

Merci de m'envoyer par mail le travail que vous auriez dû m'apporter ce lundi 20 avril (superposition des ondes-modèles de la lumière)

Ce nouveau travail est à m'envoyer au plus tard le samedi 2 mai.

claudine.breyne.ist@gmail.com

La lumière, une onde électromagnétique parmi d'autres

Dans le travail précédent, tu as appris que la lumière se comporte comme une onde.

Dans ce travail, tu verras que la lumière est une onde électromagnétique. Tu établiras des liens avec des notions étudiées dans le chapitre de l'électromagnétisme (5^e et 6^e) et dans le chapitre des ondes.

Lis attentivement les documents ci-joints et réponds ensuite aux questions. Tu peux aussi trouver des éléments de réponse dans les documents qui se trouvent sur le site istsciences6sa.jimdo.com

« Une guerre de deux siècles pour la lumière » Cosinus décembre 2007

« Quand les ondes font la lumière » Cosinus mars 2009

1. D'après Maxwell, la lumière est une onde électromagnétique c'à d une onde qui transporte de l'énergie sous forme électrique et magnétique.
Le 1^{er} document : « historique des ondes électromagnétiques » permet de comprendre cette notion. Dans le texte, certains mots ont été remplacés par des pointillés et remplacés par les lettres (a) , (b) et (c). Précise ce que tu pourrais indiquer à la place de ces lettres (2 réponses pour (a) 1 pour (b) et 1 pour (c)
2. Les ondes électromagnétiques sont-elles longitudinales ou transversales ? Justifie en t'aidant de la figure 4.2.
3. La lumière est une catégorie d'ondes électromagnétiques. Il en existe plusieurs caractérisées par un mode de production, un mode de détection et un domaine d'applications. Chacune de ces catégories est caractérisée par une gamme de fréquences (et donc de longueurs d'onde). L'ensemble de toutes ces ondes électromagnétique est le spectre électromagnétique.

A partir de recherches, tu dois trouver la liste des différentes catégories d'ondes électromagnétiques, 2 utilités et 2 effets néfastes (soit sur la santé, soit sur l'environnement) de chacune.

Présente les informations sous forme d'un tableau, classe les types d'ondes par ordre croissant de fréquence.

Types d'ondes	Utilité	Effets néfastes sur la santé/l'environnement

4. Le document « historique des ondes ém » te donne la gamme de longueurs d'onde de la lumière. Calcule les fréquences associées et complète le point (d) de la page 3

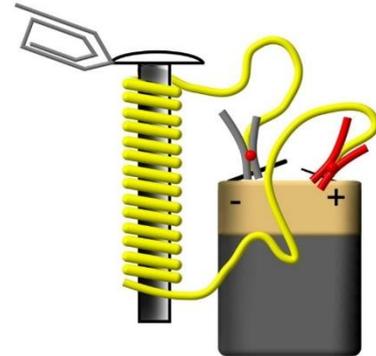
Historique des ondes électromagnétiques

C'est au début du 19^{ème} siècle, que furent faites les principales observations, mettant en évidence le caractère ondulatoire de la lumière. Mais ces observations posaient aux physiciens plusieurs problèmes :

- Si la longueur d'onde de la lumière est comprise entre 400 et 750 nm, un rapide calcul utilisant la formule de la longueur d'onde et la vitesse de la lumière dans le vide (300.000 km/s) indique que la fréquence de cette lumière donne des fréquences allant respectivement de 7,5 à 4.10^{14} Hz : quel milieu peut-il vibrer aussi vite ?
- Comment ces oscillations peuvent-elles se propager dans le vide régnant entre le Soleil et la Terre ?

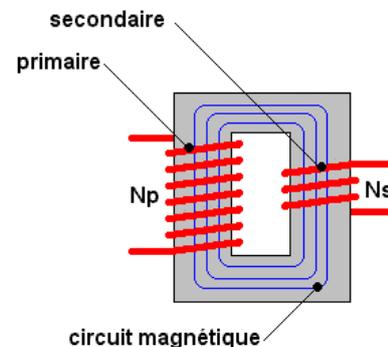
Un élément de réponse allait venir d'un tout autre domaine : celui de l'électricité, comme l'illustrent les expériences suivantes.

Un aimant est constitué d'un matériau ayant la propriété permanente d'attirer des objets contenant du fer, en exerçant dessus des forces magnétiques. Un **électroaimant**, quant à lui, est constitué d'un morceau de fer autour duquel on a enroulé un conducteur. Lorsqu'on y fait passer un courant électrique, il devient magnétique seulement durant le passage du courant. Ce phénomène a de nombreuses applications (...(a).....).¹



Si un courant électrique peut provoquer du magnétisme, le contraire peut aussi être vrai à certaines conditions. Si on place un aimant à proximité d'une bobine de conducteur (un long conducteur embobiné) relié à un appareil de mesure,² on ne constate rien, sauf si l'aimant est mis en mouvement par rapport à la bobine : un **courant** ...(b).....est produit. Ce phénomène est à l'origine de la production d'électricité par les alternateurs des centrales électriques.

Le(c)..... conjugue de manière optimale ces deux phénomènes. Il est constitué de deux bobines, le primaire et le secondaire, entourant un même cadre en fer.³ Quand on soumet la première bobine à un courant continu, on mesure aux bornes du secondaire un courant induit seulement lors de la mise en place ou de l'arrêt du courant dans le primaire. Quand on soumet le primaire à un courant alternatif, qui change continuellement en étant tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, on observe aussi un courant alternatif dans le secondaire.



Prolongeons l'expérience du transformateur par la pensée et imaginons qu'après le secondaire, il y a une troisième, puis une quatrième, ... bref toute une suite de bobines placées les unes à côté des autres. Le courant alternatif produit dans le secondaire pourrait alors provoquer l'apparition d'un courant alternatif dans la troisième bobine, puis dans la quatrième.... Cela signifierait qu'un signal se propage de bobine en bobine en **transférant à distance de l'énergie** sans transporter de la matière⁴, en utilisant uniquement des phénomènes électriques et magnétiques. Il s'agirait donc d'une onde alliant électricité et magnétisme...

¹ Source de l'illustration : <http://for-ge.blogspot.be/2015/08/lelectroaimant.html>

² Il faut utiliser un ampèremètre analogique (à aiguille) à zéro central et assez sensible.

³ Source de l'illustration : http://users.skynet.be/fa346009/doc_animations/transfo.htm

⁴ Il n'y a aucun courant électrique qui passe par le noyau en fer : les bobines en sont complètement isolées.

La lumière peut nous informer sur des objets voisins comme sur des objets éloignés tels que les galaxies. Grâce à la photosynthèse, elle est source fondamentale de l'énergie vitale qui nous permet de subsister.

En 1865, James C. MAXWELL (Fig. 41), dans un travail théorique, introduisit la notion de **champ électromagnétique** composé d'un champ électrique et d'un champ magnétique perpendiculaires entre eux et à la direction Ox de propagation (Fig. 42), vibrant en phase à la même fréquence et se propageant avec une



Fig. 41. James Clerk MAXWELL, (Édimbourg 1831 - Cambridge 1879)

célérité très proche de $3 \cdot 10^8$ m/s. La théorie de MAXWELL prédisait l'existence d'**ondes électromagnétiques** de différentes fréquences qui se propageraient toutes à la **vitesse de la lumière**. Celle-ci est elle-même une onde électromagnétique dont le domaine s'étend sur une gamme étroite de fréquences (.....(d).....), soit moins d'une octave. L'œil humain ne peut « voir » les ondes électromagnétiques qui n'appartiennent pas à cet intervalle.

La production d'ondes électromagnétiques de basse fréquence fut réalisée en 1886 par le physicien

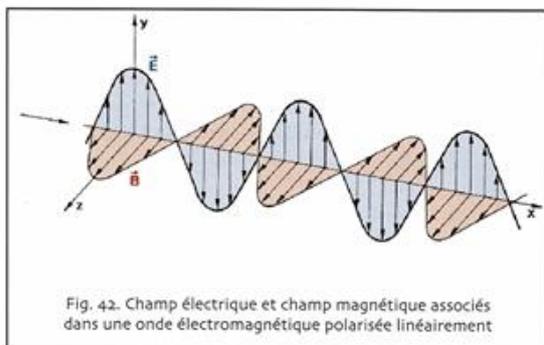


Fig. 42. Champ électrique et champ magnétique associés dans une onde électromagnétique polarisée linéairement



Fig. 43. Heinrich Rudolf HERTZ (Hambourg 1857 - Bonn 1894)

allemand Heinrich HERTZ (Fig. 43) en utilisant la décharge d'un condensateur.

HERTZ mit en évidence (Fig. 44) la présence, à quelque distance du condensateur, d'un champ électrique et d'un champ d'induction magnétique perpendiculaires entre eux qui se propageraient à la vitesse de la lumière ainsi que MAXWELL l'avait prédit.

Il montra que les ondes électromagnétiques ainsi produites présentent les mêmes propriétés que la lumière.

Ainsi, la lumière n'est qu'un aspect de l'électricité et du magnétisme. Des ondes électromagnétiques jouent le rôle d'intermédiaire dans les effets électriques et magnétiques et résolvent l'une des célèbres énigmes philosophiques concernant l'action à distance.

Comment, par exemple, un électron chargé négativement sait-il que le proton chargé positivement

se trouve au sein du noyau (et de ce fait se met à orbiter autour de lui) ?

Réponse : les ondes électromagnétiques rayonnées par chacune des particules établissent une communication entre les particules chargées.

Après les expériences de HERTZ, le caractère ondulatoire de la lumière, cas particulier des ondes électromagnétiques, semblait bien établi. Toutefois, certains effets ne purent être expliqués, notamment, l'**effet photoélectrique** (c'est pour plus tard :)

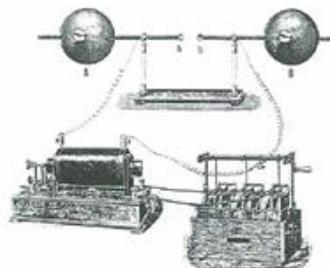


Fig. 44. Représentation de l'expérience originale de HERTZ pour la production du rayonnement électromagnétique prévu dans les équations de MAXWELL. La détection des ondes électromagnétiques s'effectuait à l'aide d'antennes placées à quelques mètres de distance.