



**HAL**  
open science

## Sur le fourneau électrique

C.-W. Siemens, A.-R. Huntington

► **To cite this version:**

C.-W. Siemens, A.-R. Huntington. Sur le fourneau électrique. J. Phys. Theor. Appl., 1883, 2 (1), pp.124-131. 10.1051/jphystap:018830020012401 . jpa-00238051

**HAL Id: jpa-00238051**

**<https://hal.science/jpa-00238051>**

Submitted on 1 Jan 1883

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**SUR LE FOURNEAU ÉLECTRIQUE <sup>1)</sup>**;

PAR MM. C.-W. SIEMENS ET A.-R. HUNTINGTON.

Le fourneau électrique diffère légèrement de celui que l'on avait employé auparavant. On a jugé convenable de l'entourer d'un circuit dont le rôle est de régler à volonté la direction de l'arc

---

(<sup>1</sup>) Traduction publiée par le journal *L'Électricien* (1<sup>er</sup> janvier 1883), d'après un Mémoire lu à l'Association britannique.

et d'annuler la tendance qu'il a à se porter sur les côtés. Ce fourneau se compose d'un creuset de dimensions convenables, dans le fond duquel on a ménagé un trou pour laisser passer l'électrode positive, tandis que l'électrode négative passe dans un autre trou ménagé dans le couvercle. Cette dernière est suspendue à l'une des extrémités d'un levier, dont l'autre extrémité est reliée à un cylindre creux en fer doux qui peut se mouvoir à l'intérieur d'un solénoïde. La force avec laquelle le cylindre est attiré à l'intérieur du solénoïde est contrebalancée par un contrepoids glissant sur le levier. Une des extrémités du fil du solénoïde est reliée à l'électrode positive, tandis que l'autre est reliée à l'électrode négative. Le fil du circuit ayant une très grande résistance, sa force attractive sur le cylindre est proportionnelle à la force électromotrice entre les deux électrodes, c'est-à-dire à la résistance de l'arc. La longueur de ce dernier se règle par conséquent automatiquement. C'est un point d'une très grande importance; car, s'il n'en était pas ainsi, la résistance de l'arc diminuerait rapidement à mesure que la température de l'atmosphère du creuset augmenterait et il en résulterait un échauffement de la dynamo-machine. On évite ainsi l'extinction de l'arc occasionnée par un brusque changement de sa résistance ou par l'abaissement des matières dans le creuset. Ce dernier est entouré de substances réfractaires peu conductrices de la chaleur; le charbon de cornue et le sable conviennent très bien. Les électrodes peuvent être formées du charbon que l'on emploie ordinairement dans l'éclairage ou de toute autre substance conductrice convenable. Elles peuvent être refroidies par une circulation d'eau intérieure ou extérieure, ou en les exposant autant que possible à l'air. Par exemple, dans une expérience, on a employé un pôle positif en nickel de  $\frac{1}{2}$  pouce, dont l'extrémité inférieure était solidement encastrée dans une forte tige de cuivre de 1 pouce carré de section sur 6 pouces de long. On n'adoptait aucun moyen de refroidissement; on a fondu ainsi 1 livre de nickel dans un creuset d'argile et on l'a coulée en huit minutes, le fourneau restant froid. L'électrode était très peu attaquée et il n'y avait pas de fuite.

Le fourneau électrique possède deux grands avantages, à savoir : la température que l'on peut atteindre est seulement limitée d'une manière pratique par la résistance réfractaire des matériaux avec

lesquels est fait le creuset; et la chaleur se développe immédiatement dans les matières que l'on se propose de fondre au lieu de traverser auparavant le récipient qui les renferme. La température que l'on peut obtenir par l'emploi des combustibles est limitée par la dissociation. Deville a montré que l'acide carbonique se dissocie sous la pression atmosphérique à la température de 2600° C. environ.

Les auteurs ont fait des expériences sur cinq machines Siemens type D<sub>2</sub> mues par un moteur Marshall de 12 chevaux; l'une d'entre elles était employée comme excitatrice. L'intensité du courant était comprise entre 250 et 300 ampères. Les creusets en argile la plus réfractaire, fournis par la *Patent Plumbago Crucible Company*, étaient percés dans l'espace de quelques minutes et n'avaient aucune utilité, sauf dans les cas d'expériences de courte durée. Les creusets en plombagine se comportaient excessivement bien. Toutefois, on ne peut pas les employer d'une manière générale, car ils ont une tendance à produire la carburation du métal sur lequel on opère. Dans quelques expériences, la fusion du métal s'opérait sur un lit de chaux, de sable ou de poussières de charbons servant à l'éclairage électrique.

*Fer forgé.* — Six livres (2<sup>ks</sup>, 700) de fer forgé étaient soumises pendant vingt minutes à l'action de l'arc et le métal était ensuite coulé dans un moule. On l'a trouvé cristallin et il ne pouvait être forgé. C'est le résultat que l'on a toujours obtenu avec le fer, le nickel et le cobalt. Il y a un remède bien connu qui consiste à ajouter un peu de manganèse avant la coulée, mais la cause de cet effet n'est pas encore bien expliquée.

*Acier.* — On a fondu d'un seul coup 20 livres (9<sup>ks</sup>) de limes d'acier dans l'espace d'une heure, et le fourneau était échauffé. Avec d'aussi grandes quantités, le métal était invariablement rempli de soufflures.

*Fontes blanches.* — Elles étaient fondues dans un creuset d'argile au bout de trente minutes; après les avoir cassées, elles ne semblaient avoir subi aucun changement. Quand on introduit la fonte et le coke dans le fourneau, le métal que l'on obtient est

légèrement plus gris que la matière primitive. Quand, toutefois, on substituait le charbon de cornue au coke, on obtenait en quinze minutes une fonte grise, douce et se travaillant facilement; le creuset devenait chaud. Dans d'autres cas, le creuset était encore froid au bout de trente minutes, et la matière, quoique très bien fondue, n'était pas plus grise. La différence entre ces deux résultats est peut-être due à la température qui était plus grande dans l'un des cas que dans l'autre. Ce point possède un grand intérêt pratique. 4 livres (1<sup>kg</sup>,800) de fonte blanche fondue avec du poussier de charbon donnaient au bout de trois quarts d'heure une fonte cristalline très grise. Dans une autre expérience, on a fondu avec de la poussière de charbon 8 onces (225<sup>gr</sup>) de fonte grise provenant de la fusion des fontes blanches au fourneau électrique, et l'on a obtenu, au bout de dix minutes, un métal très gris dont on a séparé une grande quantité de graphite à l'aide d'un refroidissement lent.

*Fonte.* — Fondue et tenue soumise à l'action de l'arc pendant quarante-cinq minutes dans la poussière de charbon, son aspect gris n'est pas changé et la manière dont se comporte généralement cette matière, quand elle est travaillée avec des outils, n'est pas altérée. Le but de cette expérience était de déterminer la quantité maxima de carbone que le fer peut absorber dans les circonstances que l'on présume les plus favorables. On a fondu de la fonte pendant quinze minutes sous une couche de chaux qui la recouvrait presque entièrement. L'aspect de la cassure était peu altéré par suite de cette opération, quand on tient compte des légères différences dues au degré de refroidissement. On remarquait une forte odeur d'hydrogène phosphoré ou de phosphore. La chaux employée conservait encore une odeur désagréable.

*Fonte blanche miroitante* (Spiegeleisen). — Cette fonte blanche fondue dans un creuset en plombagine ou en argile laissait séparer du graphite quand on la refroidissait.

*Fonte siliceuse.* — Les fontes contenant environ 10 pour 100 de silicium étaient fondues de même et elles n'éprouvaient pas de changement, sauf qu'il se séparait un peu de graphite. On obtenait

un résultat semblable en fondant 5 livres (2<sup>kg</sup>, 250) de fonte siliceuse pendant une heure dans la poussière de charbon. En cassant le lingot obtenu, on trouvait une grande quantité de pailles de graphite dans une cavité qui traversait le lingot dans toute sa longueur. L'aspect de la cassure présentait encore les caractères de la fonte siliceuse et était le même que celui de la fonte primitive.

On fit une série d'expériences pour déterminer la quantité maxima de carbone que la fonte peut absorber, en présence d'une quantité donnée de silicium. On fondit ensemble dans la poussière de charbon de la fonte grise et de la fonte contenant 10 pour 100 de silicium, et l'on faisait varier leur rapport de manière à obtenir un métal contenant  $\frac{1}{4}$  à 9 pour 100 de silicium.

On fit une série d'expériences semblables en substituant le soufre au silicium; on ne remarqua aucune odeur d'acide sulfureux, par conséquent il est à présumer qu'il n'y avait pas de soufre volatilisé. C'est un phénomène remarquable, vu la nature de l'expérience. On pensait que les recherches de cette nature pouvaient avoir une grande importance pratique aussi bien qu'un intérêt purement scientifique, — en admettant, eu égard à la discussion, qu'il existe réellement une telle distinction, — pour aider à déterminer les meilleures conditions de travail dans les hauts-fourneaux, etc.

*Nickel.* — On fit passer dans un trou, ménagé dans le fond d'un creuset d'argile, un pôle positif de nickel de  $\frac{1}{2}$  pouce de diamètre fondu d'après le procédé Wiggin et C<sup>ie</sup>. On employait le charbon comme pôle négatif; mais, aussitôt après le commencement de l'expérience, il se formait un dépôt de nickel à son extrémité, de sorte que, pratiquement, c'était un pôle de nickel. Ce dépôt de métal sur le pôle négatif a été également observé avec quelques autres métaux, particulièrement avec le tungstène.

Tout en ne fournissant pas d'explication sur ce point particulier, le professeur Huntington cherche si ce phénomène, — qui est l'inverse de ce qui se passe ordinairement, — ne peut pas dépendre de la volatilité relative des matières formant les pôles. Dans le fourneau disposé comme on l'a déjà dit, 1 livre (453<sup>gr</sup>) de nickel en grains est fondue et coulée en huit minutes. Le métal a une cassure granuleuse très brillante. Il ne peut pas être travaillé convenable-

ment à la machine à raboter, il se mâche sous l'outil. 1 livre de nickel en grain fondu dans la poussière de charbon pendant vingt-cinq minutes donne un métal carburé d'un gris noir, qui se travaille bien à l'outil; dans une autre expérience, une même quantité de nickel traitée de la même manière donne un métal soufflé qui ne peut être travaillé. Le nickel carburé, préparé comme on vient de le dire, fut ensuite fondu dans un creuset d'argile pendant vingt minutes et refroidi ensuite lentement; sa cassure devint plus blanche et son grain plus serré.

*Cuivre.* — On fondit  $\frac{3}{4}$  de livre (350<sup>gr</sup>) de cuivre dans la poussière de charbon pendant une heure; en examinant le résultat, on trouva que tout avait été vaporisé, sauf  $\frac{3}{4}$  d'once (21<sup>gr</sup>) environ. Les personnes présentes aux expériences ne se ressentirent pas des effets désagréables de l'atmosphère chargée de cuivre qu'elles étaient obligées de respirer.

*Platine.* — On fondit parfaitement bien 8 livres (3<sup>kg</sup>,500) de platine dans l'espace d'un quart d'heure environ.

*Tungstène.* — On soumit  $\frac{1}{2}$  livre (225<sup>gr</sup>) de tungstène en poudre à l'action de l'arc électrique dans un creuset en argile. Il se dégagait des fumées très denses, et il se forma au sommet une cavité de  $\frac{1}{2}$  pouce environ. On laissa ensuite refroidir le creuset brusquement; après l'avoir enlevé, on trouva qu'il était fortement attaqué un peu au-dessous du point de formation de l'arc. La conclusion est que le creuset a été attaqué à la température de l'expérience; le métal était fondu seulement à une très faible profondeur au-dessous de la cavité formée par l'arc. Le métal non fondu était recouvert de très beaux cristaux de tungstène qui, examinés au microscope, présentaient la forme de prismes bien nets; ils n'étaient pas très uniformes. Ces cristaux ont été formés évidemment par le refroidissement lent de la vapeur distillée.

On a fait un très grand nombre d'expériences avec le tungstène, dont les résultats ont montré que ce métal pouvait être fondu, mais par petites quantités. Il était possible de former un petit lingot en fondant d'abord une petite quantité de tungstène que l'on augmentait graduellement par petites doses. Les pièces que l'on ob-

tenait ainsi étaient la plupart du temps spongieuses et peu satisfaisantes. Les meilleurs résultats auxquels on soit arrivé sont ceux que l'on a obtenus avec le tungstène déjà fondu. Lorsque ce métal a été fondu une fois, il ne donne pas beaucoup de vapeurs pendant sa fusion, ce qui est dû sans doute à la grande réduction de surface exposée.

Le tungstène fondu dans le fourneau électrique est, lorsqu'il n'est pas terni, parfaitement blanc, cassant et possède un grain très serré. Le tungstène a été obtenu jusqu'ici sous forme d'une poudre grise, en réduisant son oxyde par le charbon ou l'hydrogène, ou en globules très fins dans l'arc électrique ordinaire. On abaisse son point de fusion en lui ajoutant un peu de carbone. Dans ces conditions on peut obtenir sans beaucoup de difficulté une pièce de dimensions moyennes. Sur 1000 grains de cette poudre fondus dans la poussière de charbon, on en retrouve 650, le reste ayant été volatilisé; en refondant 450 grains du métal fondu d'abord, on en retire 410. On a analysé un morceau de tungstène placé dans les conditions les plus favorables pour être carburé, et l'on a trouvé qu'il contenait 1,8 pour 100 de carbone. Le métal était très blanc, cassant et d'un grain très serré.

D'après les expériences précédentes, il est clair que la quantité d'un métal donné que l'on peut fondre complètement dans un fourneau électrique et le temps nécessaire pour opérer la fusion dépendent : (a) de la relation qui existe entre le point de volatilisation et le point de fusion, c'est-à-dire de l'intervalle qui sépare ces deux points; (b) de la conductibilité calorifique du métal.

Ainsi il arrive que le platine est fondu beaucoup plus facilement que l'acier et en plus grande quantité pour une certaine dépense d'énergie.

Cette conclusion, dit le professeur Huntington, est vérifiée par les observations et les expériences faites jusqu'ici.

M. le D<sup>r</sup> Siemens fait remarquer que la limite de température que peut produire le fourneau électrique est encore inconnue, quoique la chaleur développée augmente probablement la résistance de l'arc qui ne fait que produire un nouveau développement de chaleur. Les résultats obtenus avec le cuivre, quoique constituant en apparence un échec à l'emploi de ce fourneau pour la fusion,



peuvent avoir de l'importance lorsqu'il s'agit de vaporiser ce métal. Il n'est pas d'accord avec M. Huntington en ce qui concerne le dépôt de métal sur le pôle négatif. Il pense que le phénomène est plutôt dû à ce que le pôle négatif est beaucoup plus froid que le pôle positif.

À une question du D<sup>r</sup> Gladstone, demandant si le dépôt était cristallin ou sous forme de globules fondus, M. Huntington a répondu qu'il était sous forme de globules.

M. Terril, de Swansea, dit que la perte de cuivre par la volatilisation, pendant sa fusion, est beaucoup plus grande qu'on ne le croit ordinairement. Pendant un dégagement accidentel d'hydrogène sulfuré dans ses ateliers, il a observé un dépôt de sulfure de cuivre sur une très grande étendue. Il en a même trouvé sur le comptoir en zinc du bar de la station du chemin de fer, qui est à une assez grande distance.