

Ondes et signaux : une exploration du monde invisible

Prérequis

Pour aborder ce cours dans les meilleures conditions, il est essentiel de maîtriser quelques concepts clés issus des années de collège : - La distinction fondamentale entre une source de lumière et un objet éclairé. - La notion de vitesse (ou célérité) comme étant le rapport d'une distance par une durée : $v = \frac{d}{\Delta t}$. - La connaissance des trois états de la matière (solide, liquide, gazeux), indispensable pour comprendre la propagation du son. - Les bases de la manipulation des puissances de dix, notamment pour exprimer des distances astronomiques ou des échelles microscopiques.

Ce cours se situe généralement dans la deuxième moitié de l'année de Seconde Générale. Il fait suite à l'étude de la constitution de la matière et précède souvent l'étude des mouvements et des forces, offrant une transition idéale entre la structure de l'atome et la mécanique macroscopique.

Chapitre 1 : Nature et caractéristiques des signaux

Le monde qui nous entoure n'est que vibrations et échanges d'informations. Que vous écoutiez ce cours ou que vous lisiez ces lignes, vous utilisez des signaux. Un signal est une variation d'une grandeur physique (pression, tension électrique, champ électromagnétique) qui transporte une information d'une source vers un récepteur sans transport de matière.

1.1. Les ondes mécaniques : l'exemple du son

Une onde mécanique correspond à la propagation d'une perturbation dans un milieu matériel (solide, liquide ou gaz) sans transport global de matière, mais avec transport d'énergie. Le son est une **onde mécanique longitudinale**. Il résulte d'une succession de compressions et de dilatations des molécules du milieu.

Définition : Le son ne peut pas se propager dans le vide car il a besoin d'un support matériel pour "vibrer". La vitesse du son dans l'air, dans des conditions normales de température et de pression, est d'environ $v_{son} = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

1.2. Les ondes électromagnétiques : l'exemple de la lumière

Contrairement au son, la lumière est une **onde électromagnétique**. Elle a la particularité fascinante de pouvoir se propager dans le vide, ce qui nous permet de recevoir la lumière des étoiles.

Définition : Dans le vide (et par approximation dans l'air), la lumière se déplace à une vitesse limite appelée célérité, notée c .

$$c \approx 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Cette vitesse est une constante universelle. Pour vous donner une idée de l'échelle, la lumière parcourt environ sept fois le tour de la Terre en une seule seconde !

1.3. Vitesse, distance et durée

La relation fondamentale reliant la distance d parcourue par un signal, la durée du trajet Δt et sa vitesse v est :

$$v = \frac{(d)}{(\Delta t)}$$

Remarque pédagogique : Attention à la cohérence des unités. Si d est en mètres (m) et Δt en secondes (s), alors v sera en $m.s^{-1}$. En physique, nous n'utilisons plus la barre de fraction pour les unités au lycée, mais les exposants négatifs.

Question de réflexion : Si vous voyez un éclair et que vous entendez le tonnerre 6 secondes plus tard, à quelle distance se trouve l'orage ? Pourquoi voit-on l'éclair avant d'entendre le son ?

Chapitre 2 : Les phénomènes périodiques

De nombreux signaux naturels sont dits "périodiques". Cela signifie qu'ils se répètent identiquement à eux-mêmes sur des intervalles de temps réguliers. Pensez aux battements de votre cœur ou aux oscillations d'un pendule.

2.1. La période T

La **période** est la plus petite durée au bout de laquelle le signal se reproduit identiquement. Elle se note T et s'exprime en secondes (s). Sur un graphique représentant le signal en fonction du temps, la période correspond à la "longueur" d'un motif élémentaire sur l'axe des abscisses.

2.2. La fréquence f

La **fréquence** représente le nombre de répétitions du signal par seconde. Elle se note f (ou parfois ν en terminale) et son unité est le Hertz (Hz). La relation mathématique qui lie ces deux grandeurs est fondamentale :

$$f = \frac{(1)}{(T)}$$

Avec T en s et f en Hz .

Exemple concret : Si un signal a une période de $0,02s$, sa fréquence est $f = \frac{1}{0,02} = 50Hz$. C'est précisément la fréquence du courant alternatif qui sort de vos prises électriques en France.

2.3. Tension maximale et minimale

Pour un signal électrique observé à l'oscilloscope, on définit : - La **tension maximale** $U_{\max}$: la valeur la plus haute atteinte par le signal (en Volts, V). - La **tension minimale** $U_{\min}$: la valeur la plus basse (en Volts, V). - L'amplitude correspond souvent à la moitié de l'écart entre le maximum et le minimum pour un signal symétrique.

Chapitre 3 : Les ondes sonores et l'audition

Le son n'est pas qu'une simple formule physique ; c'est une perception sensorielle complexe qui lie la physique à la biologie.

3.1. Hauteur et timbre

La perception d'un son par l'oreille humaine dépend de deux paramètres physiques principaux :

1. **La hauteur** : Elle est liée à la fréquence. Un son "grave" possède une fréquence basse, tandis qu'un son "aigu" possède une fréquence élevée. L'oreille humaine saine perçoit des fréquences allant de 20Hz à 20000Hz .
2. **Le timbre** : C'est ce qui permet de distinguer deux instruments jouant la même note (même fréquence). Il dépend de la forme de l'onde (présence d'harmoniques).

3.2. Intensité sonore et niveau sonore

Il ne faut pas confondre l'intensité sonore I (énergie transportée, en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) et le **niveau sonore** L . Le niveau sonore L s'exprime en **décibels** (dB). C'est une échelle logarithmique (que vous étudierez plus en détail en terminale) qui correspond mieux à la sensibilité de notre oreille.

Loi de sécurité : Une exposition prolongée à des niveaux supérieurs à 85dB présente un risque réel pour l'audition (destruction irréversible des cellules ciliées de l'oreille interne).

3.3. Application corrigée : L'écholocalisation

Un dauphin émet un clic sonore sous l'eau. Il reçoit l'écho de ce clic réfléchi par un poisson $0,10\text{s}$ plus tard. La vitesse du son dans l'eau de mer est $v_{\text{eau}} = 1500\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. À quelle distance se trouve le poisson ?

Corrigé guidé :

1. Le signal fait un aller-retour. La distance parcourue par le son est donc $D = 2 \cdot d$ (où d est la distance dauphin-poisson).
2. On utilise la formule $D = v \cdot \Delta t$.
3. $2 \cdot d = 1500 \cdot 0,10 = 150$.

$$4. \quad d = \frac{150}{2} = 75.$$

Le poisson se trouve à $75m$ du dauphin.

Chapitre 4 : La lumière et le modèle du rayon lumineux

Dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage en ligne droite. C'est le modèle du **rayon lumineux**.

4.1. Réflexion et Réfraction

Lorsqu'un rayon lumineux frappe une surface séparant deux milieux transparents différents (par exemple l'air et l'eau), deux phénomènes se produisent : - La **réflexion** : la lumière "rebondit" sur la surface et reste dans le premier milieu. - La **réfraction** : la lumière traverse la surface mais subit un changement de direction.

4.2. Les lois de Snell-Descartes

Pour étudier ces phénomènes, on définit la **normale** (la droite perpendiculaire à la surface au point d'impact). Chaque milieu est caractérisé par un **indice de réfraction** n (sans unité, avec $n \geq 1$). Pour l'air, $n \approx 1,00$.

Deuxième loi de Snell-Descartes pour la réfraction :

$$n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$$

- n_1 et n_2 sont les indices des milieux 1 et 2.
- i_1 est l'angle d'incidence (entre le rayon incident et la normale).
- i_2 est l'angle de réfraction (entre le rayon réfracté et la normale).

Conseil de professeur : Vérifiez toujours que votre calculatrice est en mode "Degrés" avant de calculer un sinus !

4.3. Application corrigée : Passage air-verre

Un rayon passe de l'air ($n_1 = 1,00$) vers un bloc de verre ($n_2 = 1,50$) avec un angle d'incidence de 30° . Calculer l'angle de réfraction.

Corrigé guidé :

$$1. \text{ On pose la loi : } 1,00 \cdot \sin(30^\circ) = 1,50 \cdot \sin(i_2).$$

2. On sait que $\sin(30^\circ) = 0,5$.

3. Donc $0,5 = 1,50 \cdot \sin(i_2)$, soit $\sin(i_2) = 0,5/1,5 = 0,333$.

4. En utilisant la fonction $\arcsin$ ou $\sin^{-1}$ sur la calculatrice, on trouve $i_2 \approx 19,5^\circ$.

Le rayon se rapproche de la normale car il passe dans un milieu plus "réfringent".

Chapitre 5 : Dispersion de la lumière et spectres

Pourquoi le ciel est-il bleu et l'arc-en-ciel multicolore ? La réponse réside dans la composition de la lumière.

5.1. Les lentilles minces convergentes

Une lentille est un milieu transparent limité par deux surfaces dont l'une au moins n'est pas plane. En Seconde, nous étudions les **lentilles convergentes** (bords fins, centre épais). - Le **foyer image** F_{prime} est le point où convergent des rayons arrivant parallèlement à l'axe optique. - La **distance focale** f_{prime} est la distance entre le centre optique O et le foyer image F_{prime} : $f_{\text{prime}} = OF_{\text{prime}}$. Elle s'exprime en mètres (m). - La **vergence** C d'une lentille est l'inverse de sa distance focale : $C = \frac{1}{f_{\text{prime}}}$. Elle s'exprime en **dioptries** (δ).

5.2. La dispersion par un prisme

La lumière blanche (comme celle du Soleil) est une lumière **polychromatique**. Elle est composée de plusieurs radiations colorées. Un prisme ou un réseau peut décomposer cette lumière. C'est le phénomène de **dispersion**. L'indice de réfraction d'un milieu dépend de la couleur (la longueur d'onde) de la radiation ; ainsi, le bleu est plus dévié que le rouge.

5.3. Les spectres d'émission et d'absorption

L'étude de la lumière nous permet de connaître la composition des étoiles : - **Spectre continu** : Émis par un corps chaud (solide, liquide ou gaz sous haute pression). Plus le corps est chaud, plus le spectre s'enrichit vers le violet. - **Spectre de raies d'émission** : Émis par un gaz à basse pression sous l'effet d'une excitation électrique. Chaque élément chimique possède sa propre signature (ses propres raies). - **Spectre de raies d'absorption** : Obtenu lorsqu'une lumière blanche traverse un gaz froid. Des raies noires apparaissent là où le gaz a absorbé ses propres radiations caractéristiques.

C'est ainsi que nous savons que le Soleil contient de l'hydrogène et de l'hélium sans jamais y avoir envoyé de sonde !

Résumé

- Un **signal** transporte une information sans transport de matière.
- Le **son** est une onde mécanique nécessitant un milieu matériel ($v_{air} \approx 340 m.s^{-1}$).
- La **lumière** est une onde électromagnétique pouvant se propager dans le vide ($c \approx 3,00.10^8 m.s^{-1}$).
- Un phénomène est **périodique** s'il se répète à intervalles de temps réguliers appelés **période** T .
- La **fréquence** f est le nombre de répétitions par seconde : $f = \frac{1}{T}$.
- L'oreille humaine perçoit les sons dont la fréquence est comprise entre $20 Hz$ et $20000 Hz$.
- La **réfraction** est le changement de direction de la lumière lors du passage d'un milieu à un autre, régie par $n_1 \cdot \sin(i_1) = n_2 \cdot \sin(i_2)$.
- Une **lentille convergente** est caractérisée par sa distance focale f' et sa vergence $C = \frac{1}{f'}$.
- La lumière blanche est **polychromatique** ; elle peut être décomposée en un spectre par un prisme.
- Les **spectres de raies** constituent la signature chimique des éléments présents dans une source ou un gaz.

From:
<https://www.wikiprof.fr/> - wikiprof.fr

Permanent link:
https://www.wikiprof.fr/doku.php?id=cours:lycee:generale:seconde_generale_et_technologique:physique_chimie:ondes_et_signaux&rev=1780070561

Last update: 2026/08/15 12:56

