

LES ONDES DANS LA MATIERE

I. Les ondes mécaniques progressives

1. Définition

Contrairement aux ondes électromagnétiques, qui peuvent se propager dans le vide, certaines ondes se propagent uniquement dans la matière : ce sont les ondes mécaniques

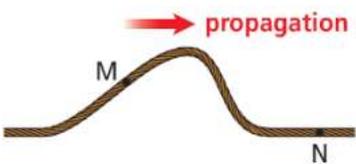
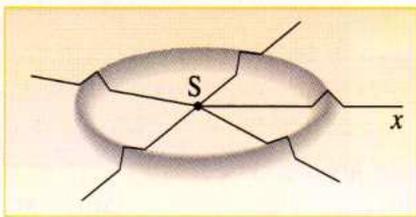
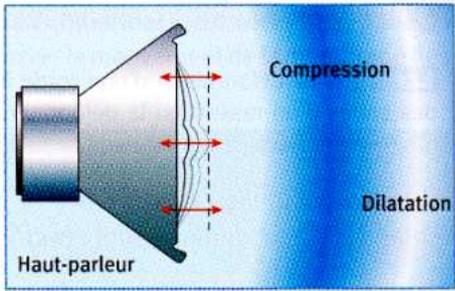
On appelle onde mécanique progressive le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel sans transport de matière.

On parle d'onde progressive pour bien spécifier que la perturbation progresse dans le milieu

2. Dimension du milieu de propagation

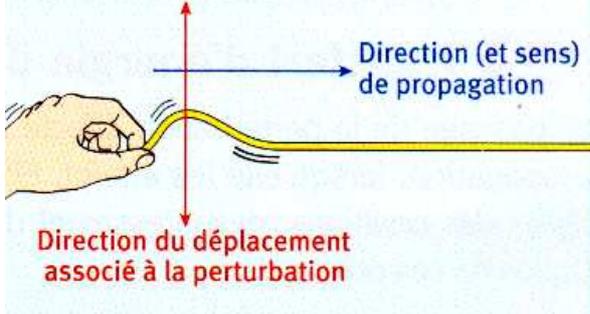
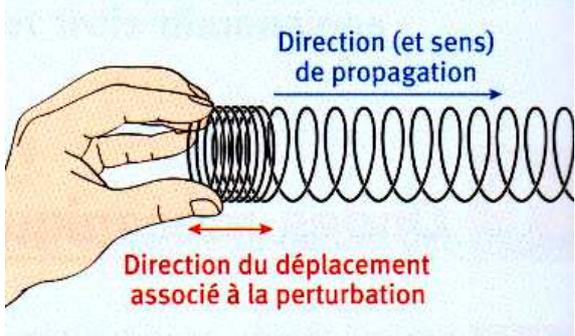
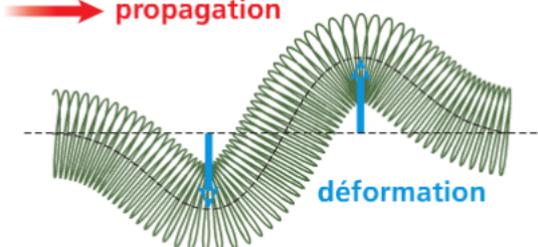
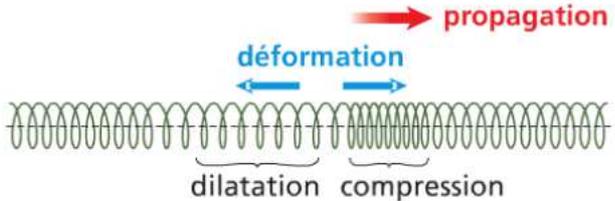
Une onde mécanique modifie localement et temporairement les propriétés mécaniques (vitesse, position, pression) du milieu matériel et se propage, à partir de la source, dans toutes les directions offertes par le milieu.

Les ondes mécaniques peuvent être à une, deux, ou trois dimensions :

	Onde à une dimension	Onde à deux dimensions	Onde à trois dimensions
	Lorsque qu'une seule direction de l'espace est offerte, on dit que l'onde est à une dimension	Lorsque la propagation se fait sur une surface, l'onde est à deux dimensions	Lorsque la propagation se fait dans tout l'espace, l'onde est à 3 dimensions.
Exemple	Onde se propageant le long d'une corde	Onde à la surface d'un fluide	Ondes sonores
Schéma			
Direction de propagation de l'onde	Horizontale	horizontale (La perturbation se propage sous forme de rides circulaires centrées sur le point de chute de la goutte)	l'onde émise se déplace dans toutes les directions de l'espace.
Direction de la déformation	perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde (Le point M s'est déplacé verticalement)	perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde (Des billes de polystyrène placées en surface effectuent un aller-retour vertical au passage de chaque onde, la perturbation est donc verticale)	La perturbation associée aux ondes sonores est une compression-dilatation locale de l'air, dont la direction est identique au sens de déplacement de l'onde
	Après le passage de la perturbation, on peut remarquer que le point repéré sur la corde ne s'est pas déplacé: il n'y a donc pas de transport de matière.	Après le passage de la perturbation, on peut remarquer que les billes de polystyrène ne se sont pas déplacées: il n'y a donc pas de transport de matière.	

3. Ondes mécaniques transversale et longitudinale

Il existe des ondes de deux types :

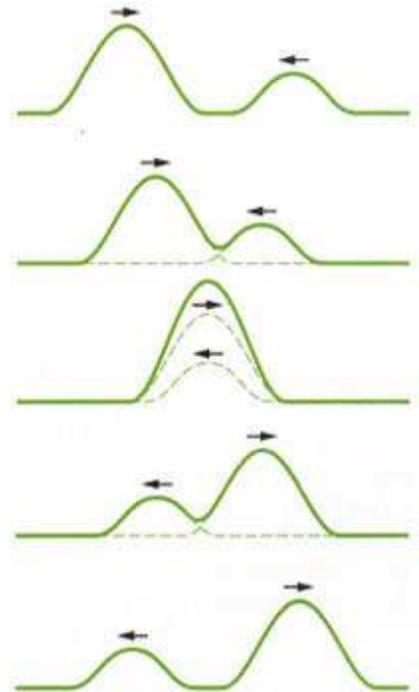
	Ondes transversales	Ondes longitudinales
DEFINITION	La déformation du milieu est <u>perpendiculaire</u> à la direction de propagation de l'onde.	La déformation du milieu est <u>parallèle</u> à la direction de propagation de l'onde.
EXEMPLES		
		

4. Propriétés générales des ondes mécaniques

Lors de la propagation d'une perturbation, il y a transfert d'énergie de proche en proche mais pas de matière (une fois la perturbation transmise, le milieu revient au repos).

Remarque : A cause des frottements existant lors du passage de la perturbation dans le milieu matériel, une partie de l'énergie est perdue (elle se transforme en chaleur). On dit qu'il y a amortissement du signal.

Lorsque deux ondes se croisent elles n'entrent pas en collision mais se croisent sans se perturber. Elles se superposent dans la zone où elles se rencontrent, et continuent de se propager sans modification de leur forme ni de leur direction. Les interférences créées par cette superposition seront étudiées prochainement



Les ondes mécaniques peuvent être réfléchies ou réfractées à l'interface entre deux milieux.

Ces phénomènes sont mis à profit dans de nombreuses applications : sonar, imagerie médicale, acoustique des salles, ...

II. Emission et détection des ondes

1. Sources et dispositifs de détection d'ondes mécaniques

Un apport d'énergie est nécessaire pour qu'une perturbation prenne naissance dans une région, appelée source, d'un milieu matériel. L'émetteur apporte l'énergie nécessaire à la création de cette perturbation

Exemples

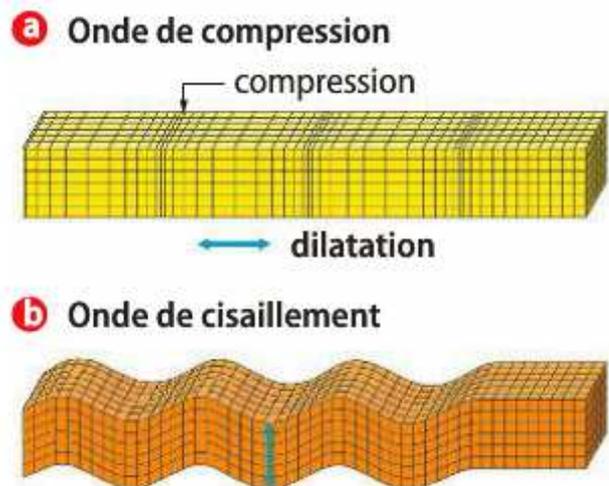
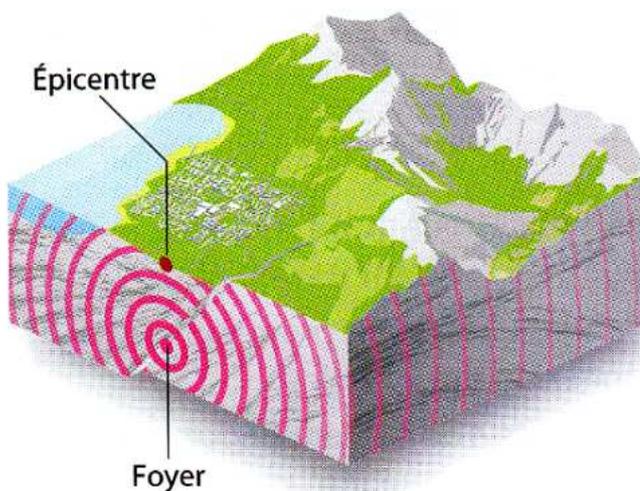
La rupture des roches cède à la terre l'énergie nécessaire à la formation des ondes sismiques ; le vent apporte à l'eau de surface l'énergie permettant la naissance de la houle ; la membrane d'un haut-parleur comprime et dilate la couche d'air avec laquelle elle est en contact pour créer une onde sonore.

La détection d'une onde mécanique met en œuvre un capteur qui transforme une des grandeurs physique du milieu modifié par le passage de la perturbation en ne grandeur facile à exploiter

2. Cas des ondes sismiques

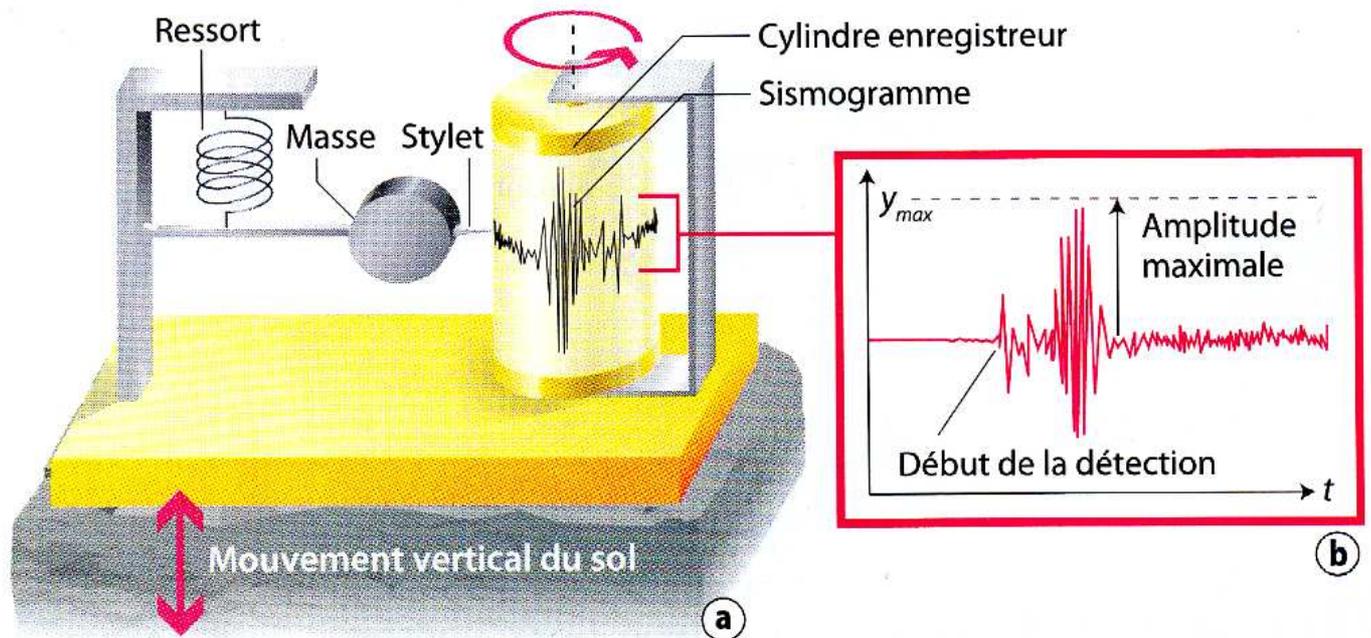
• Qu'est ce qu'une onde sismique ?

Les destructions engendrées par un séisme résultent du passage d'ondes sismiques. Initialement, un point de notre planète est ébranlé : c'est le foyer des ondes sismiques. Cette déformation se propage du fait de l'élasticité de la matière terrestre. Certaines ondes sont longitudinales, ce sont les ondes de cisaillement, d'autre transversale, ce sont les ondes de compression. L'épicentre est le point à la surface de la terre situé à la verticale du foyer du séisme.



• Comment les détecter ?

Un sismomètre (ou sismographe) sert à détecter les ondes sismiques ; Il est composé d'un socle relié au sol et d'un stylet qui trace sur un support l'amplitude des vibrations du sol. L'enregistrement est le sismogramme : c'est la courbe $y(t)$ de l'amplitude du stylet en fonction du temps



L'amplitude maximale y_{max} d'un sismogramme est la plus grande valeur possible de $y(t)$. L'échelle de Richter classe les séismes par une grandeur sans unité, la magnitude notée M , et lié au logarithme décimal de y_{max} .

$$M = \log \left(\frac{y_{max}}{y_0} \right) \quad \left\{ \begin{array}{l} y_{max} \text{ et } y_0 : \text{en mètre} \\ M : \text{sans unité} \end{array} \right.$$

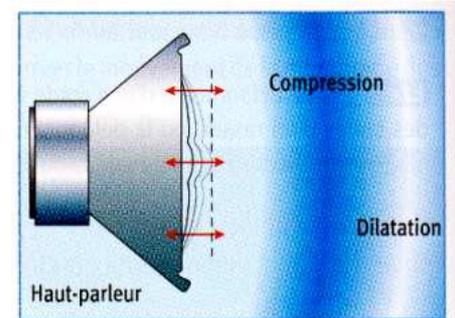
y_0 dépend de la distance du sismomètre à l'épicentre du séisme

3. cas des ondes sonores

• Qu'est ce qu'une onde sonore ?

Une onde sonore se propageant dans un fluide se caractérise par la propagation d'une perturbation qui affecte temporairement la densité des particules constituant celui-ci.

La propagation de la perturbation implique un déplacement local des particules composant le fluide, avant le retour à leur position d'équilibre. La propagation de l'onde sonore se caractérise par un transfert d'énergie de proche en proche. (La vitesse locale des particules due à la perturbation est différente de la célérité de la perturbation)



On définit l'intensité sonore I (ou intensité acoustique) comme une puissance sonore reçue par unité de surface. Elle s'exprime en Watt par mètre carré. Quand l'intensité sonore est uniforme sur toute la surface, la puissance sonore s'écrit :

$$P = I \cdot S \quad \left\{ \begin{array}{l} P \text{ en W} \\ I \text{ en } W \cdot m^{-2} \\ S \text{ en } m^2 \end{array} \right.$$

L'oreille commence à percevoir un son de fréquence 1000 Hz pour l'intensité sonore $I_0 = 10^{-12} W \cdot m^{-2}$: c'est le seuil d'audibilité.

Expérimentalement, on constate que la relation entre l'intensité sonore reçue et la sensation auditive n'est pas linéaire : si deux sources génèrent chacune en un point un son d'intensité I , l'intensité du son résultat double $I_r = 2I$. En revanche, si l'auditeur perçoit effectivement une augmentation de l'intensité sonore, il n'a pas la sensation que le niveau sonore a doublé ! Deux musiciens jouant ensemble ne font pas deux fois plus de bruit qu'un seul. Pour quantifier la sensation sonore, on utilise une grandeur L appelée niveau sonore, ou niveau d'intensité acoustique

Le niveau sonore L d'un son d'intensité I est défini par :

$$L = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \left\{ \begin{array}{l} L \text{ en le décibel (acoustique) dB}_A \\ I \text{ en } W \cdot m^{-2} \\ I_0 = 10^{-12} W \cdot m^{-2} \end{array} \right.$$

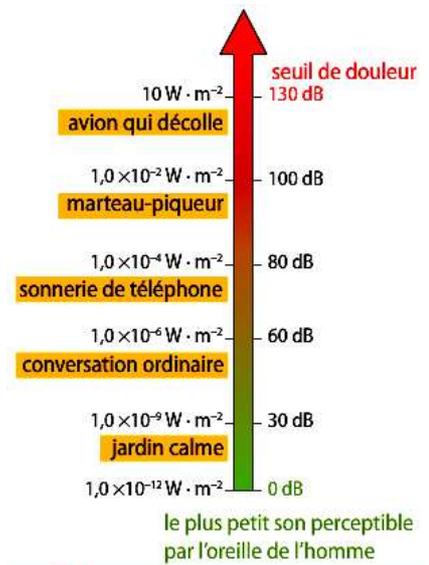


Fig. 5 Intensité sonore et niveaux d'intensité sonore.

• Comment les détecter ?

L'oreille est un détecteur naturelle d'onde sonore, l'énergie mécanique reçue est transformer en énergie électrique grâce aux cellules ciliées de la cochlée

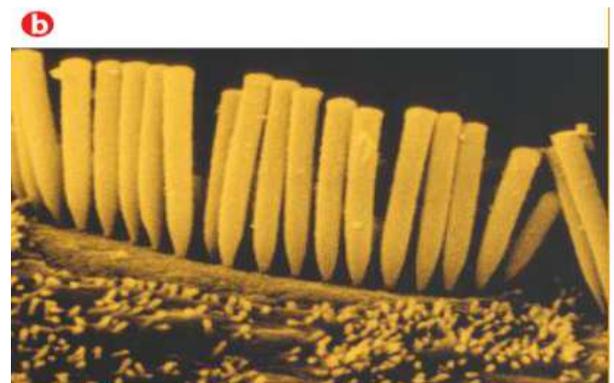
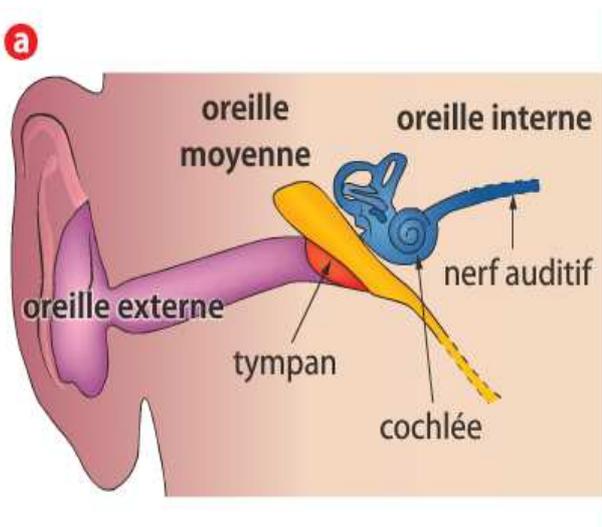


Fig. 3 **a** Coupe de l'oreille humaine. **b** Microscopie à balayage des cils des cellules ciliées internes se trouvant à l'intérieur de la cochlée.

4. cas de la houle

La houle est une onde de surface combinant à la fois les caractéristiques d'une onde transversale et d'une onde longitudinale. C'est le vent qui apporte à l'eau de surface l'énergie permettant la naissance de la houle.

c Onde de surface (type Rayleigh)

