

Laser et fibre optique sont au cœur de la transmission d'informations (textes, images, sons, vidéos) à travers le monde. Comment peut-on transmettre un son à l'aide d'un faisceau laser ?

I) La lumière : onde ou particule ?

Du particulaire à l'ondulatoire

Après de nombreuses théories au sujet de la lumière, le Britannique Isaac NEWTON (1642-1727) impose son modèle de la lumière au XVII^e siècle. Pour lui, il s'agit d'un jet de particules qui diffèrent suivant la couleur de la lumière. On parle de « modèle particulaire ». Cependant, ce modèle ne permet pas d'expliquer les phénomènes d'interférences (voir chapitre 3). Pour les interpréter, le modèle ondulatoire est élaboré au XIX^e siècle à la suite des travaux du Britannique Thomas YOUNG (1773-1829) et du Français Augustin FRESNEL (1788-1827). Très vite, ce modèle prédomine pour atteindre son apogée en 1864 avec les travaux de l'Écossais James MAXWELL (1831-1879). Pourtant, à la fin du XIX^e siècle, la découverte de l'effet photoélectrique, par l'Allemand Heinrich HERTZ (1857-1894), ne peut s'expliquer par le caractère ondulatoire de la lumière.

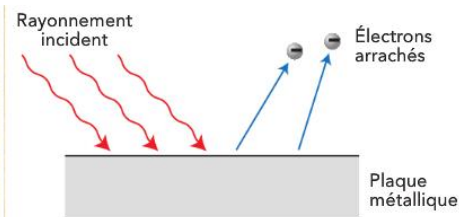
L'effet photoélectrique

Lorsqu'un métal est éclairé par un rayonnement ultraviolet (**doc. 1**), des électrons sont arrachés de sa surface. En revanche, si on utilise un rayonnement de plus grande longueur d'onde, donc de moins grande énergie, les électrons ne sont pas arrachés, même avec une durée d'exposition plus longue.

De l'ondulatoire au particulaire

Cette dernière observation va avoir de grandes conséquences sur la modélisation de la lumière. D'après le modèle ondulatoire, l'énergie transférée par rayonnement au système dépend de la durée d'exposition. Ainsi, une exposition prolongée du métal à un rayonnement devrait permettre d'accumuler suffisamment d'énergie pour arracher un électron quelle que soit la longueur d'onde du rayonnement. Le modèle ondulatoire ne permet donc pas d'expliquer l'effet photoélectrique.

En 1905, pour expliquer cet effet, Albert EINSTEIN (1879-1955) postule qu'un rayonnement est constitué de particules transportant des quanta d'énergie. En 1926, l'Américain Gilbert LEWIS (1875-1946) les nomme « photons ». Lors de l'effet photoélectrique, pour qu'un électron soit arraché, il faut que l'énergie du photon incident soit suffisante. Si ce n'est pas le cas, l'électron n'est pas arraché, quel que soit le nombre de photons incidents.



Doc. 1 Schématisation de l'effet photoélectrique.

La dualité onde-particule

Actuellement, suite aux travaux du Français Louis DE BROGLIE (1892-1987) en 1923, la lumière, et plus généralement les ondes électromagnétiques, sont décrites comme des flux de photons. Un photon se comporte soit comme une onde, soit comme une particule, suivant le contexte expérimental considéré. On parle de dualité onde-particule. Un photon n'est ni une onde ni une particule. C'est un objet quantique. En 1921, A. EINSTEIN reçoit le prix Nobel de Physique pour ses travaux sur l'effet photoélectrique. En 1929, L. DE BROGLIE le reçoit pour sa découverte de la nature ondulatoire des électrons.

- 1) Rappeler l'expression de l'énergie transportée par un photon.
- 2) Justifier la phrase "... un rayonnement de plus grande longueur d'onde, donc de moins grande énergie..."
- 3) Expliquer la phrase : "D'après le modèle ondulatoire, l'énergie transférée... dépend de la durée d'exposition".
- 4) Qu'est-ce qui a justifié la négation des caractères particuliers puis ondulatoire de la lumière ?

II) Le LASER, principe physique de fonctionnement

Lancer l'animation "LASER © Hachette Education".

- 1) Expliquer ce qu'est une émission spontanée et une émission stimulée.
- 2) Une émission spontanée peut-elle avoir une direction privilégiée ? Justifier.
- 3) Pourquoi l'émission stimulée est-elle préférable à l'émission spontanée dans une LASER ? ATTENTION : l'émission spontanée décrite dans l'animation est un cas particulier : le justifier !
- 4) Expliquer le phénomène d'inversion de population (réalisation et intérêt).
- 5) Expliquer comment amplifier un faisceau LASER.
- 6) Schématiser l'émission spontanée, l'émission stimulée, et l'inversion de population à l'aide des niveaux énergétiques d'un atome.

III) Le LASER : outil d'investigation et de transmission

A une extrémité de la table est placée une diode laser **modulable** par un GBF (ou un lecteur mp3). A l'autre extrémité un phototransistor est branché sur un générateur de tension continue. La tension aux bornes de ce phototransistor, relié à un haut-parleur, est proportionnelle à son éclairement.

III1) Principe de la transmission

Après avoir manipulé le montage, réaliser un diagramme énergétique expliquant comment on pourrait "transporter" la voix d'un chanteur d'un studio d'enregistrement jusque chez vous grâce à la fibre optique.

III2) LASER : outil de mesure

Proposer un protocole permettant de mesurer la distance entre deux sillons d'un CD puis d'un DVD. Le réaliser (on pourra aussi faire l'activité 3 page 378 du manuel)