Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 1 (1919)

Artikel: Détermination de la température aux électrodes de l'arc
Autor: Hagenbach, A. / Langbein, K.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-742126

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 31.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE

AUX

ÉLECTRODES DE L'ARC

PAR

A. HAGENBACH et K. LANGBEIN

Il est important tant au point de vue théorique que pratique de connaître la marche de la température de l'arc aux électrodes. Sauf pour l'arc au charbon, on ne possède jusqu'ici aucune mesure; c'est pourquoi il a paru désirable d'entreprendre des recherches complémentaires et d'effectuer des mesures avec les arcs métalliques.

Seules les méthodes optiques peuvent être prises en considération, et, parmi celles-ci, c'est la méthode des isochromatiques, telle qu'elle a déjà été appliquée par Lummer[1] à l'arc au charbon, qui nous a semblé offrir le plus de chances de succès. Elle repose sur le fait que le logarithme de l'émission est une fonction linéaire de l'inverse de la température absolue pour toutes les longueurs d'onde. Si l'on compare au moyen d'un spectrophotomètre les intensités monochromatiques de deux sources lumineuses, dont l'une émet le rayonnement noir et possède une température constante, puis si l'on fait varier cette dernière, on a la relation :

[1] LUMMER, O., *Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur*, Sammlung Vieweg, 1914, Heft 9/10.

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{E'_\lambda}{E''_\lambda}$$

où H_1 et H_2 sont les intensités optiques, et E'_λ et E''_λ les énergies correspondantes. En photométrant dans les diverses couleurs, on peut construire les isochromatiques. Elles se coupent toutes en un point, lorsqu'on a affaire à un radiateur noir ou gris. Ce point d'intersection représente l'inverse de la température, pour laquelle il n'y aurait plus de différence aucune dans toutes les couleurs du rayonnement des deux sources, autrement dit, il représente la température vraie cherchée. Si le rayonnement n'est pas noir, les deux isochromatiques ne se coupent plus en un point, mais les points d'intersection donnent cependant en moyenne la température vraie, avec une incertitude vers le haut ou vers le bas qu'il faut estimer et qui n'est pas très grande, comme le montre l'expérience.

D'abord, il est nécessaire de connaître la température de la source de comparaison. Dans notre cas, on se servait d'une lampe à filament de charbon, le filament non préparé ayant la forme d'un U simple. D'après Lummer, on a l'équation :

$$0{,}2388\ IV = \mu F T^4\ ,$$

où I est l'intensité du courant, V la tension aux extrémités du filament incandescent, F la surface rayonnante, T la température et μ une constante. Sauf T, tout est facile à mesurer ; μ est connu, mais non avec une certitude suffisante. Comme H. Kohn [1] notamment et nous-mêmes l'avons montré par des mesures, μ varie avec la fabrication du filament. Toutefois, on possède encore un autre moyen pour déterminer la température de celui-ci. On connaît d'après Kohn les courbes qui indiquent les watts par bougie Hefner en fonction de la température ; dans les limites des observations, l'allure des courbes est la même pour tous les filaments préparés ou non préparés. Si donc on détermine photométriquement en lumière blanche, avec un photomètre de Lummer et Brodhun, le nombre de bougies Hefner horizontales, et si l'on

[1] Kohn, H. *Ann. Phys. 53*, p. 333, 1907.

mesure en même temps les watts consommés pour différentes charges, il est possible de lire la température correspondante sur la courbe. Ainsi, on a pu déterminer la valeur de μ pour les différentes lampes employées.

Avec les filaments non préparés des lampes fabriquées pour nous par la « Glühlampenfabrik, Zürich », on a trouvé :

$$\mu = 1{,}060 \frac{\text{gr. cal.}}{\text{cm}^2 \text{ sec degré}^4},$$

et avec les préparés :

$$\mu = 0{,}745 .$$

En utilisant une lampe de cette sorte à filament non préparé, on a d'abord comme contrôle photométré la base anodique de l'arc entre charbons homogènes de Siemens; on se servait, à cet effet, d'un spectrophotomètre de König-Martens, dernier modèle de Schmidt et Hännsch (Berlin). La température trouvée était de 4200° $\pm$ 1 %, en complet accord avec E. Benedict[1].

Dans cette mesure comme dans toutes les suivantes, l'électrode de l'arc et le filament étaient projetés chacun sur une glace dépolie. Une couverture en papier noir présentait une ouverture de 3 mm pour laisser passer la lumière. Pendant les lectures, on avait toujours soin de faire tomber la partie la plus claire de la base à mesurer sur l'ouverture, et ainsi sur le photomètre, ce qui bien entendu devait être constaté par un second observateur. La fente bilatérale du photomètre avait une ouverture de 0,04 mm au maximum, en général de 0,02 à 0,03 seulement. La fente de l'oculaire était mise sur 0,2 mm.

Les *mesures avec l'arc métallique* étaient beaucoup plus difficiles à cause de l'instabilité. A la cathode, il était en partie presque impossible de les effectuer, tandis qu'à l'anode, on put obtenir des résultats très satisfaisants.

D'abord, il fallut déterminer l'*influence de la lumière de l'arc* (spectre de lignes) par rapport au rayonnement de la base (spectre continu).

Il y a toujours une partie de la lumière de l'arc qui tombera aussi dans le photomètre, et pour déterminer de combien celle-ci

[1] Benedict, E. *Ann. Phys.* 47, p. 641, 1915.

peut influencer la mesure de la température dans le cas le plus défavorable, l'arc était d'abord photométré seul, et cela, pour différentes intensités tout le long du spectre. La représentation graphique indiqua tout de suite à quels endroits du spectre l'influence était la plus faible, et ceux-ci furent choisis naturellement comme base photométrique. Mais on pouvait aussi calculer facilement à l'aide des épreuves la grandeur de l'effet de l'arc dans le cas où l'on photométrait simultanément la partie de même grandeur de l'arc. On pouvait, en d'autres mots, déterminer de combien la température de la base du courant semblait plus élevée dans le cas le plus défavorable. Cet effet est plus grand pour les fortes que pour les faibles intensités. Dans ce cas, les électrodes étaient placées l'une sur l'autre pendant la mesure, tandis que pour la photométrie, l'électrode à mesurer était horizontale et l'autre placée dessous verticalement.

Les isochromatiques étaient des droites dans les limites des erreurs d'observation, et se coupaient en un point. Chaque droite était déterminée par 4 à 5 points du spectre. Lorsque la température de l'arc était très élevée (W), le point d'intersection était éloigné des valeurs observées, ce qui influençait défavorablement l'exactitude des mesures; mais, avec les arcs à basse température, le point d'intersection pouvait être amené entre les valeurs observées (Zn), et ce point se trouvait défini très exactement. Les détails ainsi que les tableaux numériques seront publiés ailleurs.

Les mesures effectuées avec de l'*argent,* du *cuivre,* du *fer,* du *nickel* et du *tungstène* ont donné les résultats suivants :

Avec l'arc au charbon, la base positive possède toujours la même température, quelle que soit l'intensité du courant. Avec les métaux étudiés, les choses ne sont pas si simples. Les métaux argent, cuivre, fer, nickel présentent dans l'air un accroissement de l'éclat lorsque l'intensité du courant augmente ; l'accroissement est maximum avec l'argent et minimum avec le nickel. Le premier métal ne pouvait plus être photométré à cause de la trop faible intensité lumineuse. Une étude soignée faite avec le cuivre, le fer et le nickel montra qu'à partir des petites intensités de courant, l'intensité du rayonnement augmente, puis reste constante à partir d'une certaine valeur. Avec le cuivre, la température monta de

2235° abs. pour 2 ampères jusqu'à 2430°-50° pour 10 ampères, valeur qui resta invariable jusqu'à 18 ampères. Pour l'arc au fer, la température augmenta de 2585° abs. jusqu'à 2605°, lorsque le courant passa de 2 à 6 amp., puis resta constante jusqu'à 17 amp. La température dans l'arc au nickel ne s'éleva que de quelques degrés à partir de 2430° abs., lorsque l'intensité du courant augmenta de 2 à 4 amp., et demeura alors invariable. Avec le tungstène, on ne put constater aucune augmentation; la température était comprise entre 4150° et 4250° abs.

On aurait pu supposer que le changement provenait de l'accroissement de l'arc; mais l'étude quantitative montra que cela n'est pas possible. Avec le cuivre, l'influence de la lumière de l'arc, dans les conditions les moins favorables, pouvait accroître la température de 20° pour une faible intensité de courant et de 80° seulement pour la plus forte, tandis que nous avons trouvé 200°. Si l'on compare l'effet sur différents métaux, il saute aux yeux que celui-ci est d'autant plus marqué que la conductibilité du métal est plus grande. L'argent est si bon conducteur qu'en employant des électrodes de petit diamètre (0,8 cm), nous n'avons pas pu atteindre approximativement, sans risquer de les fondre, l'intensité du courant qui, après un léger accroissement, ne produit plus d'augmentation. Pour le cuivre, il a été possible de montrer par une série de mesures, que le refroidissement artificiel des électrodes abaisse la température (jusqu'à 2165°), mais que, par contre, une diminution de la quantité de chaleur enlevée l'augmente.

Nous avons désigné par température d'ébullition *du métal, celle à partir de laquelle une élévation de l'intensité du courant ne produit plus d'augmentation de température.*

Les températures des électrodes *négatives* sont plus basses dans tous les cas examinés. En outre, il faut encore remarquer que, pour une intensité donnée, la grandeur de la base par laquelle pénètre le courant est d'autant plus petite que la température est plus élevée. La relation exacte, qui, bien entendu, est régie par les rapports énergétiques, n'a pas encore été déterminée.

Nous résumons ci-dessous les résultats obtenus, et reproduisons en outre les températures d'ébullition données par dif-

férents savants, lorsque nous avons pu trouver les indications nécessaires.

	Mesures à l'arc. Températures absolues.		Autres mesures de la température d'ébullition. Températures absolues.
	Anode	Cathode	
Cuivre	2430°-2450°	Environ 1000° plus bas; augmente aussi avec l'intensité du courant.	2370° Féry[1] 2570° v. Wartenberg[2] 2680° Greenwood[3]
Fer	2585°-2605°	2430°	2575° Ruff[4] 2730° Greenwood[3]
Nickel	2430°-2450°	2365°	D'après Moissan[5] le nickel se volatilise plus facilement que le fer.
Tungstène	4150°-4250°	3000°	

Les résultats sont quelque peu inattendus avec l'*aluminium*, le *magnésium* et le *zinc*. Les températures étaient alors démesurément élevées, ce qu'on pouvait déjà constater à l'œil nu sur le rayonnement total. Les déterminations ont donné aussi bien à l'électrode positive qu'à la négative :

Al : 3350°-3450° abs ; Zn : 2350° ; Mg : 3000° .

Ces températures sont beaucoup plus élevées que les températures d'ébullition trouvées par d'autres procédés :

Al : 2070° (1) ; Zn : 1190° (2) ; Mg : 1390° (1) .

Avec ces métaux, on a affaire à des corps facilement oxydables dans l'arc, et, vraisemblablement, la base du courant n'est pas formée de métal incandescent, mais bien d'oxyde métallique. En faveur de cette hypothèse, on peut citer le fait que le bord de la base est plus éclatant que l'endroit de jonction proprement

[1] Féry, M. *Ann. Chim. Phys.* (7) *28*, p. 428, 1903.
[2] Wartenberg, H. v. *Ztschr. f. anorg. Chem. 56*, p. 320, 1908.
[3] Greenwood, H.-C. *Proc. Roy. Soc.* A. *82*, p. 396, 1909.
[4] Ruff, O. *Metallurgie*, Halle, *8*, p. 461.
[5] Moissan, H. *C. R. 142*, p. 425, 1906.

dit, et c'est la partie la plus éclatante qui était toujours étudiée. Des recherches où l'on évitait l'oxydation ont toujours confirmé cette supposition.

L'arc au zinc était enfermé dans un récipient rempli d'azote. L'anode était si peu chaude qu'elle ne pouvait plus être photométrée. L'aluminium donna 2230°, donc 1000° de moins que dans l'air. Le magnésium produisit une grande formation de nitrates et ne put être mesuré. Les métaux cuivre, fer, et nickel, par contre, conduisaient aux mêmes valeurs dans l'azote que dans l'air. La base du courant est donc sans doute le métal même pour ces derniers, tandis qu'elle est formée entièrement ou partiellement d'oxyde pour les premiers; celui-ci est chauffé probablement jusqu'à ébullition.

Le *résultat principal* du présent travail peut être résumé comme suit: Pour des intensités de courant pas trop faibles, les anodes des arcs métalliques (Ag, Cu, Fe, Ni, W) s'échauffent à la base du courant jusqu'à la température d'ébullition, tandis que les cathodes s'échauffent moins. Si la base est fortement oxydée et formée d'un oxyde à haute température d'ébullition (Al, Zn, Mg), la température s'élève beaucoup plus, probablement jusqu'à la température d'ébullition de l'oxyde métallique. Si l'on empêche l'oxydation de se former en utilisant l'azote comme gaz, la température s'abaisse jusqu'à la température d'ébullition du métal. La température de la cathode est la même que celle de l'anode avec les oxydes métalliques.

[1] Greenwood, *l. c.*

[2] Bertholet, D. *C. R.* 134, p. 705, 1902.