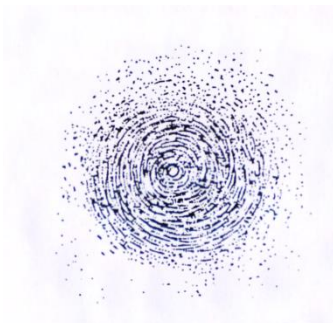


Oersted ou la théorie matérialisée.

Après notre visite du Muséum d'histoire naturelle, restons à Paris, sur la rive gauche de la Seine, et rendons-nous sur la montagne Sainte-Geneviève. Juste à côté des bâtiments de l'ENS, se trouvent les locaux de l'ESPCI (Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles), qui ont abrité notamment certaines découvertes de Pierre et Marie Curie. Sur la façade de la rue Rataud, on peut voir des mosaïques¹ représentant, dans le style « Art Déco », quelques grandes découvertes de physique et de chimie. En voici une :



Cette mosaïque célèbre la découverte, en 1819 ou 1820, de l'électromagnétisme par le Danois Hans Christian Oersted. Le phénomène est simple : si, à l'aide d'une pile (Volta invente les premières piles à la toute fin du XVIIIe siècle), on fait passer du courant dans un fil électrique, et qu'on dispose une aiguille aimantée au-dessus du fil, parallèlement à lui, on observe une *déflexion* de l'aiguille : elle ne reste pas parallèle au fil, mais dévie vers la gauche ou vers la droite. Quand on inverse le sens du courant, le sens de la déflexion de l'aiguille s'inverse aussi. Il s'inverse également lorsque, sans changer le courant, on dispose l'aiguille *sous* le fil (comme on voit sur la mosaïque), et non au-dessus de lui. C'est un phénomène étrange car, contrairement aux attractions et aux répulsions habituelles, la force exercée par le fil est *tangentielle* : il faut imaginer des « lignes de force » circulaires autour du fil, l'aiguille aimantée s'orientant toujours dans la direction de la tangente à ces cercles². Sur le schéma ces lignes de force sont matérialisées par de la limaille de fer :



¹ Réalisées par les céramistes Gentil et Bourdet, pour orner cette façade qui correspond à la partie la plus récente des bâtiments de l'ESPCI.

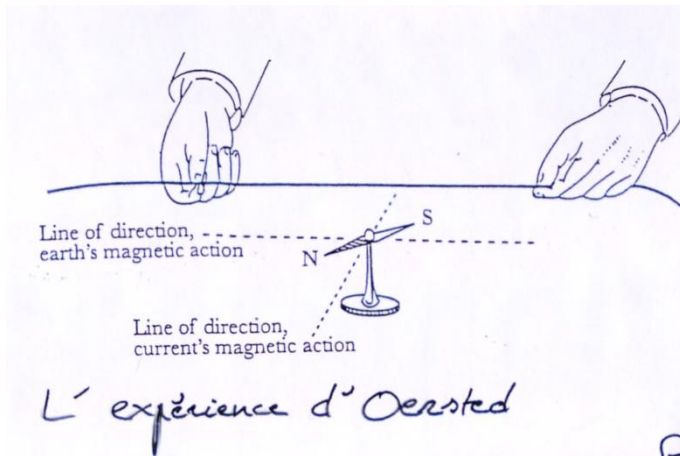
² Si vous avez suivi l'explication, vous devez aussi comprendre pourquoi, selon cette hypothèse, l'aiguille doit s'orienter dans des sens opposés selon qu'elle est disposée au-dessus ou au-dessous du fil.

La découverte eut un très grand retentissement en 1820 : on ne s'attendait pas à ce qu'un courant puisse agir ainsi à distance sur un aimant. Les phénomènes magnétiques et électriques avaient bien certaines analogies, par exemple les forces d'*attraction* et de *répulsion* qu'ils mettent en œuvre, et la *polarité* de ces forces, mais ils présentaient aussi des différences notables qui interdisaient d'assimiler les uns aux autres (un corps électrisé peut être chargé d'un seul type d'électricité, positive ou négative, tandis qu'un aimant présente toujours des polarités opposées à ses extrémités ; même si on le coupe en deux, chaque moitié prendra des polarités opposées à ses extrémités). Plus précisément, ce sont les savants français, alors dominants sur la scène européenne, qui ne s'y attendaient pas. La situation était différente en Allemagne, où un courant de pensée appelé *Naturphilosophie*, inspiré notamment par la philosophie de Schelling, postulait l'unité fondamentale de toutes les forces de la nature. Selon les tenants de cette philosophie, il devait être possible de mettre en évidence des liens entre ces forces, notamment entre l'électricité et le magnétisme, et c'est dans cette vue qu'Oersted avait entrepris ses expériences. La philosophie de Schelling étant très ésotérique, les élucubrations des *Naturphilosophen* étaient souvent regardées avec condescendance par les savants français : Cuvier parle « d'une philosophie qui substitue les métaphores aux raisonnements » (*Discours sur les révolutions de la surface du globe*), et leurs systèmes sont un bon exemple de ce qu'Auguste Comte appelle le stade « métaphysique », par opposition au stade « positif », seul vraiment scientifique. Pourtant, il semble qu'ici les idées « métaphysiques » et, concédons-le, peut-être un peu fumeuses, d'Oersted lui ont permis néanmoins de faire une découverte capitale dans l'histoire de la science. En tout cas, on ne peut attribuer sa découverte au seul *hasard*. C'est d'ailleurs justement à propos de cette expérience que Pasteur a prononcé la fameuse phrase, si souvent reprise depuis : « dans les champs de l'observation, le hasard ne favorise que les esprits préparés » (discours prononcé à Douai le 7 décembre 1854).

Pasteur lui-même, d'ailleurs, ne faisait que reprendre les propos d'Auguste Comte qui, déjà à propos d'Oersted, dit exactement la même chose dans la 34^e leçon du *Cours de philosophie positive* : « Malgré l'éminent mérite d'une telle découverte, des esprits superficiels ont souvent tenté de la représenter comme essentiellement due au hasard, qui, néanmoins, en thèse générale, n'a jamais pu conduire, sous aucun rapport, à une création de quelque importance, même dans les cas les plus simples. Ces étranges philosophes auraient bien dû nous expliquer pourquoi, avant M. Oersted, personne n'avait encore aperçu cette action mutuelle, quoique le hasard eût, sans doute, placé très fréquemment, sous les yeux des physiciens, une aiguille aimantée près d'une pile galvanique. Il est clair, en principe, que ce ne sont pas ordinairement les phénomènes qui manquent à nos découvertes, mais surtout les observateurs capables et convenablement disposés, prêts à démêler, dans la foule des circonstances qui affectent nos sens à chaque instant, les faits susceptibles d'une véritable signification scientifique. » Néanmoins Auguste Comte n'est pas convaincu du tout que les idées « métaphysiques » de la *Naturphilosophie* aient joué un rôle positif : l'idée que « cette grande découverte devrait uniquement son origine à des idées *a priori* sur l'identité nécessaire du magnétisme et de l'électricité, rattachée aux vaines hypothèses dont la nature intime de ces deux ordres de phénomènes a été le sujet » lui semble « plus rationnelle » que celle qui attribue la découverte au hasard, mais « vicieusement systématique ». Quant à lui, il pense qu'Oersted a plutôt été guidé par une réflexion sur des faits déjà connus, comme par exemple le dérèglement des boussoles observé dans certains bateaux frappés par la foudre. « On peut, ce me semble, plus judicieusement demander si, à cet égard comme à tant d'autres, les systèmes illusoire n'ont pas, en réalité, contribué davantage à retarder cette importante découverte qu'à l'accélérer... »

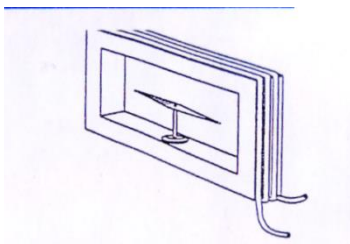
Quelles étaient donc les circonstances accessoires qu'Oersted a eu le mérite de « démêler » dans son observation du phénomène ? La principale sans doute est l'action du magnétisme terrestre,

qui agit sur l'aiguille en même temps que le courant. En résultat, la déviation de l'aiguille n'est pas *perpendiculaire* au fil électrique, mais *oblique*, comme on le voit sur le schéma ci-dessous :



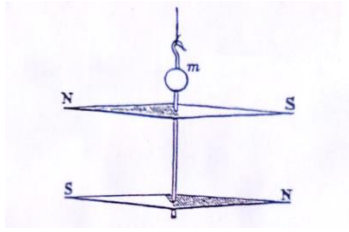
Sur ce schéma, on suppose qu'au début de l'expérience le fil et l'aiguille placés en dessous sont tous les deux disposés dans la direction du méridien magnétique (en gros la direction Sud – Nord, de droite à gauche sur l'image). Quand on fait passer du courant dans le fil, l'aiguille dévie vers l'ouest, mais elle ne prend pas une position perpendiculaire au fil parce que le pôle magnétique de la Terre continue à l'attirer dans la direction du nord. Oersted n'en a pas moins compris que l'action magnétique due au courant devait être, prise isolément, perpendiculaire au sens du courant : il a su *faire abstraction* du magnétisme terrestre, abstraction judicieuse qui constitue tout l'art de l'expérimentateur.

Le phénomène découvert par Oersted a fourni un moyen très simple de détecter, et même de mesurer, le courant électrique qui passe dans un circuit : il suffit de faire passer le fil de ce circuit autour d'une aiguille aimantée pour voir si l'aiguille dévie, dans quel sens et de combien. C'est ce qu'on appelle le *galvanomètre*, instrument de mesure essentiel pour tous les physiciens qui ont fait par la suite des recherches sur l'électricité. Faraday, par exemple, s'en sert constamment dans ses *Recherches sur l'électricité* (réalisées dans les années 1830).



Sur ce dessin on voit que le fil est enroulé plusieurs fois autour de l'aiguille, afin de rendre l'effet plus sensible.

Pour que la mesure ne soit pas perturbée par le magnétisme terrestre, on a rapidement mis au point un *galvanomètre astatique*, composé de deux aiguilles aimantées dans des sens différents et reliées entre elles, de sorte que l'action de la terre sur l'une est neutralisée par son action sur l'autre : si l'on fait passer le courant entre les deux aiguilles, la déviation de l'une induite par le courant ne neutralisera pas celle de l'autre, mais au contraire les deux forces s'ajouteront (voir le schéma suivant).



Toute cette histoire de l'invention du galvanomètre à partir de l'expérience d'Oersted illustre à merveille une des idées les plus frappantes de l'épistémologue Gaston Bachelard : « les instruments ne sont que des théories matérialisées » (*Le Nouvel Esprit Scientifique*). En l'occurrence, nous pouvons dire que le « galvanomètre », instrument de mesure du courant électrique, est la théorie de l'électromagnétisme matérialisée. Il est impossible de comprendre comment fonctionne un tel instrument si l'on n'a pas d'abord réfléchi au phénomène mis en évidence par Oersted. Voilà un exemple simple de cet enchaînement des vérités souligné par Descartes dans le *Discours de la méthode* : « chaque vérité que je trouvais étant une règle qui me servait après à en trouver d'autres ». Nous avons déjà rencontré une autre illustration de l'idée de Bachelard avec la théorie du pendule. Cet instrument de mesure du temps est la théorie de la chute des corps matérialisée ; et plus que cela encore, puisque la construction d'un pendule exact exige, comme l'a montré Huygens, des connaissances mathématiques très poussées (« un des plus admirables exemples de cette relation intime et nécessaire qui fait dépendre les questions pratiques les plus simples en apparence des plus éminentes recherches scientifiques », dit Comte dans sa 20^e leçon).

Quant à Bachelard, il veut surtout insister sur l'idée qu'il n'y a pas de faits bruts en science, mais que tout fait scientifique valable est déjà, en un sens, construit : l'observation scientifique, dit-il dans le même passage, « transcende l'immédiat ; elle reconstruit le réel après avoir reconstitué ses schémas. » Il n'y a pas d'observation sans théorie.

Les expériences de Marie Curie menées dans les vieux bâtiments de l'ESPCI, qui allaient la mener à la découverte du polonium puis du radium, nous en fourniraient sans doute une confirmation, mais ceci est une autre histoire.