

## PRÉSENTATION

<b>Titre</b>	<i><b>La lumière et les ondes électromagnétiques, aspects historiques</b></i>	
<b>Type d'activité</b>	activité documentaire <b>historique</b> en classe entière	
<b>Objectifs de l'activité</b>	Illustrer comment, dans l'histoire des sciences, ont été découvertes les ondes électromagnétique et comment la lumière a pu être considérée comme un cas particulier d'onde EM.	
<b>Références par rapport au programme</b>	Cette activité illustre le thème : <i>HABITAT</i> et le sous thème : <i>La communication au service de l'habitat</i> en classe de T <sup>ale</sup> STL et T <sup>ale</sup> STI2D	
	<p><b>Notions et contenus</b></p> <p>Ondes électromagnétiques. Spectre des ondes utilisées en communication.</p> <p>Champ électrique, champ magnétique</p>	<p><b>Compétences attendues</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Classer les ondes électromagnétiques selon leur fréquence et leur longueur d'onde dans le vide.</b></li> <li>– Positionner le spectre des ondes utilisées pour les communications dans l'habitat.</li> <li>– <b>Définir et mesurer les grandeurs physiques associées à une onde : période, fréquence, longueur d'onde, célérité.</b></li> <li>– Énoncer qu'une onde électromagnétique se propage dans le vide.</li> <li>– Décrire la structure d'une onde électromagnétique : champ magnétique, champ électrique.</li> <li>– Relier qualitativement le champ électrique d'une onde EM en un point à la puissance et à la distance de la source.</li> </ul>
<b>Conditions de mise en œuvre</b>	<p><b>Prérequis :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- connaître la définition et l'unité de la fréquence.</li> <li>- connaître la relation entre fréquence, célérité et longueur d'onde.</li> </ul> <p><b>Durée :</b> 15 min de correction</p> <p><b>Contraintes matérielles :</b> cette activité peut marquer le début de l'étude des ondes électromagnétiques.</p>	
<b>Remarques</b>	<p>Cette activité s'insère dans la progression suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Activité 1 :</b> <i>La lumière et les ondes électromagnétique, aspects historiques</i></li> <li>– <b>Activité 2 :</b> <i>Les ondes utilisées pour les télécommunications sont-elles des ondes sonores ?</i></li> <li>– <b>Activité 3 :</b> <i>Comment une télécommande communique-t-elle avec un téléviseur ?</i></li> <li>– <b>Activité 4 :</b> <i>Comment produire des ondes radio ? Comment les recevoir ?</i></li> </ul>	
<b>Auteur</b>	Tristan RONDEPIERRE	<b>Académie de LYON</b>

# La lumière et les ondes électromagnétiques, aspects historiques

## Objectifs de cette activité :

- Donner aux élèves des repères historiques sur la connaissance de la lumière.
- Énoncer que la lumière est un cas particulier d'onde électromagnétique.
- Délimiter le domaine visible.

**Déroulement de l'activité :** Cette activité peut être traitée à la maison. Sa correction en classe entière peut marquer le début du chapitre consacré à l'électromagnétisme.

Pour illustrer quelques uns des phénomènes cités dans le document historique, l'enseignant pourra réaliser quelques expériences qualitatives (à propos de la diffraction notamment, phénomène éventuellement inconnu des élèves).

---

## *La lumière : quelques repères historiques*

*Depuis que la science préoccupe l'humanité, la nature de la lumière est une des questions essentielles à laquelle les physiciens ont tenté de répondre. Cette question est toujours d'actualité, puisque plusieurs descriptions de la lumière coexistent aujourd'hui, complémentaires mais reposant sur des théories différentes !*

### Les rayons visuels :

Un des premiers modèles sensés décrire la vision des objets par nos yeux est celui du « rayon visuel » : il s'agit d'un rayon émis par nos yeux en direction de l'objet observé, et qui permet sa vision. De l'Antiquité au Moyen-âge, des savants ont défendu cette description de la vision. On considère que c'est le mathématicien irakien IBN AL-HAYTHAM (965 – 1039) dont une partie de l'œuvre fut traduite en latin sous le nom d'*ALHAZEN* qui a prouvé l'inexistence des rayons visuels. Pour lui, on ne voit les objets que s'ils réfléchissent et diffusent la lumière du Soleil qui les éclaire.

### Descartes et le modèle géométrique :



Depuis l'antiquité on décrit le trajet de la lumière comme une ligne (droite dans les milieux homogènes) appelée « rayon lumineux » ou « rayon de lumière ». René DESCARTES (1596 – 1650), philosophe, mathématicien et physicien français, a fait de cette description de la lumière une théorie construite appelée *l'optique géométrique*. Cette description de la lumière est toujours utilisée pour décrire certains phénomènes, notamment le fonctionnement des instruments d'optique usuels (microscope, lunette astronomique, etc.).

### Huygens et le modèle des ondes lumineuses



Christian HUYGENS (1629 – 1695), physicien néerlandais, observe que la lumière peut être diffractée, c'est-à-dire « éparpillée » lorsqu'elle est interceptée par un obstacle. Ce phénomène avait été observé depuis longtemps pour les ondes sonores, les ondes à la surface de l'eau, etc., et avait été appelé *la diffraction*. Par analogie, Huygens postule donc que la lumière peut être décrite comme une onde : une « onde lumineuse ».

## Maxwell et les ondes électromagnétiques



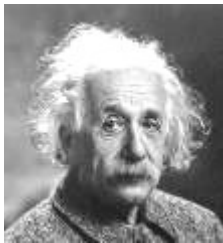
James Clerk MAXWELL (1831 – 1879) est le théoricien de l'électromagnétisme. Il s'agit d'une branche de la physique qui étudie les interactions électriques et magnétiques. Par le calcul, Maxwell a établi que si sa théorie était juste, il pouvait exister des « ondes électromagnétiques », c'est-à-dire la vibration simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique, qui se propage dans l'espace. Pour Maxwell, les ondes électromagnétiques nécessitent un milieu pour se propager. Maxwell postule que la lumière n'est qu'un cas particulier d'onde électromagnétique.

## Hertz et les ondes radio



Heinrich Rudolf Hertz (1857, 1894), ingénieur allemand, est considéré comme celui qui a apporté la preuve expérimentale des prévisions de Maxwell. En effet, il a créé des ondes électromagnétiques à l'aide d'un dispositif appelé « oscillateur de Hertz » (et qui équivaut approximativement à ce que nous appelons aujourd'hui une antenne). Les ondes électromagnétiques générées par Hertz n'étaient pas visibles. Cependant Hertz a pu mesurer leur célérité : environ 300 millions de mètres par seconde dans l'air de l'atmosphère terrestre.

## Einstein et le modèle des photons



Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, les physiciens ont observé un phénomène mystérieux et encore inexpliqué appelé « l'effet photoélectrique ». Pour expliquer ce phénomène, Albert EINSTEIN (1879 - 1955) postule que la lumière est constituée de « grains » qui transportent une énergie mais qui n'ont pas de masse. Il les appelle *les photons*. Cette hypothèse est à l'origine de la physique quantique, une des théories à la base de la physique contemporaine.

---

## Exemples de questions :

- (a) Proposer un argument, issu de votre expérience quotidienne, qui permette de réfuter la notion de « rayon visuel ».
- (b) En classe de 2<sup>nde</sup>, vous avez étudié la « réfraction de la lumière » : il s'agit du phénomène qui décrit comment un rayon de lumière change de direction lorsqu'il change de milieu. Lequel des modèles de la lumière cités ci-dessus avez-vous utilisé pour cette étude ?
- (c) Quelle observation est à l'origine de l'idée consistant à décrire la lumière comme une onde ?
- (d) On considère que Maxwell est le premier à énoncer que la lumière est une onde électromagnétique mais que c'est Hertz qui l'a prouvé expérimentalement. Qu'est-ce qui prouve, dans ses travaux, que la lumière est une onde électromagnétique ?
- (e) D'après vos connaissances, comment les physiciens ont-ils notamment rendu hommage à Heinrich Rudolf Hertz ?
- (f) Une des prévisions de Maxwell est aujourd'hui considérée comme fautive. Laquelle ?

- (g) Les ondes électromagnétiques que l'œil peut percevoir constituent ce qu'on appelle « le domaine visible ». Les fréquences des ondes appartenant au domaine visible sont comprises entre  $4,00 \times 10^{14}$  Hz et  $7,50 \times 10^{14}$  Hz. Calculer les longueurs d'ondes qui délimitent le domaine visible. D'après vos connaissances, comment fait-on la différence, à l'œil nu, entre les ondes possédant ces différentes longueurs d'ondes ?
- (h) Les ondes électromagnétiques observées par Hertz ne sont pas visibles. À votre avis, pourquoi ?

### Réponse aux questions et compléments :

- (a) Le fait qu'il soit impossible de voir la nuit invalide l'hypothèse des rayons visuels.
- (b) Il s'agit du modèle géométrique.  
 → **Note** : Cette question montre que des modèles anciens, complétés depuis par des théories plus récentes et plus abouties, peuvent toujours être utilisés si on les utilise dans leur champ de validité. Le cas de l'optique géométrique est exemplaire : c'est le plus simpliste des modèles de la lumière mais permet malgré tout la description d'instruments complexes et modernes.
- (c) C'est le phénomène de diffraction.  
 → **Note** : L'enseignant pourra, en corrigeant cette question, montrer la diffraction d'une onde mécanique à l'aide d'une cuve à onde, puis celle de la lumière laser par un cheveu. L'analogie entre ces deux phénomènes a conduit Huygens au concept d'onde lumineuse.
- (d) La célérité des OEM mesurée par Hertz est la même que celle de la lumière. C'est cette coïncidence qui montre que la lumière est une OEM particulière.
- (e) On a donné le nom de Hertz à l'unité de la fréquence.
- (f) On sait aujourd'hui que les ondes lumineuses se propagent dans le vide (voir activité suivante), contrairement à Maxwell.  
 → **Note** : une digression sur le concept d'éther, auquel Maxwell croyait, peut illustrer la correction de cette question.
- (g) Les longueurs d'ondes sont comprises entre :
- $$\lambda_{\min} = \frac{c}{f_{\max}} = \frac{3,00 \times 10^8}{7,50 \times 10^{14}} = 400 \times 10^{-7} \text{ m} = 400 \text{ nm}$$
- $$\lambda_{\max} = \frac{1}{f_{\min}} = \frac{3,00 \times 10^8}{4,00 \times 10^{14}} = 7,50 \times 10^{-7} \text{ m} = 750 \text{ nm}$$
- (h) La fréquence des OEM observées par Hertz est différente de celles que l'œil peut voir. Il s'agissait en fait d'ondes radio.
- Pour conclure cette activité, on pourra compléter le document « Différentes ondes électromagnétiques et leurs applications » avec les OEM du domaine visible et les ondes radio.