

1 Introduction

Problématique et contexte historique

Electricité et magnétismes sont connus depuis longtemps comme des phénomènes séparés :

- Premières traces d'électricité : 600 avant JC, Thales de Millet. Des morceaux d'ambres jaunes ("elektron" en grec) font des étincelles quand ils sont frottés. Premiers courants électriques avec la pile de Volta en 1800. La découverte de l'électron par Thomson date de 1897. L'électricité est en réalité l'écoulement des électrons.
- Premières traces de magnétisme : Thalès aussi. Des roches de la région de Magnésie s'attirent ou se repoussent. Par magnétisme, on entend ici les propriétés du champ magnétique, qui décrit entre autres le comportement des aimants.

Rappels sur les aimants 3 propriétés dont on se servira au cours de l'exposé (révisions de la grande section de maternelle)

1. Les aimants présentent 2 pôles, Nord et Sud. Deux pôles identiques se repoussent, deux pôles opposés s'attirent. *Démonstration avec des aimants.*
2. Les aimants peuvent transformer certains métaux (Fer, Niquel, Cobalt) en aimant. *Démonstration avec un aimant et deux morceaux de fer.* C'est comme ça que les aimants se "collent" au frigidaire.
3. Les aimants tendent à s'aligner sur le champ magnétique. Évocation de la boussole et du champ magnétique terrestre pour expliquer ce que ça veut dire. Pas de définition plus précise du champ magnétique.

Pendant des siècles, les deux phénomènes sont considérés comme indépendants. Il faut attendre 1820 pour que le lien soit fait. Légende : Orsted, professeur Danois, découvre lors d'un cours que l'aiguille d'une boussole est déviée à proximité d'un fil parcouru par un courant électrique. Or on sait que pour agir sur un aimant, il faut un champ magnétique. *Le courant électrique a donc produit un champ magnétique!*

2 L'électro-aimant

- On peut essayer de reproduire l'expérience d'Orsted et créer un champ magnétique avec un courant électrique. Dans cette boîte rouge se trouve un fil dans lequel on va faire passer un courant. Comme on veut créer un champ magnétique important, on va utiliser un courant important : 500A. Par comparaison, les installations à la maison : $\approx 15A$. Avertissement sécurité : ne pas essayer à la maison. Comme on veut créer un champ très important, on va faire faire des boucles au fil pour démultiplier les effets du courant : on appelle ça une bobine. Comme on veut faire un champ très très important, on va mettre deux bobines l'une en face de l'autre. On branche le courant ; voilà , il y a un champ. J'espère que vous êtes impressionnés.
- Est ce que vous voyez le champ ? Non ? Tant mieux, ça veut dire que vous n'êtes ni des pigeons, ni des baleines. Comment voir le champ ? Comment faites vous à la maison pour vérifier si un machin est un aimant ? On le colle sur la porte du frigo. Ici on n'a pas de portes de frigo sous la main alors on va faire ça avec un bout de fer. *2 volontaires, loin de l'aimant. Rien ne se passe. Un pas en avant et les deux chaînes s'attirent.*
- Est on sûr qu'il s'agit bien d'un champ magnétique ? Si oui, alors les deux chaînes sont elles mêmes transformées en aimants. Elles doivent donc s'attirer ou se repousser. *Vérifier que ce sont bien les extrémités s'attirent*
- Maintenant, on peut comprendre ce qu'est un champ. Le mot "champ magnétique" a été inventé par Michael Faraday, un physicien britannique, vers 1830. Voilà le problème : l'aimant agit sur la chaîne à distance. Est ce que vous réussissez à agir sur des choses à distance, vous ? Interprétation : l'aimant crée quelque chose dans tout l'espace et la chaîne interagit avec ce quelque chose localement.
- A quoi ressemble le champ ? On a dit que les aimants avaient tendance à s'aligner avec le champ. La chaîne, près de l'aimant, est à l'horizontale. Comment est le champ ? Est ce qu'il est horizontal partout ? Comment le vérifier ? *Descendre et balancer le panneau* A quoi est ce qu'il ressemble, ce champ ? Il forme des lignes, qui partent d'un pôle et vont vers l'autre. Toutes les lignes vont d'un pôle à l'autre ; il n'y a pas de lignes ouvertes. Le premier à comprendre ces lignes s'appelle André Marie Ampère et il les décrit en langage mathématique en 1825.
- A quel point ce champ est fort ? Après tout, les aiguilles sont très légères et les chaînes pas très lourdes. *Barre d'acier avec un volontaire entre les deux électroaimants pour la maintenir verticale.*

3 L'induction

- Imaginez la situation : vous êtes en 1820, le courant électrique est difficile à produire, donc cher et vous savez comment l'utiliser pour produire un champ magnétique qui ne sert quasiment à rien, à part à faire tourner des aiguilles. Ce n'est pas forcément très intéressant sur le plan industriel. En revanche, ce qui serait bien, ce serait de réussir à produire du courant électrique à partir d'un champ magnétique. Un champ magnétique, c'est facile à faire, il suffit d'avoir des aimants. Donc les physiciens se sont demandé si on pouvait créer un courant avec un aimant.
- *Présenter le circuit* Donc voilà un circuit avec un fil électrique et une ampoule. Voici un aimant. Est ce qu'avec l'aimant, je peux produire un courant? *Placer l'aimant de différentes manières* Est ce que c'est parce que l'aimant est trop faible? *Placer le circuit près de l'électro aimant.* Ça ne marche pas et ça embête beaucoup les physiciens de l'époque. Si ça marche dans un sens, ça doit marche dans l'autre. Conclusion : il manque un ingrédient.
- Comment trouver ce qui manque? En faisant l'expérience en sens inverse. On va mettre un courant électrique dans un champ magnétique et voir comment il se comporte. *Expérience des fils de Laplace.* Circuit extrêmement simple, avec juste deux fils. On met un champ magnétique, on fait passer du courant dans les fils : ils bougent. L'ingrédient qui manquait, c'était le mouvement. *On a vu tout à l'heure que le courant produit un champ magnétique. Pour qu'un champ magnétique produise du courant, il faut que le champ "bouge" par rapport au circuit".*
- Vérification avec la bobine et l'ampoule. Ce phénomène s'appelle l'induction et c'est Michael Faraday qui l'a découvert en 1831. La compréhension complète de l'électromagnétisme vient juste après, en 1864, grâce à un physicien écossais James Clerk Maxwell. Lien avec la dynamo du vélo. Ouverture aux modes de production d'énergie dans le monde (éolien, hydraulique, thermique...). C'est dire l'importance de l'induction. Passer aux applications.

4 Des applications au quotidien

Spire de Thomson On a vu que courant \Rightarrow champ et champ + mouvement \Rightarrow courant. Ici, plutôt que de faire bouger le circuit par rapport au champ, on va faire changer le champ par rapport au circuit. Dans la bobine, il y a un courant. Parce qu'il y a un courant, il y a un champ magnétique. Le courant dans la bobine change tout le temps. Il change de sens 100 fois par seconde. Le champ créé par le courant change donc lui aussi de sens 100 fois par seconde. Ici, il y a un circuit électrique très simple, une spire. Le champ créé par la bobine passe dans la spire et change régulièrement de sens. On a donc un circuit avec un champ qui bouge. Or champ + mouvement \Rightarrow courant, donc un courant apparaît dans la spire. Mais courant \Rightarrow champ ; donc la spire elle même crée un champ magnétique. Les champs magnétiques de la bobine et de la spire sont opposés, comme deux aimants qui se font face. Or deux aimants qui se font face se repoussent. On peut donc s'attendre à ce que la bobine repousse légèrement la spire.

Plateau volant Même fonctionnement : bobine avec courant variable \Rightarrow champ magnétique variable \Rightarrow courant induit dans le plateau \Rightarrow champ magnétique créé par le plateau \Rightarrow les deux se repoussent. Train à lévitation magnétique (Maglev au Japon, Transrapide en Allemagne). Chandelier \Rightarrow lumière. Si à la verticale, les lignes ne passent plus au travers du circuit \Rightarrow plus de courant \Rightarrow plus de lumière. Asperger d'eau pour montrer la chaleur. Lien avec les plaques à induction.

Résonateur de Tesla Le primaire crée un flux magnétique au travers du secondaire. L'intensité induite entraîne l'apparition d'une tension de 1.5 MV. Les charges ont assez d'énergie pour traverser 1m50 d'air et rejoindre les pointes. Remarquer que les points "brillent" même lorsqu'elles ne sont pas frappées par un éclair (St Elme). Remarquer que les éclairs les plus intenses sont ceux qui frappent les pointes. Un néon tenu sous le résonateur s'allume à cause des champs électriques créés par le résonateur.

5 Specs

Electro-aimant 2 bobines de 10 tours parcourues par 500A. Champ au centre $\sim 0.1T$; monte à 1T avec les noyaux de fer.

Spire de Thomson courant de 50Hz, intensité de.

Plateau volant courant de 900Hz, intensité de.

Résonateur de Tesla courant de 100 kHz, intensité de A, tension de 15kV dans le primaire de 15 tours, tension de 1.5 MV dans le secondaire de 1500 tours.

Four à induction courant de 100 kHz, intensité de A. Limiter la puissance à 0.6 kW avant de mettre la barre.

Éclateur

6 Dates

VI avant JC Thalès de Milet (-625, -548) remarque les propriétés de l'ambre jaune ainsi que des aimants.

Env 1560 William Gilbert (1544 1603) donne le nom d'électricité au phénomène. Il écrit *De Magnete* en 1600.

1799 Pile de Volta : accès maîtrisée à un courant électrique

1820 Expérience d'Hans Christian Orsted (1777 - 1851)

1820 André-Marie Ampère (1775 - 1836) crée le lien entre électricité et magnétisme

1831 Michael Faraday (1791 - 1867) explique le phénomène d'induction

1864 Lois de l'électromagnétisme de James Clerk Maxwell (1831 - 1879)