *L'Electricista* donne le tableau ci-après des principales entreprises électriques existant en Italie, avec quelques indications sommaires sur leur importance :

RAISON SOCIALE ET SIÈGE	Puissance en HP.	Capital actions et obligations en millions de lire	Valeur nominale des actions en lire	Cours de cotation des titres fin décembre 1910
Società lombarda distribuzione energ. elett., Milan	28.500	18,7	500	1130
Società generale italiana Edison, Milan	37 000	18	150	682
Società elettrica bresciana, Brescia	18.580	17,5	100	126
Società anonima imprese elettriche Conu, Milan	57.750	21	250	354
Società elettricità Alta Italia, Turin	22 250	30	250	250
Società generale elettrica dell'Adamello, Milan	47.500	12,5	200	—
Officine elettriche genovesi, Gènes	12.000	24	250	500
Società meridionale elettricità, Naples	14.200	10	250	—
Società forze idrauliche del Veneto, Venise	22.160	12,7	175	—
Unione esercizi elettrici, Milan	10.740	14	100	98
Società napoletana imprese elettriche, Naples	10.000	10,8	100	—
Società anonima « Orobica », Lecco	8.150	12	200	—
Società sicula imprese elettriche, Palermo	5.000	12	250	—
Società elett. Riv di Ponente Megri, Port Maurice	77.400	15	200	240
Società adriatica di elettricità, Venise	14.500	12	100	96
Società toscana imprese elettriche, Florence	5.000	9	500	1000
Società forze idrauliche « Moncenisio », Turin	11.680	7,1	100	110
Società elettrica Comense « A. Volta », Côme	3.250	6	100	—
Società elettrica de la Sicilia Orientale, Milan	15 500	7	500	—
Società bergamasca per dist. energia elett., Bergamo	3.500	5,9	500	570
Società anonima idro elettrica ligure, Milan	5.700	8	250	240
Società anonima forze idrauliche « E. Crespi », Milan	11.250	6,2	250	316
Società anonima elettrici a bresce, Bari	—	2,5	100	—
Società forze motrici « Cismon Brenta », Milan	10 000	2	200	—
Società elettrica Ossolana. Intra	—	1,6	250	—
Società ligure pugliese essere. imprese elet., Gènes	—	1,1	100	54
Città di Torino, Turin	18 000	—	—	—
Città di Milano, Milan	40 000	—	—	—
Società anglo-romana, Rome	25.200	40	500	1280

Ces sociétés n'emploient directement qu'une partie de la force qu'elles produisent ; elles vendent une grande partie de l'énergie disponible à d'autres entreprises, qui existaient déjà ou dont elles ont favorisé l'installation.

D'autre part, nous empruntons à *L'Industria* l'article ci-après, dû au D<sup>r</sup> G. MORSELLI, sur les *Industries électro-chimiques*.

S'il est vrai, comme il n'y a pas à en douter, que l'électrochimie est une des bases les plus solides de la chimie industrielle de l'avenir, cette vérité acquiert d'autant plus de fondement, qu'il s'agit de l'Italie, si riche en force hydraulique et, par conséquent, dans les meilleures conditions de fait pour en tirer profit. Déjà, aujourd'hui l'importance technique et économique de l'électrochimie italienne est de premier ordre.

Pour le démontrer, nous n'avons qu'à citer les chiffres des statistiques de la production actuelle tirés des données officielles de toute certitude :

NATURE DES PRODUITS	QUANTITÉ EN QUINTAUX	VALEUR EN LIRE
Acide nitrique synthétique (de récente fabrication)	» »	» »
Aluminium en lingots, barres grains	9 000	800 000
Calcio cyanamide	53 000	1 060 000
Carbure de calcium	431 329	10 131 327
Chlorate de potasse	1 800	150 000
— sodium	1 470	117 600
Chlore liquide	1 000	65 000
Electro carbone	17 000	408 000
Ferro-silicium	6 280	218 700
Hypochlorite de calcium	95 800	1 149 600
Soude caustique liquide	120 000	1 680 000

L'industrie électro-chimique italienne qui dispose d'un capital actionnaire d'environ 35 millions de lire, emploie aujourd'hui plus de 60 000 chevaux électriques et un avenir prochain nous autorise à penser, tout en procédant avec circonspection quand il s'agit de pronostics industriels, qu'il se produira une notable impulsion dans l'utilisation à bon compte d'une quantité encore beaucoup plus grande d'énergie électrique dans l'industrie chimique. Une fois passé ce danger critique de l'industrie électrothermo-chimique qu'on a désigné sous le nom de « fièvre du carbure », il est à présumer que cette branche de l'industrie chimique italienne pourra, comme chez les autres nations, se consolider dans l'attente d'un avenir meilleur.

Après avoir fait les réserves nécessaires et s'imposant d'autant plus dans un champ comme celui de l'électrothermo-chimie en continuelle évolution, on ne peut encore, dans l'état actuel des choses, fonder de grandes espérances sur les ressources de l'électrothermie ; on peut seulement espérer que les progrès de ladite industrie feront que, étant donnée une énergie électrique spécialement utilisable, à bas prix, avec les plus hauts rendements prévus par la théorie, il sera possible de remplacer avec avantage, pour certaines fabrications, le charbon de terre qui revient si cher en Italie aux industries chimiques (surtout pour celles qui sont dans l'intérieur du pays) par l'énergie électrothermique.

A ce sujet, il n'est pas hors de propos de dire qu'un quintal de charbon coûte à Milan plus du double de ce qu'il coûte dans les grands centres manufacturiers de l'Angleterre, de l'Allemagne et de la Belgique.

L'industrie électrolytique a de beaucoup plus grandes probabilités de succès et un plus grand avenir devant soi, bien qu'il y ait encore dans cette branche d'industrie de nombreuses difficultés à surmonter.

Un des plus grands obstacles qu'ait, devant soi, l'industrie de la soude électrolytique, fort bien représentée en Italie par deux fabriques importantes, c'est le manque d'équilibre d'emploi et de vente entre le chlore et la soude qui s'obtiennent à la fois de l'électrolyse du chlorure de sodium. L'Italie se trouve, aussi, dans des conditions toutes spéciales en présence du déséquilibre de consommation entre chlore et soude : tandis que la consommation italienne d'hypochlorite s'élève à 110 000 quintaux environ avec peu d'espoir d'augmentation, l'importation de soude caustique

commerciale, selon les statistiques officielles, est représentée dans les trois dernières années par :

1908 .....	139 903 quint.	3 497 575 Lire
1909 .....	146 739 —	3 815 214 —
1910 .....	158 836 —	4 129 736 —

Aussi, le problème de trouver de nouveaux emplois est, en Italie, beaucoup plus intéressant qu'ailleurs et, à dire vrai, beaucoup de techniciens l'ont étudié sous différents aspects.

D'ailleurs, l'argument, malgré les innombrables tentatives faites dont les résultats les plus importants obtenus jusqu'ici se rapportent sans doute à la chloruration des métaux et la production des dérivés chlorurés des hydrocarbures, l'argument, disons-nous, est à l'ordre du jour et sa résolution définitive provoquerait une véritable révolution dans le champ de la grande industrie chimique.

Le procédé Solvay pour la production de la soude ammoniacale verrait sa propre existence mise en doute.

L'Italie aurait résolu le grave problème du refournissement des alcalis caustiques qui grèvent son propre budget d'une douzaine de millions par an. Mais dans les conditions actuelles de l'industrie il n'est pas encore donné d'entrevoir quand et comment ce problème sera résolu.

Dans la partie générale de notre revue nous avons parlé d'utilisation d'énergies électriques que, selon toute probabilité, on pourrait avoir, sur le marché italien, à des conditions très avantageuses, dans un avenir prochain ; cela contribuera puissamment au développement des industries chimiques dans le pays. Pour le moment, la production est limitée à la fabrication de 50 000 quintaux annuels de calcio-cyanamide.

Il est évident, cependant, que vu les grandes difficultés d'application de cette matière fertilisante et même des dommages possibles pouvant être causés par l'ignorance des conditions spéciales d'emploi, elle devra céder la place aux autres produits azotés fertilisants connus que l'on peut en tirer, ainsi que la technique la plus récente en a démontré l'utilité et la possibilité.

Citons, à ce propos, les usines de Pont-Brûlé (Belgique) produisant actuellement et d'une façon régulière de 12 à 15 kilogr. par jour de sulfate d'ammonium ; dans un bref délai cette production sera doublée. L'établissement traite la cyanamide produite par la W. W. Cyanamide Co Limited, à Olde, en Norvège.

### Effets du béton de ciment et des liquides qui les baignent sur le cuivre, le zinc et le plomb

Les principaux résultats des essais faits sur ce sujet au Laboratoire de Gross-Lichterfeld, et rapportés par le *Deutscher Ausschuss für Eisenbeton*, peuvent se résumer ainsi :

Les essais ont porté sur des plaques de métal d'une épaisseur de 1 m/m 5 pour le cuivre et le zinc, 1 m/m 75 pour le plomb. Ces plaques après polissage étaient ramenées respectivement à des épaisseurs de 1 m/m et 1 m/m 5.

A) *Cuivre dans des dés de ciment.* — L'attaque au bout d'une année d'immersion est insignifiante, aussi bien dans l'eau des conduites que dans l'eau de mer et dans l'air. Elle est sensiblement moindre que celle de l'eau de ciment obtenue en agitant du ciment maintenu à l'état floconneux dans l'eau distillée. Le fait s'explique parce que dans l'eau de ciment le métal n'est pas protégé comme dans le ciment où il ne peut être attaqué que par l'eau emprisonnée avant la prise.

B) *Zinc dans des dés de ciment.* — Le phénomène le plus remarquable dans cette série a été l'adhérence des plaques d'épreuve au ciment après l'achèvement des essais. C'est l'opposé de ce qu'on trouve pour le cuivre et le plomb qui ne font aucune liaison sensible avec le ciment. Il paraît y avoir même entre le zinc et le ciment une véritable combinaison chimique. Les plaques de zinc dégagées du ciment conservent une croûte adhérente qu'on enlève difficilement.

Il serait dès lors intéressant d'examiner si en recouvrant de zinc les armatures du ciment armé on n'augmenterait pas la résistance avec l'adhérence.

C) *Plomb dans des dés de ciment.* — Le plomb s'est trouvé fortement attaqué dans l'eau des conduites, de même que dans l'eau de ciment. Dans l'eau de mer, on a observé une augmentation de poids, qui provenait de ce qu'une croûte blanche épaisse se déposait sur la partie de la plaque d'épreuve qui sortait à l'extérieur du dés. Les surfaces métalliques en contact avec le ciment étaient partiellement recouvertes d'une couche grise rougeâtre composée probablement d'oxyde de plomb.

Pour apprécier si le plomb est attaqué sérieusement dans le mortier ou dans le ciment, il faut tenir compte de toutes les circonstances qui peuvent favoriser la présence d'eau chargée d'air. L'acide carbonique peut tantôt développer, tantôt restreindre l'attaque, ce dernier cas se produit lorsque l'acide carbonique est assez abondant pour provoquer la formation d'une couche protectrice de carbonate. Les réactions peuvent d'ailleurs être très compliquées. Il y a lieu de noter dans le dé-épreuve le transport du plomb dans le ciment et la décomposition de ce dernier. Rien d'analogue ne se produisait avec le cuivre ou le zinc.

(Le Béton Armé).

## BIBLIOGRAPHIE

*Encyclopédie des travaux publics.* Béranger, éditeur, rue des Saints-Pères, 15. — ENCYCLOPÉDIE LÉCHALAS : *Mécanique générale*, cours professé à l'École centrale des Arts et Manufactures, par M. A. FLAMANT, inspecteur général des Ponts-et-Chaussées en retraite.

J'ai déjà eu l'occasion de rendre compte ici même, en mars 1910, de deux ouvrages didactiques de M. A. Flamant, et de rendre hommage à la rectitude de son esprit scientifique.

Aujourd'hui j'ai le véritable plaisir d'attirer l'attention des lecteurs de *La Houille Blanche* sur la deuxième édition de son traité de mécanique générale.

A la rigueur il pourrait me suffire d'inviter le lecteur à jeter un œil attentif sur l'avant-propos dont l'auteur a fait précéder l'ouvrage. Ses intentions y sont clairement exprimées et on comprend, grâce à lui, de quel intérêt il est, pour la formation des esprits, de s'engager à la suite d'un guide qui a su pénétrer et synthétiser l'évolution des idées depuis d'Alembert jusqu'aujourd'hui. L'étude de la mécanique rationnelle ainsi comprise est la meilleure préparation à l'étude ultérieure des faits naturels : un ingénieur élevé à cette discipline est forcément un mécanicien averti.

Mais quand on a bien lu l'avant-propos, la curiosité, une saine curiosité, est éveillée, et on ne résiste pas au plaisir de feuilleter le livre. On est promptement récompensé de son effort par l'harmonie philosophique qui se dégage de l'œuvre, la grande logique de l'enchaînement des idées, les ingénieux rapprochements.

On sent que l'étude de la mécanique a du être pour M. Flamant, dont l'esprit se plaît aux abstractions et à la métaphysique, un sujet favori de méditations. Il était parfaitement à l'aise, et en joie, dans une étude de pure théorie. Il faut le remercier d'avoir bien voulu passer pour nous, au crible de sa critique judicieuse, les idées courantes depuis le XVIII<sup>e</sup> siècle.

S'étant, comme il le dit dans son avant-propos, enrichi de la notion du mouvement unité, selon la suggestion de Galilée, s'étant aussi débarrassé de la notion artificielle, quasi mystique, de force (et de vitesse) comme propriété inhérente aux corps et comme cause de mouvement, M. Flamant est logiquement amené à donner à l'étude géométrique de celui-ci une ampleur faite pour surprendre au premier abord ceux qui ont été élevés dans une autre discipline, mais aussi pour les séduire à la réflexion, pour peu qu'ils veuillent bien suivre les déductions logiques, ingénieuses et lumineuses de l'auteur.

Considérant les facteurs : vitesse, accélération, comme unique-ment fonction des situations relatives des points matériels dont le mouvement est étudié, rapprochant ces notions de celle du mouvement-unité, jointe à celle de l'unité du temps, il lui suffit alors, en raison des idées sémées par B. de Saint-Venant, d'intro-

duire la notion de masse comme définie par un coefficient indépendant du choix du repère et du mouvement unité, (comme un *équivalent mécanique* permettant de passer avec un même corps de circonstances de mouvement à d'autres) pour avoir l'ancienne dynamique appliquée sur la moderne cinématique.

Sous la réserve de ces conventions, les anciens mots : force, masse, inertie, etc., continuent à être employés, mais avec un sens plus étroit et mieux défini. Le principe de d'Alembert est dépouillé de tout mysticisme scientifique et est présenté pour ce qu'il est en réalité, un moyen commode de mettre les problèmes en équations.

Il ne m'est pas possible, on le conçoit, de suivre ici, où l'espace m'est forcément mesuré avec parcimonie, M. Flamant dans tous ses exposés : je signalerai donc simplement, au courant de la plume, certains des aperçus qui m'ont plus spécialement retenus, et encore je ne pourrai pas tout dire !

Le commandant Jouffret, en 1883, avait, dans un ouvrage très remarquable, *l'Introduction à la théorie de l'énergie*, attiré l'attention sur le mémoire produit en 1878 par M. Boussineq traitant de la *Conciliation du déterminisme mécanique avec l'existence de la vie et de la liberté morale*, où ce savant avait montré que les intégrales particulières résolvant les systèmes d'équations différentielles dans lesquelles se traduisent les conditions du mouvement des atomes, des corps, des êtres, peuvent, dans certains cas, comporter certaines déterminations arbitraires, laissant ainsi possibilité à une *liberté* extérieure de s'exercer concurremment avec le déterminisme figé dans l'algorithme écrit. A la suite de M. Boussineq M. Flamant reprend cette question à plusieurs reprises et en montre la haute portée philosophique. Nos 64, 71, 133 et 240 (page 596) (1).

Dans des ordres d'idées moins généraux, je signalerai les très élégants exposés de la théorie des centres de gravité ; je louerai comme il convient le rapprochement logique de la théorie des moments d'inertie de celle des centres de gravité, rapprochement qui n'est pas habituel dans les traités didactiques.

Incidemment, au courant de son exposé, M. Flamant est amené à demander, à plusieurs reprises, que la durée du jour solaire moyen soit divisée en 20 heures et non en 24, l'heure en cent minutes et la minute en cent secondes. Les avantages qu'on peut tirer de cette pratique sont faciles à dégager, ils sont de même nature que ceux que procure la division de la circonférence en 400 grades. Cela semble une réforme rationnelle ; mais je ne crois pas que cependant la portée en doive être exagérée. Le véritable ennui, la véritable gêne qui domine la pratique est la diversité des unités de mesures des diverses grandeurs. Or cette diversité serait ainsi plutôt accrue que diminuée et, notamment en ce qui concerne la mesure des arcs, il resterait encore à établir une correspondance secondaire entre le radian, le grade et la nouvelle heure, comme il y en a déjà une entre le radian, le degré et l'heure sexagésimale.

La complication irait même plus loin ainsi qu'un exemple le fera comprendre. Depuis plus de dix ans les mesures pratiques d'angles employées dans le tir de l'artillerie s'expriment en *millièmes* des distances, et les instruments qui servent à l'établissement et au réglage du tir sont gradués selon cette numération ; en particulier le *plateau* de l'appareil de pointage est divisé en quatre quadrants dont chacun est gradué en 1600 millièmes. On a pris le nombre 1600 parce qu'il se prête aisément au calcul mental ; si on avait voulu prendre un système rigoureux de division du quadrant, il aurait fallu prendre 1570 millièmes (parce que  $\frac{\pi}{2} = 1570$  millièmes) pour conserver la liaison rigoureuse avec le radian, unité officielle d'arc ; or la valeur relative de l'erreur qu'on commet en prenant 1600 pour 1570 est de l'ordre de grandeur du cent millième

(1) J'ai déjà signalé que M. Flamant a emprunté à Calignon (il le dit tout le premier) l'idée du mouvement unité. Je signalerai ici après lui, à ceux que la philosophie scientifique intéresse, *l'Etude* de M. G. Léchâlas, *sur l'espace et le temps* (2<sup>e</sup> édition, Félix Alcan). Le dernier chapitre de cet ouvrage résume en quelques pages tout ce que la philosophie moderne nous dit sur cet important sujet.

$$\frac{1}{1570} - \frac{1}{1600} = \frac{30}{1570 \times 1600} = 0,000011$$

ce qui est insignifiant en pratique ; mais ce qui, *théoriquement* n'est pas négligeable. Ceci soit dit pour indiquer qu'une simplification théorique n'est pas toujours une simplification pratique, et que, dans le cas où on acquiescerait au desideratum de M. Flamant, les artilleurs auraient, en plus de la correspondance du radian avec les nouvelles unités d'arc et de temps, à se préoccuper de leur correspondance avec le millième. Qu'importe, dira-t-on, c'est un mince détail.... Oui, mais la vie est faite de détails pareils, dont l'accumulation est une gêne.

Toutefois, j'estime qu'il y a tout avantage à poser et à discuter ces problèmes, dans l'espoir que, quelque jour, un esprit simplificateur surgira, qui saura unifier tous les systèmes de mesure dans une vaste synthèse logique, simple et partant éminemment désirable, et c'est pourquoi j'insiste sur le desideratum de notre auteur.

Au cours de son exposé, M. Flamant nous apprend qu'il s'est systématiquement abstenu de donner des exemples numériques à la suite de chacune de ses solutions algébriques ; qu'il me permette de le regretter, de le déplorer, d'autant plus vivement que n'ayant pas pu se tenir parole complètement il nous laisse voir avec quelle suggestive maestria il sait manier le chiffre.

Par la force des choses, à propos de la mesure des arcs, à propos des résistances passives, il est amené à poser quelques chiffres bien choisis et, au bas de la page 364, il nous donne un très intéressant calcul sur ce que pourrait être l'effort exercé par la force centrifuge du mouvement de la terre autour du soleil sur un câble ayant même diamètre que la terre et reliant celle-ci au centre du soleil. Même appliqué à un cas idéal et irréel, tel que celui-là, le chiffre ne laisse pas de nous induire en réflexions utiles. Mais il y a plus, M. Flamant a écrit pour de futurs ingénieurs : que cette clientèle soit systématiquement incitée aux réflexions philosophiques sur la liaison des idées qui, réunies en *Corpus*, constituent la science de la mécanique rationnelle, rien de mieux ; mais ce n'est qu'une partie de la besogne. Il y en a une seconde, savoir : former des praticiens exercés. Or il n'y a pas de praticien sans calcul chiffré : *numeri regunt mundum* dans le sens le plus étroit du mot !

En vue de cette clientèle spéciale, M. Flamant a très judicieusement consacré un bon quart de son ouvrage à la théorie des machines simples et des mécanismes : les calculs numériques s'imposaient là avec non moins de force qu'ailleurs, et on est déçu de n'y en point trouver. On me permettra de ne pas m'arrêter à l'opinion qui voudrait que dans un livre d'enseignement supérieur, de haute science, on ne mit pas ce qui semble être l'apanage de l'enseignement élémentaire. J'aurais trop beau jeu à répondre que la science ne perd rien à être claire, et qu'en un cas comme celui-ci l'exemple numérique est un moyen de choix pour éclairer les obscurités ; qu'en outre, par l'appréciation qu'il permet de faire de la relativité des choses, il est un éducateur puissant de la pensée.

Quoiqu'il en soit de ces réserves, je tiens le livre de M. Flamant pour un livre excellent auquel je me propose de recourir fréquemment, et que j'engage mes confrères à se procurer dans la même intention.

Commandant AUDEBRAND.

## LIVRES NOUVEAUX EN FRANCE ET A L'ETRANGER

<i>Die elektrochemischen Verfahren der chemischen Gross-Industrie</i> , par BILLITER. In-8° .....	35 70
<i>Leerboek voor gas-, benzine en petroleum motoren</i> , par APPELDOORN. In-8° .....	8 75
<i>L'évolution de l'électrochimie</i> , par W. OSTWALD, prof. à l'Université de Leipzig, traduit de l'allemand par E. PHILIPPI, licencié ès sciences. In-16 .....	3 50

L'Imprimeur-Gérant : P. LEGENDRE

Imprimerie PAUL LEGENDRE et Cie, 14, rue Bellecordière, LYON.