

## Aux origines de la lévitation, où le mythe rencontre la science

Faculté des Sciences – Département de physique

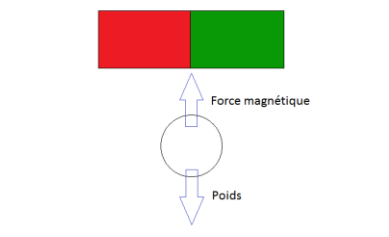
Elisabeth Nilles, Morgane Rigaux

Le but de nos expériences consiste à faire léviter des choses. Cool, donc je peux faire voler mon petit frère ? Pas tout à fait. On ne va pas faire léviter des objets trop grands ni trop lourds, puisque ça exigerait du matériel beaucoup plus sophistiqué. Néanmoins, on peut faire voler des objets de petite taille, comme des gouttes d'eau, des aimants ou un petit train en polystyrène.

Comment ça ? Rien ne se met à léviter spontanément ici sur Terre, tout est attiré par la force de gravité. Il faudra donc trouver un moyen pour compenser cette force.

Nous, on a trouvé 3 moyens que l'on montre ici au Printemps des Sciences. Il s'agit de la lévitation magnétique, acoustique et supraconductrice.

Commençons par la lévitation magnétique. C'est la plus intuitive et la plus facile à comprendre, puisque tout le monde a déjà tenu en main des aimants et sait comment ils fonctionnent. Deux pôles de nature différente (donc un pôle sud avec un pôle nord) s'attirent. C'est exactement cette propriété-là qui nous intéresse. Suspendons un aimant au-dessus de l'objet qu'on veut faire léviter. L'aimant va exercer une force magnétique vers le haut qui attire l'objet. Les deux forces auxquelles est soumis l'objet- son poids qui le tire vers le bas et la force magnétique- se compensent ainsi, et permettent à notre objet de léviter.

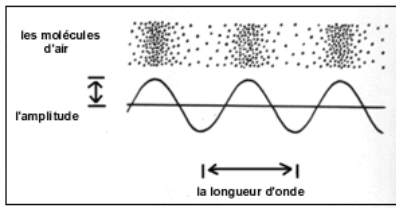


Or, le point d'équilibre étant très instable, il faut que le système se corrige et se stabilise lui-même à chaque instant. C'est ce qu'on appelle un système de rétroaction. Les éléments assurant la rétroaction dans notre expérience sont une sonde, un circuit électronique et un électroaimant. En effet, l'aimant qu'on a suspendu au-dessus de l'objet qu'on cherche à faire voler n'est pas un aimant classique, mais plutôt une bobine contenant un noyau de fer. La bobine va créer un champ magnétique (qui se traduira par une force magnétique) d'autant plus intense que le courant qui la traverse sera intense. En-dessous de cette bobine, on a fixé la sonde. La sonde mesure l'intensité du champ magnétique de l'objet en lévitation.

Si celui-ci s'approche de la sonde, elle mesure une intensité élevée, alors que s'il s'écarte de la sonde, vous l'aurez deviné, elle mesure une intensité plus faible. La sonde transmet cette information au circuit électronique, qui est réglé de telle façon qu'il communique un courant moins fort à la bobine lorsque l'intensité du champ de l'objet est élevée. Qui dit courant moins fort dans une bobine, dit champ magnétique moins intense. Donc l'objet va être attiré moins fort par la bobine et il va redescendre.

Lorsque l'objet s'écarte, la sonde mesure une faible intensité, et le circuit électronique va réagir de façon à ce qu'il alimente la bobine d'un courant plus intense, ergo l'objet va être attiré plus fort et va remonter. L'équilibre sera donc garanti à chaque moment.

Passons à la lévitation acoustique. Comme avant, l'objet est soumis à la force de gravitation. Cette fois-ci on va la compenser non à l'aide d'un aimant, mais à l'aide d'ondes sonores.



Les ondes sonores sont des ondes de pression, donc des vibrations, qui se propagent dans un milieu. Dans notre cas, le milieu c'est l'air. L'air peut être considéré comme un fluide. Il est constitué de petites particules qui sont en mouvement relatif les unes par rapport aux autres. Donc si on émet un son, cela cause des vibrations qui se propagent et si on regarde de plus près (disons qu'on peut voir les atomes), on remarque que l'air est comprimé à certains endroits et dilaté à d'autres. Il y a donc des régions

de forte et de faible pression.

Or, ceci ne suffit pas pour faire léviter quoi que ce soit, parce que le milieu est en mouvement permanent. C'est pour cette raison que notre dispositif consiste en deux plaques parallèles placées face à face. La plaque inférieure agit en tant que source, tandis que la plaque supérieure agit en tant que miroir et réfléchit le signal incident. On crée ainsi des ondes stationnaires. Les ondes stationnaires ont des points particuliers : les nœuds et les ventres. Un nœud est une région de l'onde où les 2 signaux (le signal incident et réfléchi) s'annulent en permanence, et où la pression est donc minimale.

Pour comprendre pourquoi l'objet va léviter, pensons à un fleuve avec des régions turbulentes et calmes. Si on lançait un ballon dans l'eau, où resterait-il piégé ? Dans les régions calmes. C'est exactement ça ce qui se passe avec l'objet que l'on introduit entre les 2 plaques. Il va léviter là, où l'air ne crée pas de turbulences, et ces endroits sont précisément les nœuds de l'onde.

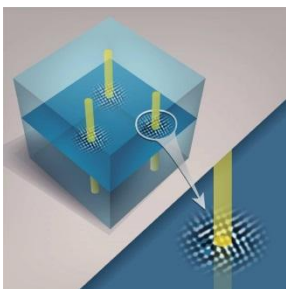
La dernière expérience est consacrée à la lévitation avec un supraconducteur.

Avant de nous lancer dans les explications compliquées, remarquons que la résistance d'un matériau (donc la grandeur physique qui exprime la force avec laquelle le matériau s'oppose au passage d'un courant) diminue si on fait chuter la température. Si on tombe en dessous d'une certaine température que l'on appelle *température critique*, la résistance s'annule. Si on applique un champ magnétique au-dessus de cette température, il va traverser le matériau sans effets. C'est seulement à partir de la température critique que le champ ne pourra plus passer à travers le matériau.

On dit que le matériau est devenu supraconducteur.

Dans un supraconducteur, il y a deux effets qui entrent en jeu : l'effet Meissner et le piégeage des vortex. L'effet Meissner repousse la pastille supraconductrice de l'aimant, et le piégeage des vortex maintient la pastille en place.

Essayons d'expliquer d'où vient cet effet Meissner. En présence d'un champ magnétique, il y a formation de courants électriques à la surface de la pastille supraconductrice. Ces courants génèrent un champ magnétique à leur tour (cfr électroaimant). Les champs magnétiques venant de l'aimant et de la pastille sont tels qu'ils s'annulent mutuellement dans le supra, mais pas à sa surface. Le champ magnétique à la surface de la pastille va ainsi exercer une force sur l'aimant en dessous d'elle ce qui la repoussera et lui permettra de léviter.



Expliquons maintenant le piégeage des vortex. Il entre en jeu lorsque le champ magnétique de l'aimant est très intense. Dans ce cas, le supra laisse passer une partie du champ le long d'un vortex. On peut penser à une colonne qui traverse la pastille et en dedans laquelle le matériau n'est plus supraconducteur. Dans ces colonnes, le champ magnétique peut donc traverser la pastille sans effets.

Pourquoi parle-t-on de piégeage, alors ?

Les vortex sont la « mémoire » du système, son empreinte magnétique. Une fois en place, ils ne peuvent plus bouger, en général. C'est cet effet, le piégeage des vortex, qui fixe la position de l'aimant. Donc si on voudrait d'écarter l'aimant, ils essayeront de le maintenir en place.

#### Sources :

<https://Flncmi-g.grenoble.cnrs.fr>

[www.sciencetech.technomuses.ca](http://www.sciencetech.technomuses.ca)

<http://www.supraconductivite.fr>

<http://www.futura-sciences.com/>

<http://science.howstuffworks.com/acoustic-levitation1.htm>

Merci à P. Léonard, directeur de l'Expérimentarium de physique