



HAL
open science

Recherches sur les conditions de formation des centres électrisés de faible mobilité dans les gaz

M. de Broglie

► **To cite this version:**

M. de Broglie. Recherches sur les conditions de formation des centres électrisés de faible mobilité dans les gaz. Radium (Paris), 1907, 4 (5), pp.184-188. 10.1051/radium:0190700405018400 . jpa-00242240

HAL Id: jpa-00242240

<https://hal.science/jpa-00242240>

Submitted on 4 Feb 2008

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.

Recherches sur les conditions de formation des centres électrisés de faible mobilité dans les gaz

Par M. de BROGLIE,

DEPUIS que la conductibilité acquise par les gaz, sous l'influence des rayons de Röntgen ou des radiations du radium, a été définitivement attribuée à des centres électrisés des deux signes, répandus dans la masse du gaz et capables de se mouvoir sous l'action d'un champ électrostatique, on a caractérisé une conductibilité analogue dans plusieurs autres cas.

Ainsi les gaz issus des flammes¹, l'air ayant passé sur du phosphore², les gaz récemment préparés par voie électrolytique³ ou chimique⁴, ceux qui viennent d'être détendus⁵ ou de barboter⁶ dans des solutions salines, présentent une ionisation souvent considérable.

L'examen du courant que la conductibilité du gaz laisse passer d'une armature à l'autre d'un condensateur fournit, dans tous ces phénomènes, des résultats en désaccord avec la loi d'Ohm et donne, en fonction du champ électrostatique, une loi de variation devenue classique sous le nom de *courbe de saturation*. C'est cette allure du courant qui caractérise l'ionisation du gaz, en éliminant les autres interprétations qu'on pourrait chercher à donner de la conductibilité; mais, une fois que la présence de centres électrisés par eux-mêmes est ainsi reconnue dans une masse gazeuse, il ne s'ensuit pas que la conductibilité résultante garde exactement les mêmes propriétés dans chaque cas.

La vitesse uniforme que prennent les centres électrisés dans un champ de 1 volt par centimètre, l'action condensatrice qu'ils exercent sur les vapeurs, la rapidité avec laquelle disparaît spontanément l'ionisation du gaz, ont fourni, dans les différentes circonstances, des résultats numériques variés.

Tandis que les ions, produits par les rayons de Röntgen ou du radium, ont une mobilité voisine de 1 centimètre par seconde dans un champ de 1 volt

par centimètre, demandent un degré notable de sur-saturation pour condenser la vapeur d'eau en brouillard et se recombinent très rapidement pour faire disparaître en quelques secondes la conductibilité du gaz, les ions, étudiés par M. E. Bloch dans l'air chargé de ce qu'on appelle l'émanation du phosphore, ont une mobilité mille fois moindre et peuvent condenser en brouillard la vapeur d'eau au voisinage de la saturation; de plus, la conductibilité est beaucoup plus persistante et les gaz peuvent circuler dans une canalisation relativement longue sans trop perdre de leur conductibilité, pourvu qu'ils ne soient soumis à aucun champ électrostatique.

Les gaz issus des flammes possèdent des propriétés très analogues. M. Bloch, étudiant les gaz issus de la flamme du gaz d'éclairage, a mesuré des mobilités décroissantes à mesure que le gaz se refroidit et qu'il « vieillit », ces mobilités tendant vers une limite qui se trouve précisément de l'ordre de celle précédemment trouvée pour les ions du phosphore, soit un centième de millimètre.

M. Langevin a signalé la présence dans l'air atmosphérique normal d'une conductibilité attribuable à des centres électrisés à mobilité de cet ordre et leur a donné le nom de gros ions en indiquant qu'il ne semblait pas exister d'intermédiaire stable entre cette sorte d'ions et ceux des rayons de Röntgen¹.

Enfin, dans le cas des gaz ionisés par l'écrasement de gouttes d'une solution de chlorure de sodium, M. Aselmann a récemment mesuré des mobilités très variées mais descendant jusqu'à des valeurs aussi faibles.

Avec l'hypothèse généralement admise où l'on attribue à tous les ions la même charge électrique, la différence des mobilités ne peut tenir qu'à la différence des masses matérielles des centres. On peut chercher à se faire une idée de leurs dimensions en employant la formule de Stokes qui donne la vitesse de chute uniforme d'une petite sphère de rayon r dans un gaz dont le coefficient de viscosité est σ .

$$v = \frac{2}{9} \frac{gr^2}{\sigma}$$

1. M. P. LANGVIN, *Soc. Physique*, 19 mai 1905.

1. GRIESE, *Wied. Ann.* 1882. — MAC CLELLAND, *Phil. Mag.*, 1898. — E. BLOCH, *J. Physique*, 1905, p. 760.

2. E. BLOCH, thèse de doctorat, 1904.

3. 4. TOWNSEND, divers mémoires, E. BLOCH, thèse de doctorat 1904.

5. L. BLOCH, *CR.* 1906, p. 1226.

6. J.-J. THOMSON, *Phil. Mag.*, 1894. — KOSTERS, KAEHLER, *Ann. der Physik*, 1899-1905. — ASELMANN, *Ann. der Physik*, 1906, p. 960.

On trouve alors, en supposant la densité de l'ion voisine de l'unité, que le rayon varie en raison inverse de la mobilité et que, pour des mobilités de l'ordre de 1/100 de millimètre, le diamètre de l'ion vaudrait 10 μ .

On sait par ailleurs que les ions des rayons de Röntgen sont considérés comme ayant une grosseur de l'ordre des dimensions moléculaires.

La manière la plus naturelle d'envisager les centres électrisés de faible mobilité est donc de se les représenter comme une agglomération matérielle relativement considérable, portant une charge égale à celle des petits ions ou de l'atome d'hydrogène dans l'électrolyse, soit 5,4 10⁻¹⁰ unités. On pourrait alors reproduire de pareils ions par l'union d'un centre matériel neutre de l'ordre de grandeur voulu et d'un petit ion.

Dans les flammes, les conditions d'un pareil mécanisme peuvent être regardées comme réalisées : l'action chimique libère des charges élémentaires, et les produits de la combustion, s'ils sont solides ou liquides, peuvent se condenser autour des petits ions qui leur serviraient de noyau, ou les attirer après coup à cause de leur charge électrique. Il est clair que dans ces conditions, le centre matériel n'aura guère de chances d'attirer plus d'un ion, puisque déjà chargé une fois il repousse les charges de même signe.

1^o Première série d'expériences. — Dispositif employé. — Je me suis proposé de rechercher si l'on pouvait produire de gros ions en rendant possible de diverses manières le mécanisme de formation qui vient d'être indiqué et je me suis d'abord attaché à reproduire les conditions des flammes ordinaires — combinaison chimique — haute température — formation de produits condensables, en faisant passer dans un tube chauffé au rouge un courant d'air mélangé de quelques bulles d'hydrogène ou de gaz d'éclairage.

Le dispositif expérimental comportait une colonne desséchante de trois mètres de longueur remplie de ponce sulfurique soigneusement préparée puis d'une colonne de coton de cinquante centimètres de longueur destinée à arrêter complètement les poussières de l'air, celles provenant du desséchant ainsi que toute trace de conductibilité gazeuse.

A la suite (fig. 1) venait un flacon mélangeur contenant un peu d'acide sulfurique où plongeaient deux tubes de verre d'assez gros diamètre amenant : l'un, l'air provenant du desséchant, l'autre, le gaz à mélanger ayant subi une purification analogue à celle de l'air.

Dans ces conditions l'influence ionisante du barbotage peut être considérée comme complètement évitée, ce dont il est du reste facile de s'assurer.

La quantité de ce gaz est évaluée par le nombre de

bulles passant en une seconde (0,5 à 2 ou 5 suivant les expériences) et la constance de ce débit est contrôlée par un manomètre en dérivation du genre Tôpler.

Le mélange gazeux est ensuite dirigé dans un tube T en terre vernissée sur les deux faces, chauffé par

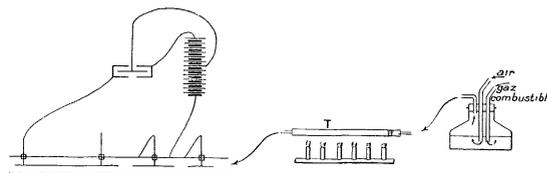


Fig. 1.

une rampe à gaz; de là le gaz traverse une certaine longueur de canalisation pour se refroidir, et entre dans un long condensateur cylindrique muni de plusieurs électrodes axiales isolées et pourvues d'anneaux de garde.

On sait que le courant électrique recueilli dans ces conditions par une seule électrode axiale, varie avec la différence de potentiel V des armatures du condensateur cylindrique, suivant une loi représentée par

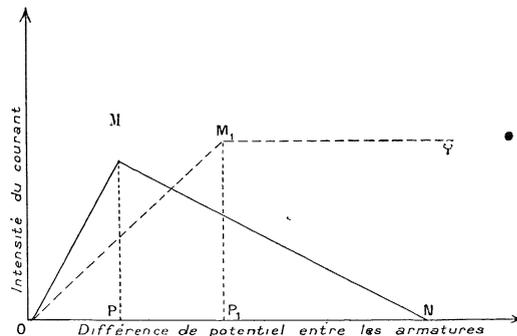


Fig. 2.

deux droites OM₁ et M₁φ, l'une inclinée, l'autre horizontale (fig. 2) l'abscisse OD du coude étant exprimée par :

$$V = \frac{U \log e \frac{b}{a}}{2 \pi k l}$$

U débit gazeux ;

b et a diamètres du tube et de l'électrode ;

k mobilité des ions ;

l longueur de l'électrode.

Si une première électrode de longueur l' précède immédiatement celle où l'on recueille les charges et reste reliée à la cage de l'électromètre, la loi de variation est alors représentée par deux droites inclinées OMN, l'abscisse du point M étant :

$$V = \frac{U \log e \frac{b}{a}}{2 \pi k (l + l')}$$

On en déduit les mobilités, et la netteté du coude permet d'apprécier le caractère plus ou moins bien déterminé de cette constante.

Dans ces conditions il a encore fallu, avant d'arriver à des résultats absolument nets, éviter une cause d'erreurs qui provient du tube chauffé. Si les parois de ce dernier ne sont pas absolument propres et sèches, ou si une éraillure du vernis leur donne une porosité qui retient l'eau davantage, ils peuvent fournir longtemps, pendant la chauffe, des traces de vapeur d'eau qui introduisent un élément de perturbation dont je parlerai plus loin.

2° **Résultats expérimentaux.** — a) *Avec l'hydrogène et le gaz d'éclairage.* — L'appareil étant mis en marche et le tube de terre bien desséché, on vérifie qu'aucune ionisation notable n'existe dans le gaz qui traverse le condensateur quand aucun gaz combustible n'est mêlé à l'air.

En mélangeant une faible quantité d'hydrogène, dans la proportion par exemple de quelques millièmes en volume, on voit apparaître une forte conductibilité sensiblement égale pour les ions des deux signes. Cette conductibilité disparaît dès que l'on supprime le courant d'hydrogène et réapparaît à volonté avec l'introduction de ce gaz. Le gaz d'éclairage se comporte d'une manière tout à fait analogue.

Il peut être intéressant de noter ici que l'eau, formée par l'hydrogène et l'air dans ces conditions, présente presque toujours nettement avec l'empois d'amidon ioduré la réaction caractéristique du bioxyde d'hydrogène¹.

En renversant la proportion des gaz et faisant passer un courant d'hydrogène mêlé de quelques bulles d'air, le même phénomène se reproduit et apparaît en même temps que la combinaison chimique.

L'intensité de l'ionisation est naturellement variable avec la composition du mélange et augmente rapidement quand on se rapproche des proportions explosives.

Toutes choses égales par ailleurs, cette intensité dépend très notablement de la façon dont la chauffe est répartie sur le tube de terre; les conditions les plus favorables, paraissent réalisées quand, en suivant le sens du courant gazeux on trouve d'abord une partie moyennement chauffée, puis une plus fortement suivie d'une région froide.

J'ai mesuré, par le procédé de Zeleny, la mobilité des centres ainsi produits, dans le but surtout de voir comment elle variait avec la proportion d'hydrogène, c'est-à-dire d'eau formée et j'ai obtenu les courbes suivantes (fig. 5) montrant que, pour de faibles te-

1. C'est un fait bien connu que la formation de l'eau oxygénée dans des réactions de ce genre. (Voir H. Moissan, chimie générale, tome I p. 226.) J'ai simplement voulu indiquer que la production de ce corps a bien lieu dans les conditions particulières de ces expériences.

neurs en hydrogène, la mobilité est de l'ordre de 0,5 millimètre et qu'elle est assez bien définie, tandis qu'à mesure qu'on augmente la proportion de gaz

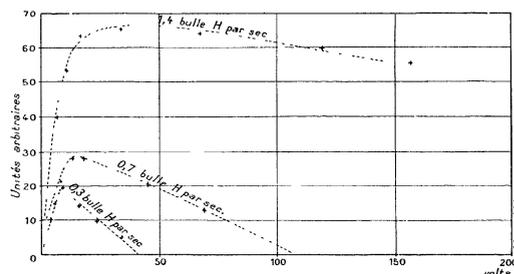


Fig. 5

combustible la mobilité diminue et devient mal déterminée. Ces courbes obtenues avec des gaz refroidis, mais peu éloignés de leur formation, donnent des mobilités tout à fait comparables à celles que fournissent dans les mêmes conditions les gaz de la flamme, ainsi que l'a reconnu M. Bloch¹ et que je l'ai vérifié moi-même.

b) *Avec l'oxyde de carbone.* — Il devenait intéressant de voir ce qui se passe quand on remplace l'hydrogène par un gaz incapable de fournir, par sa combinaison avec l'oxygène, un produit solide ou liquide, tel par exemple que l'oxyde de carbone.

L'expérience, répétée dans les mêmes conditions que précédemment, montre que, dans ce nouveau cas, aucune conductibilité ne se produit même pour d'assez fortes proportions d'oxyde de carbone, quand les parois chauffées sont bien exemptes d'humidité.

Lorsqu'au contraire on emploie de l'oxyde de carbone mêlé lui-même d'une petite quantité d'hydrogène, on voit immédiatement la conductibilité apparaître.

Il en est de même si l'air n'est pas filtré, les pou-

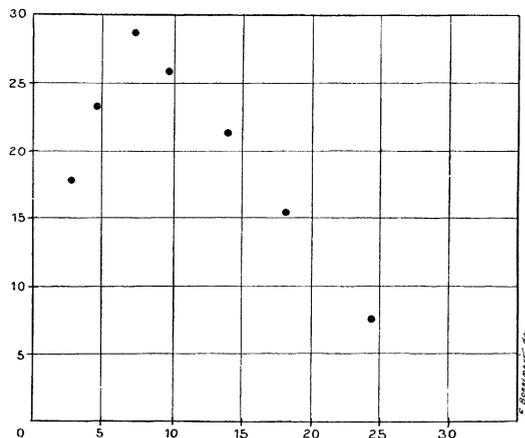


Fig. 4

sières ou leurs produits de combustion servant alors de véhicules, ou bien lorsque la paroi du tube chauffé

E. Bloch, *Journal de Physique*, 1905, p. 766.

a gardé des traces d'humidité. La mobilité des centres obtenus dans ce dernier cas est intéressante à envisager, parce qu'elle est très bien déterminée et indépendante des proportions d'oxyde de carbone; il y a, en effet, très peu de substances pouvant former de gros centres, de sorte que les petits ions sont toujours en grand excès et qu'une variation de leur nombre n'influe pas beaucoup; la courbe ci-dessus (fig. 4) a été obtenue dans ces dernières conditions. (La courbe est la même pour 0,8 et 2 bulles par seconde.)

5° Deuxième série d'expériences. — Les résultats précédents faisaient prévoir qu'une flamme d'oxyde de carbone, brûlant dans de l'air sec et bien filtré, ne donnerait pas d'ions de faible mobilité comme ceux que fournissent les flammes ordinaires dans lesquelles il y a toujours formation d'eau et souvent mise en liberté de carbone divisé.

L'expérience a été réalisée avec un tube de verre large de 2 centimètres et portant une partie élargie à 7 centimètres qui sert de chambre de combustion; ce tube est plongé dans un réfrigérant rempli d'eau

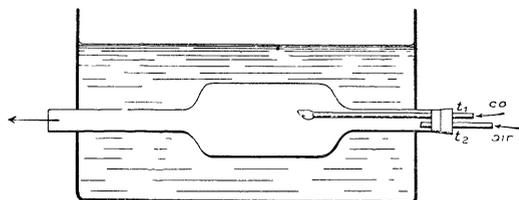


Fig. 5.

froide, à la fois pour éviter l'effet de diffusion qui favoriserait la disparition spontanée de l'ionisation et pour empêcher l'échauffement exagéré des parois, source continue de perturbations (fig. 5).

L'oxyde de carbone brûle au bout d'un tube de plomb t_1 bien nettoyé, et doit donner une flamme franchement bleue dont la variation de couleur souvent un bon moyen de reconnaître la présence d'impuretés ou de poussières.

L'air amené par le tuyau t_2 peut à volonté être pris sur une canalisation filtrante et desséchante ou bien être puisé directement dans l'atmosphère; enfin un branchement sur la canalisation d'oxyde de carbone permet de mélanger le courant de ce gaz de quelques bulles d'hydrogène.

Les gaz de combustion passent dans le condensateur cylindrique. On ne recueille pas de charges quand les parois sont bien propres et que les gaz sont desséchés ou filtrés; au contraire si l'air est puisé directement dans l'atmosphère, la présence d'une conductibilité se manifeste aussitôt avec le caractère des ions de faible mobilité; il en est de même et d'une façon beaucoup plus intense si, employant de nouveau de l'air sec et filtré, on mélange à l'oxyde de carbone quelques bulles d'hydrogène ou de gaz d'éclairage.

Pour mettre en évidence d'une façon régulière et un peu prolongée la formation de gros ions par la présence simultanée, dans le gaz, de la flamme d'oxyde de carbone qui ne fournit pas de gros centres par elle-même, et d'agglomérations matérielles neutres, on peut suspendre au voisinage de la flamme un petit panier de treillage contenant des fragments de pierre ponce humide; la conductibilité apparaît alors et d'une manière assez régulière pour se prêter à une mesure approximative de la mobilité qu'on trouve encore analogue à celle des gaz de flammes. La chauffe d'un corps poreux humide dans la région où passent les gaz récemment extraits de la flamme d'oxyde de carbone permet de reconnaître que cette flamme produit des ions à recombinaison rapide, et de constater, en chauffant un peu de ces corps en des régions

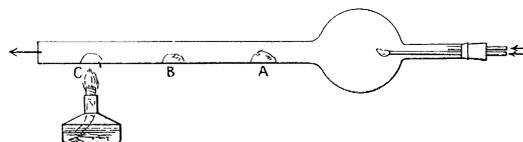


Fig. 6.

A B C d'un tube, la disparition progressive de ces ions à mesure que l'on s'éloigne de la flamme (fig. 6).

Les expériences de ce genre peuvent être variées de différentes manières, mais un cas particulièrement intéressant est fourni par la chauffe d'un corps poreux humide en présence des radiations du radium ou des rayons de Röntgen.

Un peu de ponce humide est mise dans un tube de verre large à une distance des appareils telle que l'approche du radium ne puisse exercer d'influence ni directement, ni par l'aspiration des petits ions qu'il produit, et l'on aspire à travers ce tube de l'air filtré qui passera dans le condensateur cylindrique; on chauffe à la lampe à alcool; il est facile alors de vérifier que la chauffe, en présence du radium, produit des ions de faible mobilité, tandis que la chauffe seule ne donne rien, et le radium non plus si l'on a pris les précautions nécessaires.

Les rayons de Röntgen peuvent être substitués au radium. Ces radiations jouent donc ainsi un rôle analogue à celui de la flamme d'oxyde de carbone, à la différence que celle-ci donne de gros ions avec l'air atmosphérique non filtré, tandis que le radium et les rayons de Röntgen n'en fournissent que de petits; ce que l'on peut vraisemblablement attribuer à la combustion des poussières dans la flamme d'oxyde de carbone.

Expériences de condensation. — Toutes ces expériences ont caractérisé la présence de grosses agglomérations matérielles par la faible valeur de leur mobilité. Il est une autre propriété de ces centres qui permet aussi de les mettre en évidence, c'est l'ap-

parition de l'épais brouillard qu'ils provoquent dans un milieu à peine sursaturé de vapeur d'eau. Les très

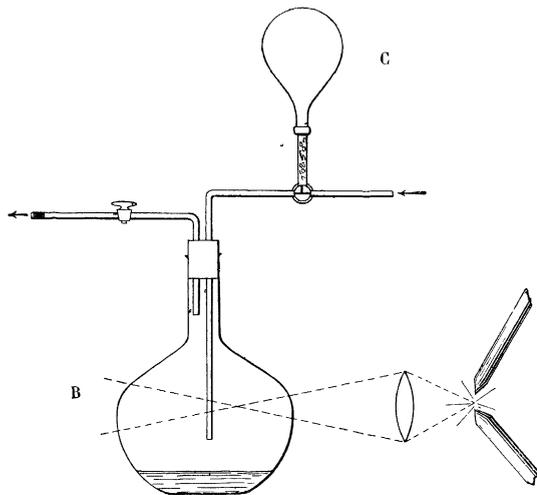


Fig. 7.

belles expériences de M. Coulter¹ ont mis ce fait hors de doute dans un travail qui remonte à une époque où

ces questions étaient loin d'être à l'ordre du jour ; c'est de son dispositif même que je me suis servi pour vérifier l'apparition de brouillard dans les conditions où la méthode électrométrique avait fourni une conductibilité attribuable à des ions de mobilité faible.

La figure 7 montre que la masse gazeuse contenue à un moment donné dans le ballon B peut être isolée et soumise à la compression de la poire C, le tuyautage permet d'amener dans le ballon, ou de l'en chasser, le gaz que l'on veut soumettre à cette épreuve. Le faisceau d'une lampe à arc rend plus sensibles les variations de transparence.

Conclusion.

En résumé, quelques expériences simples, faites avec des dispositions variées m'ont amené à reconnaître la possibilité de reproduire des gros ions en provoquant la formation d'une agglomération matérielle neutre dans un gaz renfermant des petits ions, il semble bien que la conductibilité acquise par les gaz issus des flammes ne soit pas due à un mécanisme différent.

Avril 1907.