

A propos du sens conventionnel de circulation du courant électrique dans un circuit.

Beaucoup de nos élèves sont convaincus qu'Ampère s'est trompé car, dans un conducteur, les électrons se déplacent dans le sens contraire du sens conventionnel du courant électrique, les causes de la circulation du courant électrique dans un électrolyte étant souvent ignorées. Certains trouvent des circonstances atténuantes au savant: Ampère ne connaissait pas l'existence des électrons !

Laisser cette idée erronée dans l'esprit de nos élèves apparaît regrettable tant pour la conception erronée elle-même que pour la méconnaissance du talent du savant et de la rigueur de ses travaux.

Il ne s'agit nullement dans ce développement de faire une présentation complète de l'évolution des idées qui, du début du XVIII^{ème} siècle à 1820 explique le choix d'Ampère, ni de présenter en détail la poursuite des recherches jusqu'à la découverte de l'électron.

L'objectif de cette présentation est de donner quelques éléments afin d'aider à clarifier la conception des élèves sur le sujet. Cette présentation pourra aussi apporter une aide au professeur de collègue : le nouveau programme de troisième propose de faire une recherche documentaire sur la définition historique du sens de circulation du courant électrique dans un circuit.

Le document présente brièvement les travaux de quelques savants avec des liens vers des sources primaires. Les nombreuses controverses sur le sujet durant la période retenue ne sont pas développées, pas plus que la prudence de plusieurs savants vis-à-vis des modèles proposés.

Pour un exposé plus détaillé, on pourra se reporter à un article du BUP N° 760 Janvier 1994 disponible à partir de :

<http://www.ampere.cnrs.fr/parcourspedagogique/agora/spip.php?article18> et consulter les sources primaires citées au cours du développement.

La plupart des sources primaires citées se trouvent sur : <http://www.ampere.cnrs.fr/>

Charles Dufay :

Charles François de Cisternay du Fay (ou Dufay), né à Paris le 14 septembre 1698 est décédé à Paris le 16 juillet 1739. C'est un savant français qui, en électrostatique, distingue deux sortes d'électricité.

Dans son quatrième mémoire sur l'électricité (1733) il relate les résultats de ses recherches. **Il n'existe pas une mais deux espèces d'électricités, que Dufay nomme respectivement vitreuse et résineuse.** Ce que Dufay appelle la « *vertu électrique* » peut être porté à distance. Comme il y a deux sortes d'électricité, il envisage leur transmission comme le déplacement de deux fluides.

Extraits du *Quatrième mémoire sur l'électricité*, 1733.

« Je crois avoir découvert quelques principes très simples qu'on n'avait point encore soupçonnés ... je ne connais jusqu'à présent aucune expérience qui ne s'y accorde très naturellement ».

« Voilà donc constamment deux électricités d'une nature toute différente, à savoir, celle des corps transparents et solides, comme le verre, le cristal, etc... et celle des corps bitumineux ou résineux, comme l'ambre, la gomme copal, la cire d'Espagne, etc... Les uns et les autres repoussent les corps qui ont contracté une électricité de même nature que la leur, et ils attirent au contraire, ceux dont l'électricité est d'une nature différente de la leur. On vient de voir même que les corps qui ne sont pas actuellement électriques, peuvent acquérir chacune de ces électricités, et qu'alors leurs effets sont pareils à ceux des corps qui la leur ont communiquée ».

« Voilà donc deux électricités bien démontrées, et je ne puis me dispenser de leur donner des noms différents pour éviter la confusion des termes, ou l'embarras de définir à chaque instant celle dont je voudrai parler ; j'appellerai donc l'une l'électricité vitrée, et l'autre l'électricité résineuse, non que je pense qu'il n'y a que les corps de la nature du verre qui soient doués de l'une, et les matières résineuses de l'autre, car j'ai déjà de fortes preuves du contraire, mais c'est parce que le verre et la copal sont les deux matières qui m'ont donné lieu de découvrir ces deux différentes électricités ».

Son disciple l'Abbé Nollet est le premier à rejeter cette théorie : « Il n'y a dans la nature qu'une seule et même électricité. »

Benjamin Franklin :

De nationalité américaine, Benjamin Franklin, né à Boston le 17 janvier 1706, décède à Philadelphie le 17 avril 1790. Il est écrivain, physicien et diplomate, entre autres.

Le savant considère **l'électricité comme un fluide qui imprègne tous les corps**. Le frottement a pour effet de la faire passer d'un corps dans l'autre. Il ignore l'interprétation de Dufay. **Le fluide électrique est pour lui unique. Un corps chargé positivement en porte une quantité supplémentaire, un corps chargé négativement en a perdu.** « Plus » et « moins » ont un sens réel de perte et de gain.

Après la découverte du paratonnerre, Franklin analyse l'électricité portée par les nuages. Les différentes opinions de Franklin sur la formation du tonnerre figurent dans le supplément de l'Encyclopédie Diderot à l'article « foudre » disponible à partir de :

http://www.ampere.cnrs.fr/ice/ice_page_detail.php?lang=fr&type=text&bdd=ampere&table=ampere_text&bookId=57&typeofbookDes=Encyclopedie&pageOrder=3&facsimile=off&search=no

« Dans la suite des observations qu'il fit à ce sujet, il les (les nuages) trouva plus souvent électrisés négativement que positivement ; en sorte, dit-il, que dans les coups de foudre, c'est la terre qui frappe les nuages, et non les nuages qui frappent la terre..... Ce nuage s'approchant assez de la terre pour être à portée d'être frappé recevra de la terre un coup de fluide électrique, qui pour fournir à une grande étendue de nuages, doit quelquefois contenir une très grande quantité de ce fluide »

Cette idée de « la terre qui frappe les nuages » est contraire au sens commun, le doute s'installe chez Franklin.

Il est fait référence à des travaux de Franklin, à la controverse de l'Abbé Nollet. ...sur

http://www.academie-sciences.fr/membres/in_memoriam/Franklin/Franklin_oeuvre.htm

avec de nombreuses sources primaires qui nécessitent un travail approfondi pour en étudier toute la richesse.

L'Écossais Robert Symmer (1707-1763) pense qu'il y a deux fluides électriques différents, il conserve les termes « positive » et « négative » pour désigner ces électricités. Il conserve la convention arbitraire de Franklin et appelle positive l'électricité qui apparaît en excès sur le verre frotté et négative celle qui s'accumule sur le soufre.

Ses travaux sont disponibles en langue anglaise : <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/cb37571969b/date> 1760 (VOL51). XXXVI. *New Experiments and Observations concerning Electricity*; by Robert Symmer, pages 340 et suivantes.

Bergman, en 1765, structure la théorie de Symmer: **dans tout corps en équilibre existe un fluide neutre composé de quantités égales de fluide négatif et de fluide positif. Ceux-ci peuvent être séparés lors du frottement ou à l'occasion d'un phénomène d'influence.**

Au début du XIX^{ème} siècle cohabitent donc deux modèles: celui du fluide unique plutôt enseigné en Angleterre et celui des deux fluides surtout utilisé en Europe occidentale.

Le choix entre ces deux modèles ne s'impose pas tant qu'on étudie l'électricité statique. Dès la construction de la première pile électrique par Volta, vers 1800, l'étude des courants électriques et de leurs effets prend le pas sur celle des phénomènes statiques.

Hans Christian Oersted :

Hans Christian Ørsted, physicien et chimiste danois, né en le 14 août 1777 à Rudkøbing décède le 9 mars 1851 à Copenhague. Professeur de physique à l'Université de Copenhague, alors qu'il montre l'effet calorifique de la pile Volta, il observe, en 1819, le mouvement d'une aiguille aimantée placée à proximité. Le sens du mouvement dépend de l'ordre dans lequel les pôles ont été reliés au conducteur. Il est adepte d'une théorie des deux fluides distincts.

Extrait de [OERSTED, Hans Christian. Expériences sur l'effet du conflit électrique sur l'aiguille aimantée. Annales de chimie et de physique, 1820, vol. 14, p. 417-425](#)

« Tous les effets exposés tout à l'heure relativement au pôle nord de l'aiguille s'expliqueront aisément en supposant que la force, ou la matière négativement électrique, parcourt une spirale fléchie de gauche à droite ; qu'elle pousse le pôle nord, et qu'elle n'agit pas sur le pôle sud. De même, on expliquera les effets sur ce dernier, en accordant à cette force ou à cette matière électriquement négative un mouvement dans une direction contraire, et la faculté d'agir sur le pôle sud, et non sur le pôle nord. On comprendra mieux l'accord de cette loi avec les effets observés, en répétant les expériences qu'en cherchant à développer plus longuement l'explication. On l'aurait rendue plus claire si on avait pu s'aider de figures pour désigner les directions des forces électriques autour du fil conducteur » .

André-Marie Ampère :

André-Marie Ampère, mathématicien et physicien français, né à Lyon le 20 janvier 1775, décède à Marseille le 10 juin 1836.

Dès qu'il a connaissance des travaux d'Oersted, Ampère multiplie les expériences et les recherches. Il est le premier à distinguer les phénomènes électrostatiques des phénomènes électrodynamiques, c'est-à-dire des «phénomènes de courant» (Ampère crée l'expression même de «courant électrique»). En effet, seul un courant peut provoquer la décomposition chimique des substances ou l'action sur une aiguille aimantée. **Ampère reprend la théorie des deux fluides et l'adapte au courant électrique**, il rejette les termes d'électricité vitrée et résineuse et leur préfère ceux de **positive et négative à condition que ces termes ne conservent que le sens de convention**. Lorsqu'on relie un circuit à une pile, deux courants inverses s'établissent. **Le courant d'électricité positive part de la borne positive de la pile et celui d'électricité négative part de la borne négative.**

Ampère propose alors une convention commode : lorsqu'il parle de sens du courant, il désigne le sens du fluide positif. Les deux fluides se croisent donc sans se neutraliser. Il ne propose aucune explication sur la nature de ces fluides, ni sur ce qui leur advient lorsqu'ils se rencontrent

Extrait du [Mémoire sur les effets des courants électriques](#), 1820.

§ I. De l'Action mutuelle de deux courants électriques.

« il en résulte un double courant l'un d'électricité positive, l'autre d'électricité négative, partant en sens opposés des points où l'action électromotrice a lieu, et allant se réunir dans la partie du circuit opposée à ces points... Les courants cessent toujours à l'instant où le circuit vient à être interrompu. C'est cet état de l'électricité dans une série de corps électromoteurs et conducteurs, que je nommerai, pour abrégé, courant électrique ; et comme j'aurai sans cesse à parler des deux sens opposés suivant lesquels se meuvent les deux électricités, je sous-entendrai toutes les fois qu'il en sera question, pour éviter une répétition fastidieuse, après les mots sens du courant électrique, ceux-ci : de l'électricité positive

Cette convention permet aux partisans du fluide unique et à ceux du double fluide de disposer du même vocabulaire mais il recouvre des interprétions différentes.

Joseph John Thomson :

J. J. Thomson, physicien anglais, né le 18 décembre 1856, décède le 30 août 1940. En étudiant le rayonnement cathodique, il découvre le «*corpuscule d'électricité*» qu'on appellera plus tard «*électron*» : les rayons cathodiques sont constitués de «*grains*» d'électricité négative.

«*Ces résultats nous conduisent à une conception sur l'électricité qui a une ressemblance frappante avec la "théorie unitaire de Franklin"*».

«*Au lieu de considérer, comme le faisait cet auteur, le fluide électrique comme étant de l'électricité positive, nous le considérons comme de l'électricité négative... Un corps chargé positivement est un corps qui a perdu une partie de ses corpuscules*»

J.-J. Thomson : «*Électricité et Matière*» - Paris - Gauthier Villars - 1922, p.73.

En 1902, l'Allemand Paul Drude propose, pour interpréter la conduction dans les métaux, le modèle dit aujourd'hui classique (électrons ponctuels mobiles dans un réseau de cations fixes). Les électrons se déplacent dans le sens inverse du sens conventionnel du courant électrique.

Après ces éléments concernant le sens du courant dans un conducteur métallique, on peut se pencher brièvement sur le sens du courant dans les électrolytes.

Michael Faraday :

Michael Faraday, chimiste anglais, né en 1791, décède en 1867.

Dans "*Experimental researches in electricity*" de Faraday (1849) pages 195 à 199, le savant définit les termes cathode, anode, anions et cations mais précise dans le paragraphe 667 que, lorsqu'il parle de courant, il conserve les conventions qui ont l'accord tacite de la communauté scientifique, à savoir le courant circulant des points positifs aux points négatifs.

Svante August Arrhenius :

Svante August Arrhenius, chimiste suédois (1859 – 1927), reçoit le prix Nobel de chimie en 1903. Une partie de ses travaux est présentée dans *Les atomes de Jean Perrin*, publié en 1913 pages 80 et suivantes (Ce livre a été réédité de nombreuses fois. Dernière réédition : Champs Flammarion - janvier 1991).

Jean Perrin présente les hypothèses formulées par Arrhenius en 1887 (les termes « atomes » et molécules » n'ont pas le sens que nous leur connaissons maintenant) : « *Cette conductibilité (du chlorure de sodium) s'explique si les atomes Na et Cl que donne par dissociation une molécule de sel sont chargés d'électricités contraires..... Plus généralement, toute molécule d'un électrolyte peut de même se dissocier en atomes (ou groupes d'atomes) chargés électriquement, que l'on appelle des ions ; On admet que tous les ions d'une même sorte, tous les ions Na par exemple d'une solution de NaCl, portent exactement la même charge (forcément égale à celle que porte l'un des ions Cl de l'autre signe, sans quoi l'eau salée ne serait pas dans son ensemble électriquement neutre, comme elle l'est)..... Placés dans un champ électrique (comme il arrivera si l'on plonge dans l'eau salée une électrode positive et une électrode négative) les ions positifs seront attirés vers l'électrode négative ou **cathode**, les ions négatifs chemineront de même vers l'électrode positive ou **anode**. Un double courant de matière en deux sens opposés accompagnera donc le passage de l'électricité »*

Si on ajoute à ces éléments, que, dans un semi-conducteur, le courant total est la somme d'un courant électronique et d'un courant de trous positifs (de sens contraires), affirmer ou laisser croire qu'Ampère « s'est trompé » est pour le moins incorrect.

Certes, il reste le choix initial : le verre frotté ne se charge pas d'électricité, il en perd ! On peut regretter que Franklin n'ait pas d'abord frotté du soufre, il lui aurait pour cette raison attribué une charge « plus » ce qui aurait parfois simplifié la suite des recherches, courant dans un métal et électrons iraient dans le même sens.

On ne peut cependant relire les choix passés à la lumière de nos connaissances actuelles. Cet anachronisme masquerait le fait qu'au moment où ce choix est fait, il n'y a pas de preuve d'une vérité contraire, et qu'elle respecte les connaissances de l'époque. De plus, ce choix relève d'une convention qui n'altère pas les lois de l'électricité, comme le reconnaît Ampère. Le sens conventionnel du courant est le sens des porteurs de charges positives.