

## Limitation du rôle de l'Énergie électrique dans la métallurgie du fer

Nous extrayons d'une très intéressante conférence faite tout dernièrement à la Société Industrielle de l'Est, par M. Gustave GIN, l'électrométallurgiste bien connu, les considérations suivantes qui sont de nature à particulièrement intéresser nos lecteurs.

L'électricité doit être généralement considérée comme une énergie de luxe, dont il faut restreindre l'emploi aux seules opérations pour lesquelles elle se montre nettement supérieure ou non remplaçable, et l'on ne peut la prodiguer que dans les régions privilégiées où les grandes chutes permettent de la produire à bas prix, sans qu'elle puisse trouver sur place des utilisations plus avantageuses.

Il est du reste loisible de limiter le rôle que l'on entend réserver à l'énergie électrique, car il est aussi possible de borner son intervention à la mise au point d'un acier presque élaboré dans les appareils connus, que de réaliser la fabrication intégrale en partant du minerai pour aboutir à un acier de composition quelconque.

Entre ces deux limites, le four électrique peut parcourir toute la gamme des opérations productrices de l'acier et seules les considérations économiques peuvent étendre ou restreindre son champ d'action.

Les inventeurs, qu'attire la difficulté, se sont attaqués d'abord à la fabrication intégrale, et comme le problème était aussi ardu que complexe, la solution s'est fait attendre. Plus tard, les expériences ont porté sur le seul affinage de la fonte brute, prise à l'état solide ou préalablement fondue; puis on a essayé la fabrication au moyen des riblons, qui est plutôt une fusion qu'un affinage.

Enfin, on est arrivé à éliminer non seulement la réduction du minerai et la fusion du métal, mais encore l'affinage préalable, pour ne laisser à l'électricité qu'une sorte de suraffinage ou de mise au point finale.

On voit combien élastique est le rôle du four électrique, qui peut opérer seul la fabrication de l'acier, ou la réaliser en association avec le haut-fourneau, ou bien encore collaborer à cette fabrication à la suite du haut-fourneau et du convertisseur.

Des expériences faites jusqu'à ce jour, il résulte qu'à ces diverses fabrications correspondent les dépenses suivantes d'énergie :

Fabrication intégrale en partant du minerai.....	2.800 à 3.200 KW. H
Fabrication au moyen de la fonte solide.....	1.000 à 1.100 KW. H
Fabrication par la fonte et les riblons solides.....	850 à 1.100 KW. H
Fabrication par la fonte liquide....	450 à 600 KW. H
Fabrication après convertissage sommaire.....	200 à 300 KW. H

Et me voici, Messieurs, tout naturellement appelé à vous parler de ce groupement idéal, du haut-fourneau réducteur avec le four électrique épurateur, qui utiliserait comme source de force motrice les chaleurs perdues des gaz des hauts-fourneaux.

En théorie, il devrait suffire de 300 kilogs de combustible pour extraire et fondre une tonne de fer par réduction de l'oxyde  $Fe^2 O^3$ . En 1850, avec les hauts-fourneaux de 20 tonnes, on consommait encore 3 tonnes de coke par tonne de fonte coulée. En 1863, avec les premiers hauts-fourneaux de 60 tonnes, on descendit à 1 500 kgs. Actuellement, la consommation moyenne est voisine de 1 000 kgs et tend à descendre vers 800 kgs.

Cette économie dans la consommation du combustible est due à l'augmentation de la capacité des hauts-fourneaux et de la pression du vent et surtout au chauffage du vent par les récupérateurs utilisant la combustion des gaz mêmes du haut-fourneau.

Mais, quelle que soit la qualité du coke brûlé par tonne de métal élaboré, la plus grande partie de l'énergie disponible dans le combustible en excès serait encore dissipée en pure perte dans les gaz qui s'échappent des hauts-fourneaux, si l'on n'avait eu l'idée de les utiliser, d'abord pour la production de la vapeur et ensuite pour la combustion directe dans les moteurs à explosion.

Cette dernière application n'a pas été facilement résolue, car elle devait vaincre de nombreux obstacles résultant, d'une part, du faible pouvoir calorifique des gaz et de la difficulté d'allumage

qui en résulte, et d'autre part, de la teneur de ces gaz en vapeur d'eau et en poussières minérales ou métalliques entraînées.

Les difficultés d'allumage ont été surmontées par une compression plus élevée et les poussières supprimées par une épuration mécanique poussée aussi loin que possible. Quant à l'eau entraînée, on s'en débarrasse maintenant par les appareils congelateurs de Gayley, qui fonctionnent aux Etats-Unis.

Bref, on est arrivé maintenant à construire des moteurs utilisant le gaz des hauts-fourneaux et développant une puissance de 1 500 et même 2 000 HP.

La récupération d'énergie sur laquelle on compte actuellement, est telle qu'un haut-fourneau, produisant journalièrement 100 tonnes de coke, pourrait alimenter simultanément une puissance motrice de 2 500 chevaux-vapeur, dont 350 seraient consacrés à la machine soufflante et 150 aux appareils d'épuration du gaz, tandis que 2 000 HP resteraient disponibles pour d'autres utilisations, et notamment pour la production d'énergie électrique.

Si l'on songe que la production mondiale de la fonte atteint actuellement 40 millions de tonnes, on en déduit qu'elle pourrait fournir comme sous-produit une quantité d'énergie équivalente au travail permanent de plus de 2 millions de chevaux-vapeur.

Au surplus, il faut observer que cette puissance supplémentaire obtenue avec les moteurs à explosion ne se traduit pas entièrement en bénéfice. Elle exige, pour les appareils d'épuration, les pompes, les moteurs et les bâtiments qui les abritent, une immobilisation qui ressort à plus de 300 fr. par cheval. Mais, en tenant compte de cette immobilisation qu'il faut amortir, et en ajoutant à l'amortissement les frais d'entretien, de surveillance et de graissage, on arrive, en somme, pour le cheval-heure, à un prix de revient qui n'est peut-être pas supérieur à un centime. Dans ces conditions, l'utilisation de l'énergie supplémentaire devient possible pour la fabrication de l'acier électrique et elle peut, dans une certaine mesure, lutter contre l'énergie obtenue à très bas prix pour l'aménagement des hautes chutes d'eau.

Si l'on se reporte aux chiffres que j'ai donnés pour les diverses interventions possibles de l'électricité dans la fabrication de l'acier, on voit que les dépenses correspondantes d'énergie électrique par tonne fabriquée s'établissent comme suit :

Fabrication en partant de la fonte liquide sortant du haut-fourneau.....	5 à 6 fr.
Fabrication après affinage préparatoire au convertisseur ou au Martin.....	2 à 3 fr.

Il ne semble pas que la question de dépense d'énergie électrique puisse effrayer aucun industriel, si, comme il est maintenant certain, la fabrication ou la mise au point électrique de l'acier doit conduire à l'obtention d'un métal de qualité supérieure et plus régulière.

En supposant que la puissance totale correspondante aux chaleurs perdues des hauts-fourneaux soit utilisée pour la fabrication de l'acier en partant de la fonte liquide, et en admettant une dépense maxima de 550 KW. H. par tonne, on pourrait produire annuellement près de 20 millions de tonnes d'acier, c'est-à-dire transformer en acier la moitié de la production mondiale de fonte. Si l'on procédait à un affinage sommaire au convertisseur suivi d'une épuration complémentaire dans le four électrique, solution que je proposais déjà en 1902, il se pourrait que la totalité de la fonte puisse être transformée en acier, le haut-fourneau réalisant cet ensemble, admirable de conditions, d'élaborer le métal fondu et de fournir d'autre part toute l'énergie nécessaire pour sa transformation en acier.

Il est parfaitement inutile d'espérer que des transformations aussi radicales se produisent jamais, car les progrès de l'industrie ne s'accomplissent pas avec un ensemble et un accord aussi parfaits, et, d'autre part, ce qui est un progrès aujourd'hui peut ne plus l'être demain. Aussi n'ai-je formulé les hypothèses que vous venez d'entendre que pour exprimer, sous une forme suggestive, tout l'intérêt qui me paraît s'attacher à cette double question de l'utilisation des chaleurs perdues des hauts-fourneaux et de son application à la fabrication de l'acier électrique.

Et, pour conclure, maintenant, je veux, avec une légitime fierté, faire ressortir la place prépondérante que les Français ont su prendre dans les progrès de l'électrométallurgie du fer. Mais je ne parle que des électrométallurgistes, car la métallurgie proprement dite n'a pas encore pris nettement position. Elle observe et elle attend, risquant certainement de se laisser devancer par de plus hardis et de plus entreprenants.

On m'a dit plusieurs fois en Allemagne :

« On ne peut nier que les Français soient les initiateurs de l'électrométallurgie du fer, mais ils ne l'appliqueront qu'après les Allemands et les Américains ».

On nous accorde l'esprit d'intuition et de synthèse, la conception claire et limpide qui fait les inventeurs, mais on nous refuse l'esprit pratique, la patience et la persévérance exigées pour l'application industrielle. On dit aussi que nous n'avons pas confiance en nous-mêmes. Mais, que ne dit-on pas ?

Quant à moi, je ne crois pas, je ne veux pas croire, que nous soyons en voie de décadence industrielle, et il suffirait de l'admirable essor de l'industrie automobile, créée et continuée par nous, pour prouver que nous sommes toujours à l'avant-garde du progrès et que nous savons nous y maintenir.

Il en sera de même pour ce qui concerne l'acier électrique ; je le crois et je le dis : j'ai la ferme espérance que ce sera encore le coq gaulois qui chantera au sommet de l'édifice élevé pierre à pierre par les Français et achevé par eux.

G. GIN.

## Quelques Projets Gigantesques

La presse technique en France et à l'étranger a récemment publié les informations suivantes qu'à notre tour nous ne pouvons manquer de reproduire sous peine de paraître ignorant des *grands projets*.

Il s'agit d'abord d'un projet dû à M. GUARINI, professeur à l'École des Arts et Métiers de Lima, qui propose l'utilisation industrielle des eaux du lac Titicaca. S'étendant sur une superficie de 6 630 kilomètres carrés, sous une profondeur moyenne de 20 mètres, ce lac constitue un réservoir de 132 600 000 mètres cubes. L'auteur de ce gigantesque projet indique la possibilité de canaliser les eaux de ce réservoir naturel vers la côte du Pacifique, assez proche, en suivant les pentes rapides de la Cordillère des Andes. Le lac étant à 3 800 mètres d'altitude, on pourrait, en dérivant 100 mètres cubes par seconde, produire au moins 2 millions de chevaux pratiquement (?) utilisables sur l'arbre des turbines.

Les moyens proposés par M. Guarini pour opérer cette dérivation sont, en principe, très simples. Le lac étant à 250 mètres en dessous du point le plus bas de la chaîne de montagnes qui le sépare de la côte, on a le choix, dit-il, entre un tunnel perçant la montagne en ligne droite et le dispositif suivant qui serait plus élégant, et peut-être moins coûteux : des pompes actionnées par l'énergie des chutes qui seraient établies à la suite les unes des autres, entre le sommet de la montagne et la côte, relèveraient l'eau du lac à 250 mètres et, de là, cette eau s'écoulerait vers le Pacifique en traversant une série d'usines échelonnées sur une hauteur totale de plus de 3 000 mètres ; au rendement près des pompes et des conduites, on récupérerait ainsi l'énergie dépensée à l'élévation. Après avoir traversé les dernières turbines, l'eau servirait à l'irrigation des cultures de la côte.

D'après un avant-projet sommaire, le coût des installations serait d'un ordre de grandeur qui ne dépasse pas l'imagination, puisqu'avec 200 millions, paraît-il, on pourrait peut-être en voir le bout ! Cela mettrait les frais de premier établissement du cheval à 100 francs. Nous connaissons plus d'un auteur de projets qui, dans nos Alpes, a fait ressortir les frais d'installation du cheval à moins de 100 francs sur l'arbre des turbines. Ce prix n'est donc pas exagéré dans le sens du bon marché qu'on pourrait s'attendre à voir ressortir de ces grandioses conceptions auxquelles nos confrères du Nouveau-Monde nous ont quelque peu habitués. Mais ce que nous ne chercherons même pas à mettre en comparaison avec ce que nous connaissons de nos pauvres petites installations alpestres, ce sont les éléments d'appréciation des puissances aménageables et les moyens de construction. En Amérique, comme on le sait, tout est grand, et nous aurions mauvaise grâce, nous petits alpins, à discuter des projets de géants.

Cette énorme quantité d'énergie pourrait être utilisée à la traction électrique des chemins de fer, à l'électrochimie et à

l'électrométallurgie, aux services des mines du Pérou et de l'agriculture, notamment au labourage électrique, à l'éclairage des localités et enfin à la fabrication des nitrates pour concurrencer les gisements naturels du Chili.

Que le Niagara se tienne bien... ou il est enfoncé !

Mais il n'y a pas que les Américains pour faire grandement les choses ; nous aussi, en Europe, sans vouloir leur disputer le record des chutes monstres, nous pouvons néanmoins leur opposer des forces hydrauliques respectables.

Le projet suivant, dû à M. Von DOWAT, permettrait de créer, pas bien loin d'ici, 300 000 chevaux, tout simplement. Cette fois, il nous est facile d'y aller voir, c'est en Bavière. Et nous qui mettions l'Allemagne au rang des pays peu fortunés sous le rapport de la houille blanche !...

Voici, dans ses grandes lignes, l'économie du projet en question : sur l'Isar, à moitié chemin entre Wallgan et Vorderiss, on construirait un barrage — de dimensions telles que jamais circulaire ministérielle n'en a encore prévu chez nous — et qui refoulerait les eaux de la rivière jusque dans un petit lac alpestre de 650 mètres de large et 6 kilomètres de long. Ce serait là un premier réservoir emmagasinant 65 millions de mètres cubes. De ce lac, l'eau serait dirigée au moyen d'un tunnel de 3 800 mètres, dans le lac Walchen, situé à 52 mètres plus bas. La réalisation de cette différence de niveau dans une chute hydraulique donnerait d'abord 20 000 chevaux. Par une seconde galerie, les eaux du Walchen seraient envoyées dans le lac Kochel en franchissant une seconde chute de 203 mètres où l'on recueillerait 80 000 chevaux.

Ce lac reçoit aussi les eaux du Loisach, torrent à débit très variable. On établirait alors un barrage sur ce torrent, pour créer un lac artificiel de Tscheulohe à Oberau et capable de contenir 100 millions de mètres cubes. Ce réservoir pourrait fournir un débit de 63 mètres cubes à la seconde qui, joints aux 23 mètres cubes fournis par l'Isar et ses affluents, donnerait un débit total de 86 mètres cubes par seconde. Ce volume pourrait être utilisé sous une nouvelle différence de niveau de 300 mètres permettant d'obtenir 200 000 chevaux dans cette troisième chute.

Au total, on aurait ainsi 300 000 chevaux disponibles.

Cela ne vaut pas le Titicaca, mais enfin c'est déjà une puissance capable de satisfaire à quelques-unes des demandes d'énergie que la paisible industrie de notre vieille Europe réclame pour se maintenir au niveau de celle du Nouveau Monde.

Il paraît que les Bavaoises discutent ferme, non pas tant sur la possibilité de mener à bien cette entreprise, du reste parfaitement exécutable sous le rapport technique, que sur le point de savoir si ces barrages, ces usines avec leurs tuyaux monstres et leurs réseaux de fils et de poteaux, ne nuiront point aux charmes du paysage, ne « matérialiseront » pas trop cette idéale région des Alpes, célèbre par le pittoresque de ses sites, aussi bien que par les fêtes artistiques auxquels ils servent de cadre ? On se demande si les *chutards* et les électriciens n'éloigneront pas à jamais les poètes et les musiciens de Bayreuth !...

Il s'agit ensuite du transport électrique de l'énergie des chutes du Zambèze, aux Victoria Falls, jusqu'aux mines du Rand, dans le Transvaal : la distance est de 1 200 kilomètres !

D'après certaines estimations, la puissance des chutes du Zambèze aux Victoria Falls serait d'environ 500 000 chevaux, pour une chute utile de 100 mètres. L'Afrique, on le voit, rivalise avec l'Amérique. Comme d'une part cette puissance ne paraît pas immédiatement utilisable sur place — et pour cause — que d'autre part le charbon coûte très cher au Transvaal, M. Fox, directeur de la British South African Company, a étudié le projet peu banal de transporter une partie de cette énergie jusqu'aux mines du Rand qui absorbent actuellement 150 000 chevaux, paraît-il.

M. Fox adopte le système Thury à courant continu-série avec une tension de 100 000 volts qu'il estime ne pas devoir présenter plus de difficultés d'isolement que le courant triphasé