

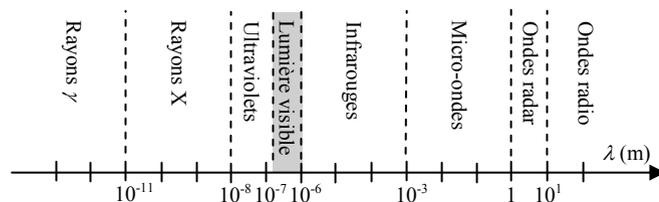
# 1

## Les ondes

### RAYONNEMENTS DANS L'UNIVERS

#### ● Le rayonnement électromagnétique

Les objets présents dans l'Univers (étoiles, trous noirs, nébuleuses, galaxies...) émettent des rayonnements électromagnétiques, caractérisés par des longueurs d'onde  $\lambda$ , s'étalant des rayons  $\gamma$  aux ondes radios. Le domaine de la lumière visible ne représente qu'une infime partie de la famille des ondes électromagnétiques.



*Ondes électromagnétiques*

Les pulsars, étoiles à neutrons, en rotation rapide, résidus d'une étoile qui a explosé en supernova sont des sources très énergétiques de rayonnement  $\gamma$ .

Les amas de galaxies, les centres des galaxies, les quasars, les trous noirs émettent des rayons X.

Le Soleil émet principalement un rayonnement électromagnétique s'étalant des ultraviolets aux infrarouges.

Le rayonnement fossile, capté depuis toutes les directions du cosmos, est le vestige des premiers instants ayant suivi la naissance de l'Univers : il est composé de micro-ondes.

#### ● Absorption du rayonnement par les molécules atmosphériques

Lors de leur pénétration dans l'atmosphère terrestre, les photons entrent en collision avec les molécules atmosphériques et sont progressivement absorbés.

L'absorption du rayonnement électromagnétique par les molécules atmosphériques est intimement liée aux quanta d'énergie transportés par les photons. Une molécule possède des niveaux énergétiques discrets ou quantifiés associés à des états de rotation, de vibration ou de configuration électronique. Un photon peut être absorbé lorsque son énergie correspond à une transition entre le niveau fondamental et un de ces états excités.

résumés de cours

exercices

contrôles

corrigés

En outre, une molécule peut être dissociée par des photons dépassant l'énergie d'ionisation de la molécule. Il y a alors un continuum énergétique d'absorption au-delà de l'énergie d'ionisation.

L'atmosphère terrestre étant transparente au rayonnement visible, on distingue trois types d'absorption moléculaire suivant l'énergie du photon incident :

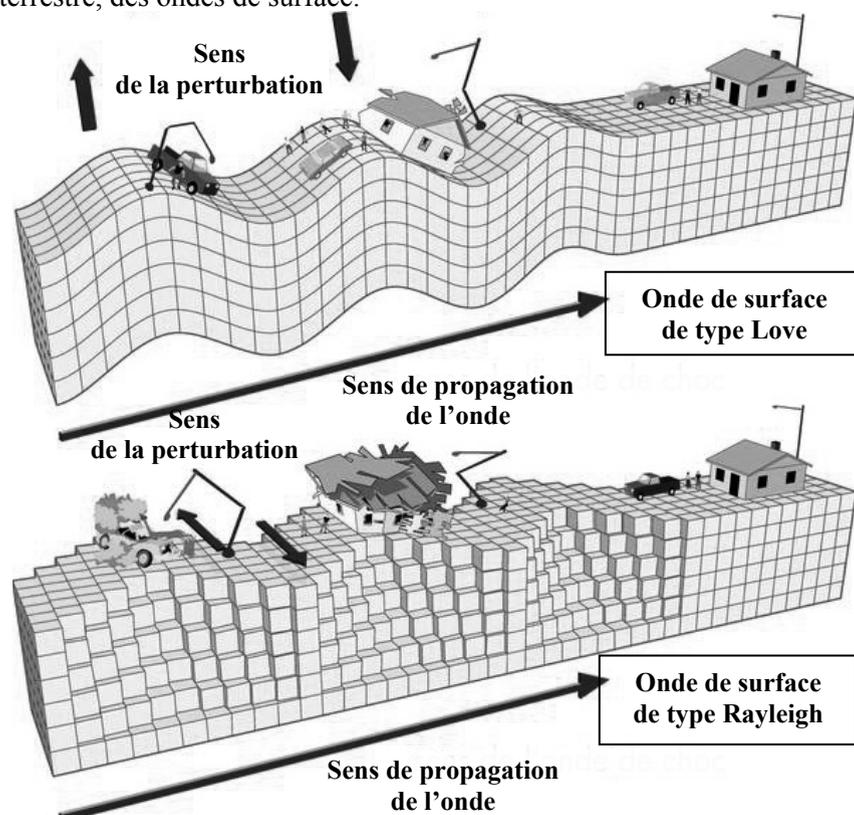
- ultraviolet : les molécules sont dissociées (absorption non quantifiée)
- infrarouge : les molécules vibrent (absorption quantifiée)
- micro-onde : les molécules tournent (absorption quantifiée).

## LES ONDES DANS LA MATIÈRE

### ○ Les ondes sismiques

Les ondes sismiques sont des ondes mécaniques élastiques qui peuvent traverser un milieu matériel sans le modifier durablement. La perturbation initiale se propage de proche en proche dans le milieu en faisant vibrer les particules qui le compose autour de leur position d'équilibre.

On distingue les ondes de volume, qui se propagent à l'intérieur du globe terrestre, des ondes de surface.



L'échelle de Richter permet de comparer entre elles les énergies libérées par les différents séismes. C'est une échelle logarithmique non linéaire :

les ondes sismiques d'un séisme de magnitude 6 ont une amplitude dix fois plus grande que celles d'un séisme de magnitude 5. L'échelle est ouverte et sans limite supérieure connue.

Description	Magnitude	Effets	Fréquence
<b>Micro</b>	< 1,9	Microtremblement de terre, non ressenti	8 000 par jour
<b>Très mineur</b>	2,0 à 2,9	Généralement non ressenti mais détecté, enregistré	1 000 par jour
<b>Mineur</b>	3,0 à 3,9	Souvent ressenti mais causant rarement des dégâts	49 000 par an
<b>Léger</b>	4,0 à 4,9	Secousses notables d'objets à l'intérieur des maisons, bruits d'entrechoquement. Dommages importants peu communs.	6 200 par an
<b>Modéré</b>	5,0 à 5,9	Peut causer des dégâts majeurs à des édifices mal conçus dans des zones restreintes. Cause de légers dommages aux édifices bien construits.	800 par an
<b>Fort</b>	6,0 à 6,9	Peut être destructeur dans des zones allant jusqu'à 180 km à la ronde si elle est peuplée.	120 par an
<b>Majeur</b>	7,0 à 7,9	Peut provoquer des dommages modérés à sévères sur des zones plus vastes.	18 par an
<b>Important</b>	8,0 à 8,9	Peut causer des dommages sérieux dans des zones à des centaines de kilomètres à la ronde.	1 par an
<b>Exceptionnel</b>	9,0 et plus	Dévaste des zones de plusieurs milliers de kilomètres à la ronde.	1 tous les 20 ans

La magnitude du séisme le plus fort jamais mesurée a atteint la valeur de 9,5 sur l'échelle de Richter le 22 mai 1960 au Chili. Le séisme qui a ravagé le Japon le 12 mars 2011 avait quant à lui une magnitude de 9,0.

#### ● Les ondes sonores

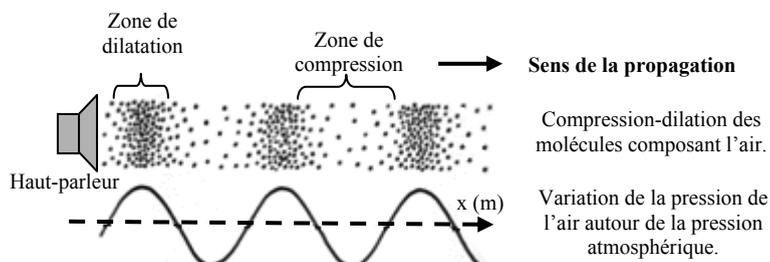
Les ondes sonores sont des ondes mécaniques longitudinales de compression-dilatation des atomes ou des molécules composant le milieu de propagation. Cette perturbation se propage de proche en proche en faisant vibrer les particules du milieu autour de leur position d'équilibre. Les sons ne se propagent donc pas dans le vide : leur propagation nécessite un milieu matériel (solide, liquide ou gazeux).

résumés de cours

exercices

contrôles

corrigés



*Propagation d'une onde sonore dans l'air*

Le niveau sonore noté  $L$ , se mesure en décibels acoustique ( $\text{dB}_A$ ). C'est une grandeur sans dimension, logarithme du rapport de l'intensité  $I$  de la source sonore exprimée en  $\text{W.m}^{-2}$  par l'intensité de référence  $I_0 = 10^{-12} \text{W.m}^{-2}$  qui correspond au seuil d'audibilité pour l'oreille humaine :

$$L = 10 \log \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

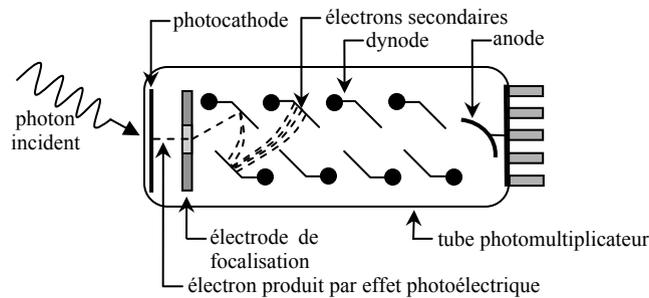
	$\text{dB}_A$	
	120	Bruits douloureux : marteau piqueur à 1 m.
	100	Bruits nocifs : concert, discothèque.
	80	Bruits pénibles : forte circulation, klaxon.
	70	Bruyant mais supportable : aspirateur à 1 m.
	50 à 60	Bruits courants : zone résidentielle.
	30 à 40	Calme : chambre à coucher, bureau tranquille.
	20	Très calme : conversation à voix basses.
0	Seuil d'audibilité.	

*Échelle des niveaux sonores*

## DÉTECTEURS D'ONDES

### ● Le photomultiplicateur : détecteur de photons

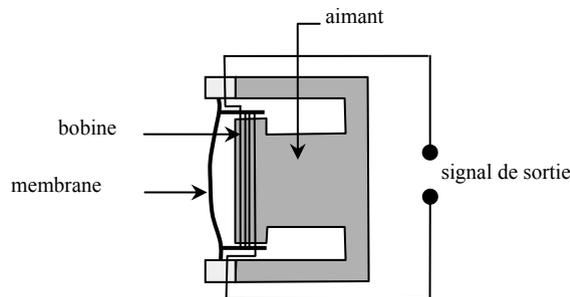
Le photomultiplicateur est un dispositif permettant de détecter les photons. Sous l'action de la lumière, des électrons sont arrachés au métal constituant la photocathode par effet photoélectrique. Le faible courant ainsi généré est ensuite amplifié par une série de dynodes mettant en jeu le phénomène d'émission secondaire d'électrons afin d'obtenir un gain important. Ce détecteur permet un comptage individuel des photons et est sensible aux ondes électromagnétiques s'étalant de l'ultraviolet à l'infrarouge proche.



*Schéma de principe d'un photomultiplicateur*

● **Le microphone dynamique : détecteur de sons**

Le microphone dynamique est un transducteur électroacoustique. Il convertit une onde sonore acoustique en une tension électrique variable. L'onde sonore entraîne la vibration d'une membrane sur laquelle est fixée une bobine. Le déplacement de cette dernière dans le champ magnétique statique créé par un aimant, engendre une tension électrique variable (phénomène d'induction) image du signal sonore.



*Schéma de principe d'un microphone dynamique*

**CARACTÉRISTIQUES DES ONDES**

● **Définition d'une onde**

Une onde est la propagation d'une perturbation produisant sur son passage une variation réversible des propriétés physiques locales. Certaines ondes ont besoin d'un milieu matériel (solide, liquide ou gazeux) pour se propager : c'est le cas des ondes mécaniques. Les ondes électromagnétiques peuvent se propager, quant à elles, y compris dans le vide.

● **Onde progressives unidimensionnelles**

Une onde progressive unidimensionnelle est une onde se propageant dans une seule direction de l'espace, en s'éloignant de la source qui engendre la perturbation.

résumés de cours

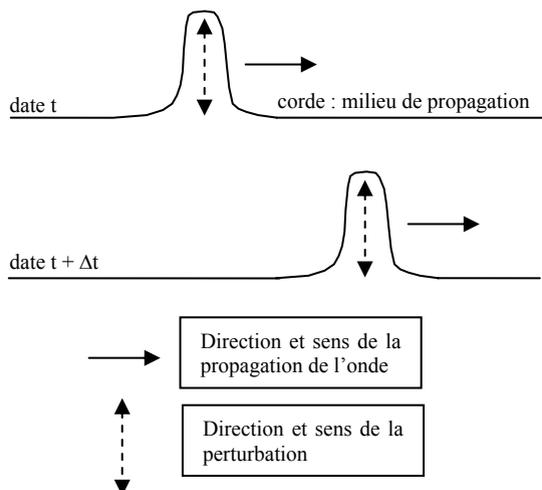
exercices

contrôles

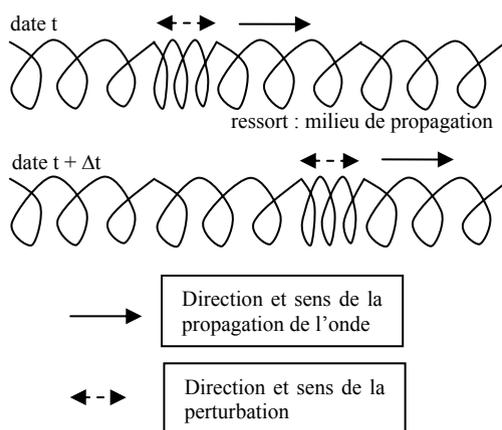
corrigés

On distingue les ondes unidimensionnelles progressives :

- transversales, dont la direction de propagation est orthogonale à celle de la perturbation ;
- longitudinales, dont la direction de propagation est parallèle à celle de la perturbation.



***Propagation d'une onde progressive unidimensionnelle transversale***

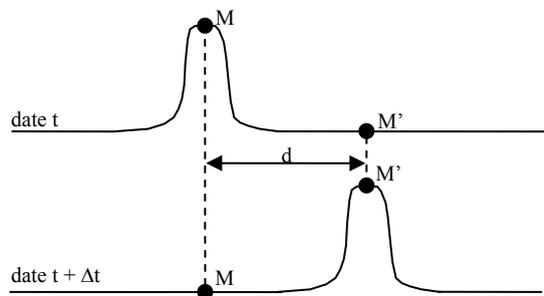


***Propagation d'une onde progressive unidimensionnelle longitudinale***

**○ Vitesse de propagation et retard**

La propagation d'une onde n'est pas un phénomène instantané car la vitesse de propagation a nécessairement une valeur finie.

Une onde qui perturbe un point M à une date  $t$ , atteint un point M' distant à une date  $t + \Delta t$ , c'est-à-dire avec un retard  $\Delta t$ . Le retard est proportionnel à la distance  $d$  séparant les deux points considérés et inversement proportionnel à la vitesse de propagation  $v$  de l'onde.



**La perturbation atteint le point  $M'$  avec un retard  $\Delta t$**

La vitesse de propagation, ou célérité, notée  $v$ , est le quotient de la distance  $d$  que l'onde a parcourue par la durée  $\Delta t$  nécessaire à ce trajet.

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} v \text{ en m.s}^{-1} \\ d \text{ en m} \\ \Delta t \text{ en s} \end{cases}$$

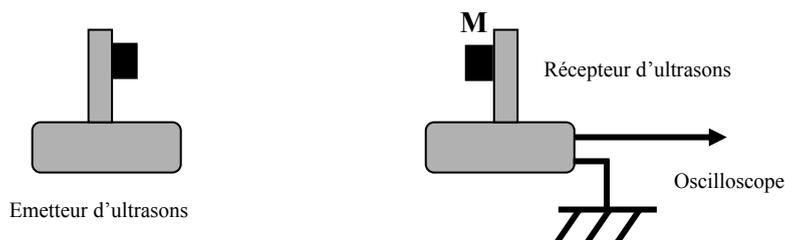
La célérité d'une onde dépend du milieu de propagation. Ainsi, la célérité du son dans l'air est de  $340 \text{ m.s}^{-1}$  et d'environ  $1500 \text{ m.s}^{-1}$  dans l'eau.

### ● Ondes progressives périodiques

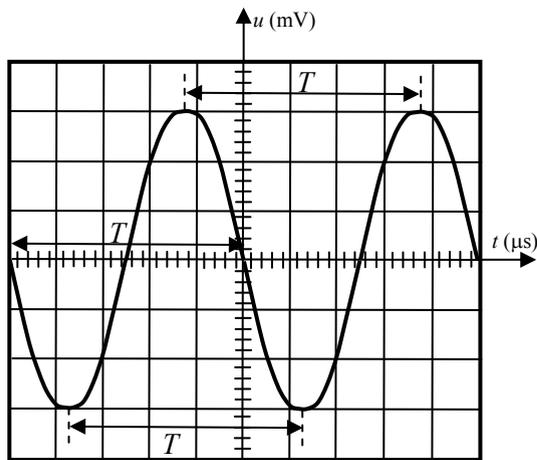
Une source, qui engendre une perturbation, se répétant identiquement à elle-même à intervalles de temps réguliers, produit une onde progressive périodique. Ainsi une source qui vibre sinusoïdalement produit une onde progressive sinusoïdale. Une onde progressive périodique est caractérisée par une double périodicité : temporelle et spatiale.

#### ► Période $T$ et fréquence $f$ (périodicité temporelle)

En un point  $M$ , fixe du milieu de propagation (air), on place un récepteur permettant de capter l'onde mécanique progressive périodique produite par un émetteur d'ultrasons. Un oscilloscope relié au récepteur d'ultrasons permet d'observer la nature du signal capté.



**Un récepteur relié à un oscilloscope permet de mesurer la période du signal associé à une onde ultrasonore**



Sensibilité horizontale :  $k_H = 5,0 \mu\text{s} / \text{DIV}$   
 Sensibilité verticale :  $k_V = 10 \text{ mV} / \text{DIV}$

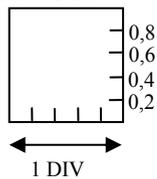
**Période d'une onde ultrasonore sinusoïdale**

Sur l'oscillogramme, la **période** est le plus petit **motif élémentaire** permettant de reconstituer l'intégralité du signal. On mesure la période  $T$  d'un signal sur l'écran d'un oscilloscope en appliquant la formule :

$T = n_H \times k_H$	$T$ : période (en s)
	$n_H$ : nombre de divisions horizontales correspondant à une période (en DIV)
	$k_H$ : sensibilité horizontale (en $\text{s} \cdot \text{DIV}^{-1}$ )

EXEMPLE : sur l'oscillogramme précédent  $T = 5 \times 5,0 = 25 \mu\text{s}$ .

**REMARQUE :**



Sur l'écran d'un oscilloscope, chaque division est divisée en cinq intervalles égaux par quatre subdivisions. Chacune d'entre elles représente donc un cinquième de division soit  $0,2 \text{ DIV}$ .

La période  $T$  d'une onde en un point M de l'espace est la plus petite durée au bout de laquelle ce point retrouve le même état vibratoire.

La fréquence  $f$  exprimée en hertz (Hz) est le nombre de périodes par seconde :

$f = \frac{1}{T}$	$f$ : fréquence en hertz (Hz) $T$ : période en seconde (s)
-------------------	---