
INFLUENCE DU MAGNÉTISME SUR LES RÉACTIONS CHIMIQUES;

PAR M. COLARDEAU.

Dans une Note précédente ⁽¹⁾, nous avons indiqué les particularités curieuses que l'on observe quand on cherche à réaliser le spectre magnétique sur une lame mince de fer ou de nickel, avec une poudre ne présentant qu'à un degré moyen les propriétés magnétiques.

Ces expériences avaient été entreprises à propos de certains phénomènes observés par M. I. Rensen dans des recherches effectuées par lui, dans ces dernières années, relativement à l'intervention du magnétisme dans les réactions chimiques ⁽²⁾.

Résumons d'abord, en quelques mots, les résultats les plus intéressants de ces recherches.

Ce physicien a constaté qu'en plaçant sur les deux pôles d'un électro-aimant une lame de tôle et en y versant une solution de

⁽¹⁾ *Journal de Physique*, p. 83 de ce Volume.

⁽²⁾ *La Lumière électrique*, t. IV, p. 126, et t. X, p. 468.

sulfate de cuivre, le dépôt de cuivre métallique sur le fer, au lieu de s'effectuer uniformément, est plus mince aux endroits où l'action magnétique est plus énergique, en particulier sur les arêtes des pièces polaires.

Ceci avait été expliqué d'une façon assez satisfaisante par cette remarque qu'aux points où l'attraction magnétique se fait vivement sentir, les particules de fer retenues par cette attraction doivent se dissoudre moins activement et, par suite, le dépôt de cuivre correspondant doit lui-même être ralenti.

La même expérience avait montré que, si la lame de tôle avec laquelle on opère possède une épaisseur très faible ($\frac{1}{10}$ de millimètre par exemple), on observe un autre effet. Dans tout l'espace qui sépare, à la surface de la plaque, les deux pôles de l'aimant ou qui s'étend autour d'eux, le dépôt de cuivre prend un aspect tout particulier. C'est un réseau constitué par des sortes de chaînettes formées par un dépôt de cuivre mat et séparées par des espaces où le dépôt affecte l'éclat métallique. Ces dernières parties sont en creux comme sur les arêtes des pièces polaires où l'on observe d'ailleurs le même éclat métallique. De plus, le dessin de ce dépôt affecte pour l'œil l'aspect général d'un spectre magnétique formé selon le procédé ordinaire, par la limaille de fer, mais dont les lignes constituantes, au lieu d'être dirigées suivant les lignes de force du champ, leur seraient précisément orthogonales. La *fig. 1* de la Note précédente (p. 85) donne une idée assez nette de l'aspect obtenu avec deux pièces polaires rectangulaires A et B, séparées par un intervalle de 1^{cm} environ.

Cet aspect complexe se reproduit, ainsi que nous nous en sommes assuré, avec les différents sels de cuivre réductibles par le fer, ainsi qu'avec d'autres sels métalliques également réductibles par le fer.

C'est en cherchant à étudier, à propos de ce réseau orthogonal aux lignes de force, la distribution du magnétisme dans la lame de fer que nous avons été amené à constater la particularité signalée plus haut avec les poudres peu magnétiques.

A priori, la production de courants électriques par l'action chimique du sel de cuivre sur le fer offrait une voie dans laquelle on pouvait s'engager pour chercher une interprétation de cette allure du dépôt. En effet, la réduction du sel de cuivre par le fer,

rentrant dans la catégorie des phénomènes électrochimiques, est due à des courants électriques provenant de couples locaux. Les courants infiniment petits de ces couples se fermant dans le liquide doivent être dirigés par l'action électromagnétique due à l'aimant : il en est donc de même du dépôt de cuivre, le métal étant entraîné au sein du liquide dans le sens du courant. On voit donc que, d'après cela, le dépôt de cuivre doit suivre les lignes dites *lignes de courant*, qui sont normales aux lignes de force magnétiques. C'est là précisément le résultat donné par l'expérience.

Malgré sa simplicité apparente, cette explication n'est pas suffisante. En effet, appliquons exactement sur la lame de fer une lame de zinc très mince et versons sur celle-ci une solution d'un sel de cuivre réductible par le zinc (¹). Nous aurons les mêmes couples locaux, influencés par la même action électromagnétique de l'aimant et agissant très sensiblement à la même distance. Par suite, on devrait avoir la même orientation des courants particuliers et un aspect analogue du dépôt de cuivre. Or l'expérience montre qu'il n'en est rien, et que le dépôt de métal présente une homogénéité et une uniformité parfaites entre les deux pôles. Il faut donc chercher l'explication ailleurs.

La figure offerte par le dépôt de cuivre du sulfate offre une analogie frappante avec le spectre orthogonal obtenu au moyen de la poudre peu magnétique, à tel point que le dessin les reproduirait d'une façon à peu près identique, sous l'aspect de la *fig. 1* déjà citée (p. 85). Cette similitude même donne la probabilité d'une relation intime entre les causes immédiates des deux phénomènes. C'est ce qui nous a engagé à nous rendre compte du fait observé, par les considérations suivantes :

Au cours de l'action chimique exercée par le sulfate de cuivre sur le fer, un certain nombre de molécules de cuivre sont remplacées par des molécules de fer ainsi transformées en sulfate. Il se

(¹) Rien n'empêche d'employer encore le sulfate de cuivre, mais l'action réductrice du zinc sur ce sel étant plus énergique et plus rapide que celle du fer, on a un dépôt d'un aspect granuleux désagréable et mal défini. Il est préférable d'employer l'acétate de cuivre ou le sous-chlorure ammoniacal qui donne une réduction métallique d'un bel aspect

forme donc, dans la masse générale du liquide, une certaine quantité de particules constituées par une solution de sulfate de fer, *substance présentant précisément, à un degré moyen*, les propriétés magnétiques. Admettons, pour un instant, que ces particules s'orientent dans l'excès de la solution de sulfate de cuivre, en filets longitudinaux, comme la poudre de sesquioxyde. Ces filets de sulfate de fer protégeront alors, contre l'action chimique ultérieure, les points de la plaque qu'ils recouvrent immédiatement, tandis que cette action pourra se continuer dans les intervalles qu'ils laissent entre eux, et qui sont occupés par la solution de sulfate de cuivre en excès. De là l'aspect strié du dépôt de cuivre.

Toutefois, pour que cette manière de voir puisse avoir quelque valeur, il est essentiel de lui faire perdre le caractère hypothétique qu'elle conserve encore à propos de la formation réelle de ces filets liquides de sel de fer, et de mettre leur existence en évidence.

I. Remarquons, en premier lieu, que, pour que ces filets se forment, il est indispensable que le liquide soit laissé parfaitement tranquille à la surface de la plaque pendant l'opération. Or, si l'on promène une baguette de verre parallèlement à cette plaque pour agiter le liquide ou si l'on donne un balancement accentué à l'électro-aimant pendant l'opération, l'effet change complètement et le dépôt de cuivre ne présente plus aucune trace de son apparence primitive. Il est parfaitement uni et homogène entre les deux pôles. La trace même du contour des pièces polaires disparaît presque complètement.

C'est donc bien dans un état d'arrangement particulier du liquide tranquille à la surface de la plaque qu'il faut chercher la cause immédiate de l'effet observé.

II. Remarquons, en second lieu, que le sulfate de cuivre, en devenant sulfate de fer, doit changer de couleur et devrait laisser *voir* directement, à un œil sensible, ces filets liquides s'ils existent. Malheureusement, les colorations des sulfates de fer et de cuivre étant peu accentuées toutes deux, sous des épaisseurs faibles, ne peuvent trancher suffisamment l'une sur l'autre pour

que l'effet se réalise d'une façon appréciable. Mais, en partant de cette remarque, il était naturel de chercher à réaliser l'expérience avec des sels pouvant offrir des changements de coloration très tranchés. Or ceci se réalise parfaitement avec une solution alcoolique saturée de bichlorure de cuivre, qui présente une coloration verte très foncée et qui devient jaune intense en se transformant en chlorure de fer.

En étendant une couche de cette solution alcoolique verte sur la lame de fer et en l'y laissant au repos, on voit se former quelques points de couleur jaune qui s'allongent et se développent dans des directions précisément normales aux lignes de force. Il s'ensuit donc que le caractère spécial du dépôt de cuivre observé dans les expériences de M. Remsen doit bien avoir son origine dans les actions spéciales qui apparaissent avec les corps peu magnétiques, actions que nous avons développées précédemment.

On s'explique alors maintenant de la façon la plus nette que toutes ces particularités disparaissent si l'on applique une lame de zinc sur celle de fer. En effet, dans l'échange électrochimique des métaux, ce n'est plus alors un *sel de fer*, mais bien un *sel de zinc* qui remplace le sel de cuivre. Or, ce sel de zinc n'étant pas magnétique comme celui du fer, ne peut plus subir les orientations dont il vient d'être question.

Dans l'expérience relative à l'action du chlorure de cuivre alcoolique déposé sur le fer, on observe aussi, aux arêtes des pièces polaires, une accumulation considérable du même chlorure jaune de fer, qui tranche sur le reste de la masse et qui protège ces régions contre la continuation de l'action chimique.

De là découle alors cette dernière conséquence : Si les arêtes des pièces polaires présentent un dépôt moins épais que le reste de la plaque, cela ne doit pas tenir seulement à ce que le fer qui s'y trouve retenu par l'attraction magnétique s'y dissout moins vite qu'ailleurs; cela doit tenir aussi en grande partie à ce que le sel de fer formé s'y accumulant, par la seule raison qu'il subit, lui aussi, l'attraction magnétique, forme une couche inactive qui agit comme un vernis protecteur.
