

Portes ouvertes ENS de Cachan du 24 mars 2011

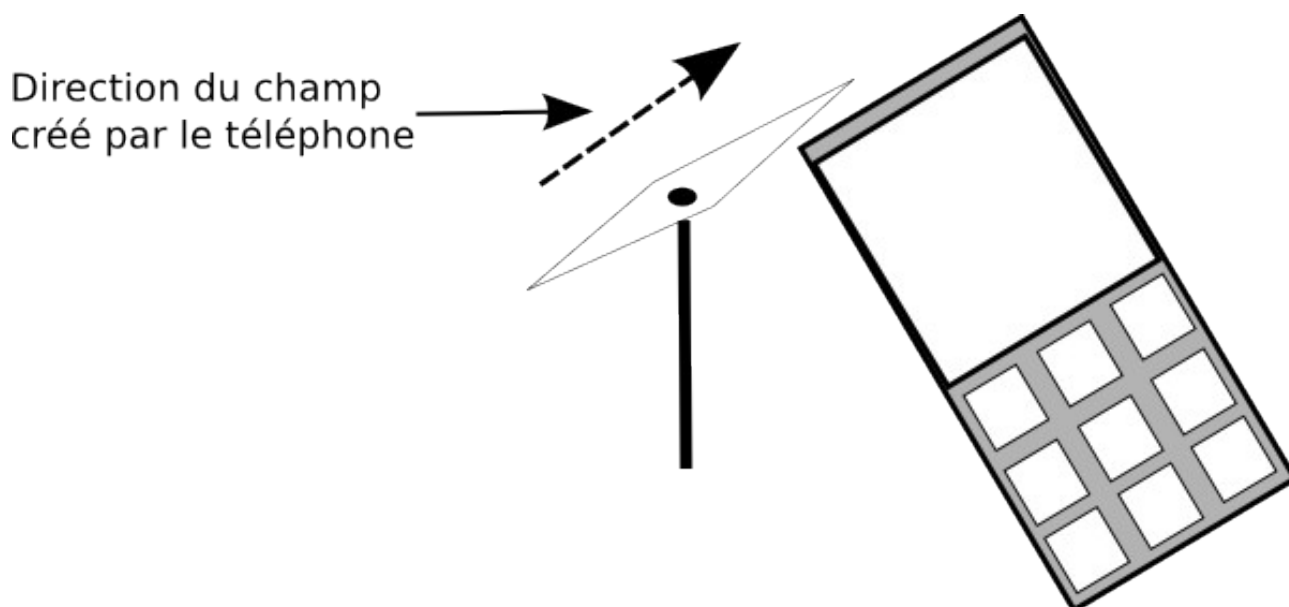


Petites expériences autour de l'Electromagnétisme



Association Sciences croustillantes

L'aiguille aimantée et la boussole



Une aiguille aimantée est déviée par un appareil électrique

Description

Lorsqu'on approche un appareil électrique, par exemple un téléphone portable, d'une aiguille aimantée celle-ci est alors déviée. Lorsqu'on retire l'appareil, l'aiguille finit toujours par reprendre la même position.

La même expérience fonctionne avec une boussole, qui n'est rien d'autre qu'une aiguille aimantée montée sur un support adapté à une utilisation dans des situations concrètes comme la randonnée, la voile etc...

Le phénomène

On constate que cela ne fonctionne qu'avec un appareil électrique et, qui plus est, l'appareil doit être en fonctionnement. Approcher un téléphone portable éteint ne servirait en effet à rien !

Que se passe-t-il ? Lorsque l'appareil est branché ses circuits sont parcourus par des courants électriques. Ces courants peuvent, en première approximation, être vus comme un liquide constitué de particules électriquement chargées que l'on appelle électrons et qui circulerait notamment dans les métaux. Ce sont ces particules que l'on ressent, par exemple, lorsqu'on prend un « coup » d'électricité statique. En circulant, ces courants deviennent équivalents à de petits aimants et produisent donc un champ magnétique qui attire l'aiguille. En revanche, ils n'ont aucun effet lorsqu'ils sont au repos.

Le fait que l'aiguille reprenne toujours la même position finale suggère qu'il existe un champ magnétique permanent, mais bien sûr beaucoup plus faible que celui produit par un téléphone portable, c'est-à-dire minuscule. Quel aimant pourrait produire ce champ ? Une indication nous est donnée par le fait que cette expérience peut être reproduite à peu près n'importe où sur Terre : à Paris, à New York ou à Sydney... Et si la Terre elle-même produisait ce champ ? C'est effectivement le cas : des courants, similaires par leurs effets magnétiques à ceux décrits plus haut, circuleraient au cœur de la Terre !

Le balancier à courants de Foucault

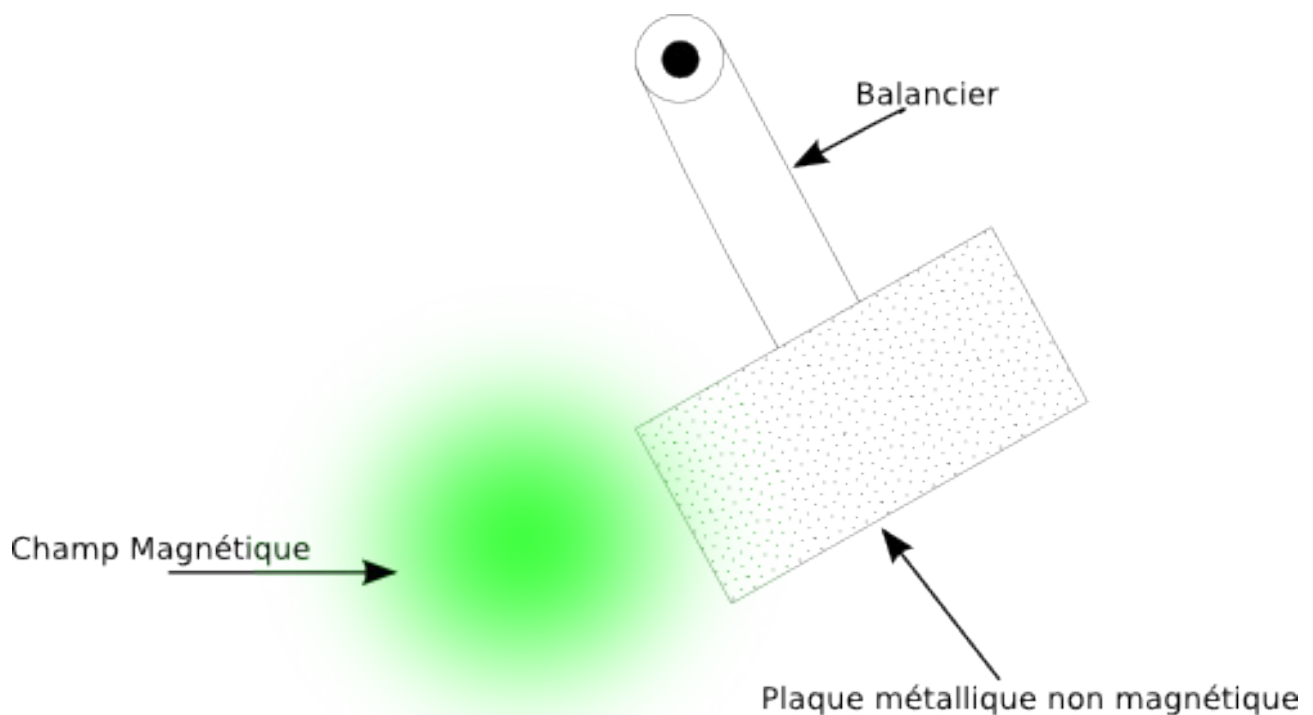


Schéma d'un balancier freiné par les effets des courants de Foucault

Description

Un balancier muni à son extrémité d'une plaque rectangulaire en métal non magnétique oscille autour de son axe. La plaque passe dans l'entrefer d'un aimant lorsque le balancier est à la verticale. Le métal de la plaque n'est pas sensible au champ magnétique, c'est à dire qu'il n'est pas attiré par les aimants, sinon il serait collé sur l'aimant qu'on utilise ici ! Lorsque la plaque passe « à l'intérieur » de l'aimant¹, il est alors « plongé » dans le champ magnétique produit par ce dernier. On observe alors que le balancier est freiné, voire même arrêté, dans son mouvement. Selon la forme de la plaque, cet effet est plus ou moins important.

Le phénomène

On observe que lorsque le balancier est à l'arrêt rien ne se passe et que, au contraire, un effet mécanique (le freinage) survient lorsque ce dernier est en mouvement. D'autre part, plus ce mouvement est rapide, c'est-à-dire lorsque le balancier est lancé plus fort, plus le freinage est lui aussi intense.

Que doit-on en conclure ? Pour ce type de métal, les aimants ont un effet différent de l'attraction habituelle qui ne se manifeste que lorsque l'objet métallique est en mouvement. Ici, ils provoquent l'apparition de courants électriques, comme ceux qui alimentent une ampoule, à l'intérieur de la plaque. Ce sont ces courants qui, par un effet de rétroaction, freinent le balancier. La forme de la plaque favorise plus ou moins la circulation de ces courants, ce qui explique que l'effet soit plus ou moins prononcé.

Qu'est-ce que le champ magnétique ? D'une façon générale, il peut être vu comme une modification des propriétés de l'espace dans sa zone d'action. Selon le type d'objet qui traverse cette zone, il existe alors différentes réactions à ce changement. On peut comparer cette « modification des propriétés de l'espace » à un trou que l'on remplirait d'eau. Lorsque le trou est vide, quel que soit l'objet que l'on lance dedans il tombe au fond. En revanche une pierre lancée dans le trou rempli d'eau coule, tandis qu'un bout de bois flotte.

¹ On dit que le balancier passe dans l'entrefer de l'aimant

Le générateur de Van de Graaff

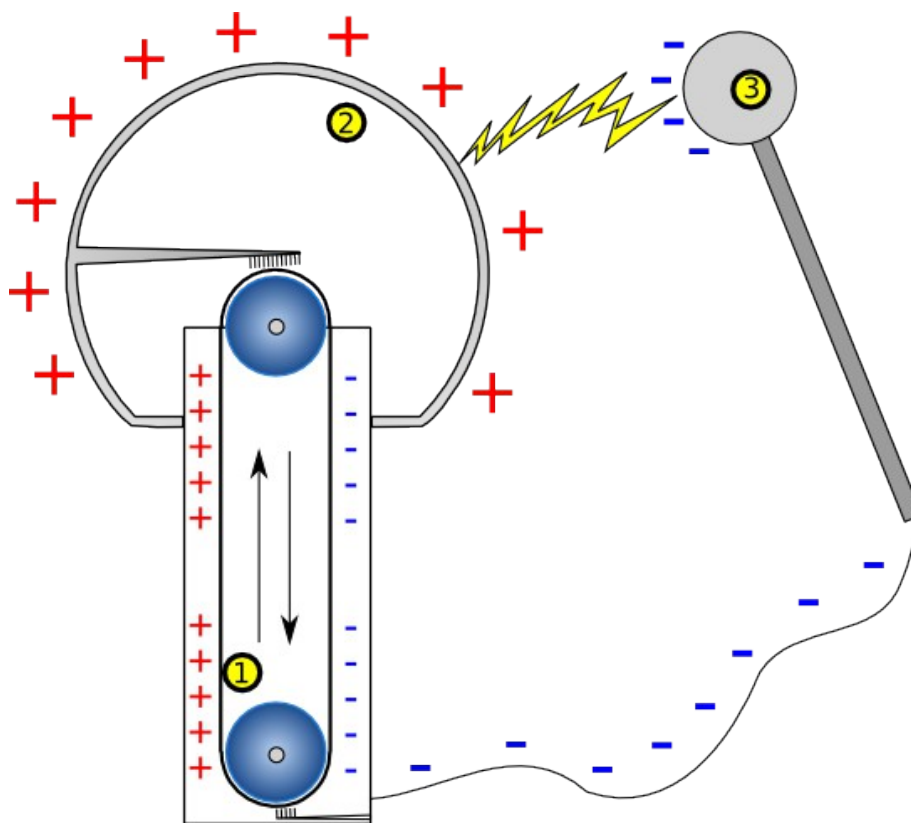


Schéma en coupe d'un générateur de Van de Graaff

Description

Le générateur de Van de Graaff est constitué de deux boules métalliques et d'une bande fabriquée dans un matériau isolant (qui ne conduit pas le courant électrique). On fait tourner la bande. Au bout d'une certaine durée, qui dépend de la vitesse à laquelle la bande tourne, une étincelle jaillit entre les deux sphères.

Le phénomène

Le mouvement de la bande (1) suggère que quelque chose est transporté par cette dernière d'une boule à l'autre. En effet, lorsqu'elle tourne la bande arrache des électrons² à la boule (2) et les transfère vers la petite boule (3) si bien qu'une accumulation de charges se produit de part et d'autre (une absence d'électron est considérée comme une charge positive). Sachant cela, qu'est-ce qui provoque l'éclair que l'on peut voir ? On peut supposer que l'état le plus naturel pour la matière est l'état neutre (pas plus de charges positives que négatives), puisque c'est l'état qui précède à l'actionnement de notre mécanisme, et que les électrons vont avoir tendance à revenir dans cet état d'équilibre. L'éclair serait alors le résultat de ce rééquilibrage, l'électricité traversant l'air quand le déséquilibre est trop grand³.

La question qui se pose est : comment les charges (en l'occurrence les électrons) dans la petite boule (3) « savent »-elles que qu'il manque des charges (ou qu'il y a des charges positives) dans la boule (2) ? On voit mal comment ces particules pourraient savoir que la bande est en train de tourner ! Il faut donc supposer que les particules chargées se « voient » à distance. C'est ce qu'on appelle une action à distance. De la même façon que la Terre attire les objets sans qu'il n'y ait de lien apparent, les particules chargées s'attirent ou se repoussent à distance (selon leurs signes).

Pour en savoir plus

http://fr.wikipedia.org/wiki/Générateur_de_Van_de_Graaff

2 Voir « L'aiguille aimantée » section « Le phénomène », deuxième paragraphe

3 Ce déséquilibre doit être très grand car d'ordinaire l'air ne conduit pas l'électricité !

En conclusion : que retenir ?

La recherche scientifique, pour les sciences expérimentales (physique, biologie, chimie...), s'appuie sur un processus constitué essentiellement de trois étapes : observer des phénomènes, formuler des hypothèses pour les expliquer, tester ces hypothèses afin de choisir les plus pertinentes. C'est ici la démarche que nous avons tenté de suivre, au moins en partie. Prenons un dernier exemple très simple mais qui reprend bien ces concepts fondamentaux : on observe que tous les poissons vivent dans l'eau, on peut donc supposer que l'eau est nécessaire à leur survie et, en effet, si un poisson est retiré de l'eau trop longtemps il finit par mourir.

Nous constatons des points communs entre toutes les expériences vues plus haut. Elles mettent toutes en jeu des actions à distance (Voir notamment le « Générateur de Van de Graaf) puisque les différents éléments ne se touchent pas pour interagir. De plus, le choix des matériaux n'est pas anodin puisqu'il faut à chaque fois utiliser des métaux. Enfin, l'électricité joue toujours un rôle important dans ces expériences. On peut alors penser que tous ces phénomènes sont étroitement liés entre eux. En effet, il existe un cadre global que l'on appelle l'électromagnétisme et qui décrit tous les phénomènes liés à l'électricité, au magnétisme, et à leurs interactions.

Crédits et contacts

Pour toutes questions ou remarques sur ce fascicule ou sur les expériences qui y sont décrites :

guillaume-voisin@ens-cachan.fr

Contact de l'association Sciences Croustillantes : sciences-croustillantes@lists.crans.org

Ce fascicule est **téléchargeable** à l'adresse : http://perso.crans.org/gvoisin/fascicule_24032011.pdf

Crédit image : Wikipédia pour le schéma du générateur de Van de Graaf