

1

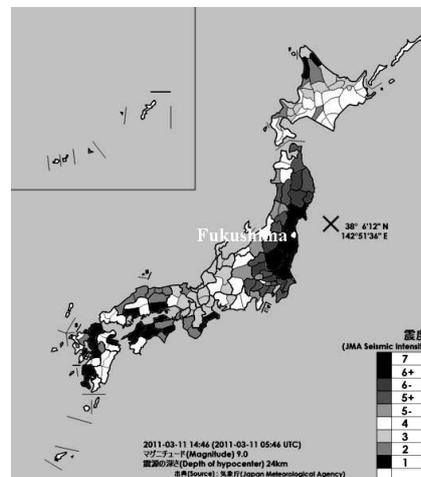
Les ondes et les particules qui nous entourent

1. ONDES ET PARTICULES

1.1. L'accident nucléaire de Fukushima-Daiichi

Le 11 mars 2011 à 14 h 46 min heure locale, un **tremblement de terre** de magnitude 9,0 sur l'échelle de Richter s'est produit au Japon. Moins d'une heure plus tard, un **tsunami** (une vague de 14 m de hauteur) a submergé les systèmes de refroidissement des réacteurs nucléaires de la centrale de Fukushima-Daiichi.

Le 12 mars, une explosion retentit et un bâtiment de la centrale explose. Des **particules radioactives** sont libérées dans l'atmosphère et des **rayonnements ionisants** sont détectés à proximité des sites contaminés.



1.2. Ondes

De nombreux phénomènes sont dits ondulatoires en référence à l'effet qu'ils ont sur le lieu où ils agissent. Ainsi un tremblement de terre ou une vague déforment respectivement le sol ou la surface de l'eau.

1.3. Particules

Dans le langage courant, le terme de particule désigne un objet ou une entité de petite dimension. En physique, ce terme est utilisé pour définir la matière. On peut distinguer les atomes, les ions et les noyaux atomiques.

On appelle particule élémentaire les unités de matières qui à ce jour sont indivisibles. On distingue les quarks et les électrons.

On appelle particule composite un ensemble de particules élémentaires dont les dimensions restent inférieures à celle de l'atome. On y trouve, entre autres, les nucléons, c'est-à-dire les protons et les neutrons.

Exemples de quelques particules.

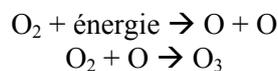
Nom	Masse en kg	Charge électrique en Coulomb (C)
<i>Proton</i>	$1,6726 \cdot 10^{-27}$	$1,602 \cdot 10^{-19}$
<i>Neutron</i>	$1,6749 \cdot 10^{-27}$	0
<i>Electron</i>	$9,11 \cdot 10^{-31}$	$-1,602 \cdot 10^{-19}$

2. INTERACTIONS ONDES-PARTICULES

Lorsqu'une onde rencontre une particule, il se produit un phénomène d'échange énergétique qui peut engendrer des modifications mesurables.

2.1. La couche d'ozone

A une altitude supérieure à 30 km, le rayonnement solaire possède suffisamment d'énergie pour séparer les deux atomes présents dans la molécule de dioxygène. L'oxygène atomique étant très réactif, il se combine avec une autre molécule de dioxygène pour former de l'ozone (O₃).



2.2. L'effet de serre terrestre

La température moyenne sur Terre est d'environ 15°C, ce qui a permis un développement de la vie et une très grande biodiversité. Ceci est dû à « l'effet de serre » de l'atmosphère. Ce phénomène complexe traduit un ensemble d'échanges énergétiques entre les ondes et la matière.

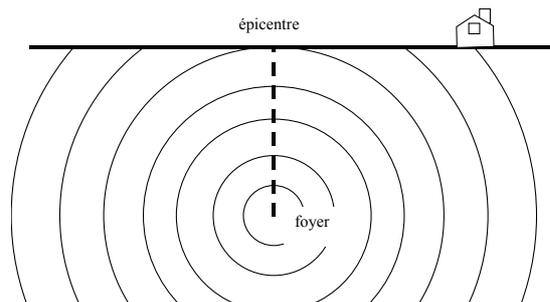
Les ondes et les particules qui nous entourent



2.3. Les séismes

Un séisme est une libération brutale d'énergie. L'onde produite se propage dans les différentes structures du sol et provoque en surface des dégâts sur les bâtiments.

On appelle épicerne le point qui est situé à la surface de la Terre à la verticale du foyer. Celui-ci est la source du séisme.



Pour hiérarchiser les séismes, on utilise plusieurs échelles. La plus connue est appelée échelle ouverte de Richter. Cette échelle correspond à la magnitude c'est-à-dire à l'énergie libérée au foyer. Elle est logarithmique et à chaque fois qu'on augmente d'une unité, l'énergie libérée est multipliée par 30 et l'amplitude du mouvement par 10.

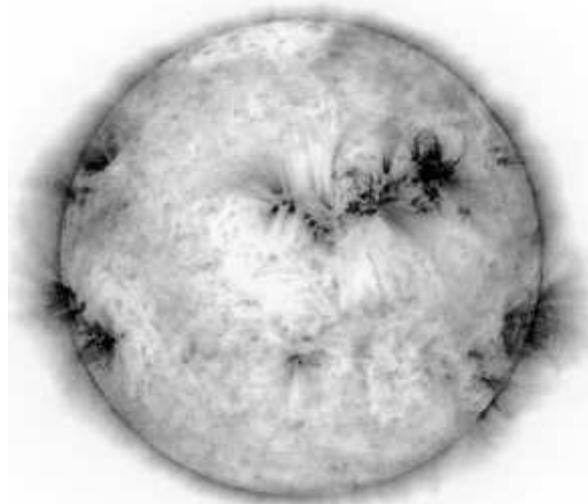
Magnitude	Effets	Appellation
< 3,5	Non ressenti mais détecté par les sismographes	Mineur
3,5 à 5,4	Ressenti mais sans dommage	Léger
5,4 à 6,0	Légers dommages aux bâtiments bien conçus, mais des dégâts importants possibles pour les autres bâtiments	Modéré
6,1 à 6,9	Peut être destructeur dans un rayon de 100 km	Fort
7,0 à 7,9	Sérieux dommages sur une large surface	Majeur
> 8,0	Très grands dommages sur une large surface	Dévastateur

3. COMMENT LES DETECTER ?

Toute source d'énergie est également une source d'ondes et/ou de particules. On classe cependant ces sources en fonction des particules émises ou des gammes d'ondes produites. Pour détecter les ondes et les particules, on utilise plusieurs types de détecteurs. Généralement on utilise l'interaction onde-particule pour accéder à une grandeur mesurable.

Quelques exemples de sources.

	Source de	Caractéristiques	Détecteur
${}_{13}^{26}\text{Al}$	${}_{+1}^0\text{e}$	Radioactif $\beta+$	Compteur Geiger
Soleil	Lumière	Visible	Œil
Soleil	Ondes radio	UV lointain	Camera UV



Exemple d'image du Soleil vue par le satellite SOHO en UV lointain.

2

Les ondes

1. QU'EST-CE QU'UNE ONDE ?

1.1. La perturbation

Sur l'image ci-contre, on aperçoit l'onde créée à la surface de l'eau lors de la chute d'une goutte.

On peut voir que l'onde modifie la hauteur de l'eau par rapport à la position initiale. C'est la perturbation du milieu de propagation.

Selon les ondes étudiées, la perturbation est la variation d'une grandeur physique caractéristique du milieu :

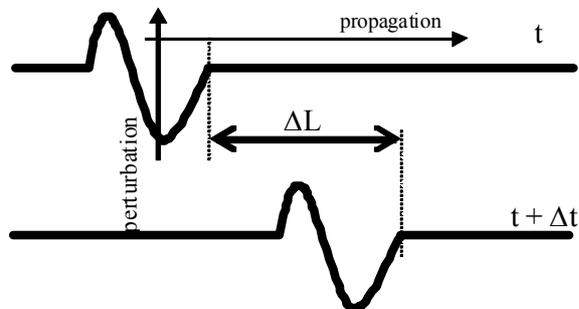
- Pour l'eau, c'est la hauteur par rapport à l'état d'équilibre
- Pour l'air, c'est la pression par rapport à la pression atmosphérique normale.
- Pour le vide, c'est la valeur du champ électrique...



1.2. La propagation

Le point où l'onde est créée est appelé la source. La perturbation se déplace de proche en proche dans toutes les directions offertes par le milieu de propagation.

Comme l'onde se déplace, entre deux instants t et $t + \Delta t$, l'onde progresse d'une distance ΔL .



Les ondes

On peut donc définir une célérité par la relation :

$$v = \frac{\Delta L}{\Delta t}$$

Remarque : Pour une onde, on parle de célérité alors que le terme de vitesse est réservé à un déplacement matériel.

1.3. Définition

Une onde progressive est le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu sans transport de matière mais avec transport d'énergie.

Si le milieu est nécessairement matériel (existe physiquement), l'onde est qualifiée d'onde mécanique.

Remarque : une onde non mécanique peut exister dans un milieu matériel, mais une onde mécanique ne peut exister dans le vide.

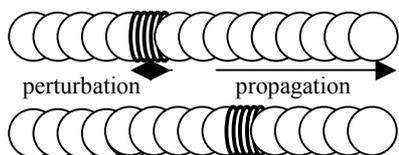
2. CARACTERISTIQUES DES ONDES

2.1. Les types d'ondes

Les directions de perturbation et de propagation peuvent prendre deux directions particulières :

- Soit elles sont perpendiculaires entre elles, l'onde est dite transversale.
- Soit elles sont parallèles entre elles, l'onde est dite longitudinale.

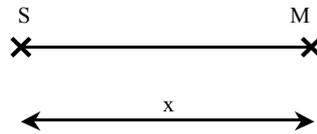
Dans l'exemple présenté en 1.2, on a une direction de propagation horizontale et une direction de perturbation verticale. Ces deux directions sont bien perpendiculaires donc il s'agit donc d'une onde transversale.



Dans l'exemple ci-contre, la direction de propagation est horizontale, mais la direction de perturbation est également horizontale. Les deux directions sont parallèles entre elles, on a dans ce cas une onde longitudinale.

2.2. Mouvement d'un point du milieu

On connaît la forme de la perturbation grâce à l'étude de la source. On décrit donc l'onde par une fonction $y_S(t)$.



On sait également que l'onde se propage avec une célérité V dans le milieu de propagation.

Si la distance entre la source S et un point quelconque M vaut $x = SM$, l'onde émise par la source mettra une durée τ pour atteindre le point M qui subira la même perturbation. Cette durée est appelée retard et se détermine par :

$$\tau = \frac{x}{V}$$

La perturbation en M sera décrite par une fonction $y_M(t)$ telle que :

$$y_M(t) = y_S(t - \tau)$$

2.3. Superposition de deux ondes

S'il existe plusieurs sources dans le milieu de propagation, un point M peut recevoir simultanément plusieurs ondes alors, leurs amplitudes s'ajoutent. Chaque onde se propage comme si les autres n'existaient pas.

Exercice d'application 1 _____

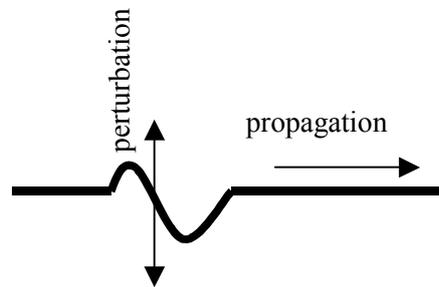
Un caillou tombe verticalement dans un plan d'eau. Après la chute, on observe quelques vagues circulaires concentriques.

1. Les vagues produites par la chute de caillou constituent une onde longitudinale ou transversale ?
2. Quelle est le milieu de propagation mis en jeu ?
3. Les ondes produites sont-elles mécaniques ou non ?
4. Pourquoi observe-t-on des vagues circulaires ?

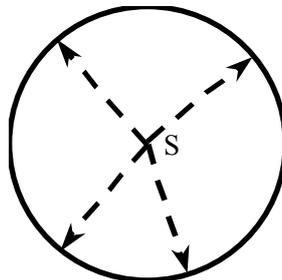
Corrigé

1. On remarque que les deux directions de propagation et de perturbation sont orthogonales, donc l'onde est transversale.

Les ondes



2. Les vagues se propagent à la surface de l'eau. L'eau est donc le milieu de propagation.
3. L'eau est un milieu matériel nécessaire à l'existence des vagues. Les ondes produites sont donc des ondes mécaniques.
4. L'onde produite se propage dans toutes les directions possibles du plan d'eau. De plus la vitesse de propagation est la même dans toutes les directions. Il se forme donc des cercles centrés sur la source (point de chute du caillou).



🦋 Exercice d'application 2 _____

Une source sonore émet un son très court à l'interface eau-air. On dispose deux microphones superposés à une distance $D = 2,00$ m de la source.

Le premier microphone atteint est aérien, le second est sous-marin. On mesure la durée séparant la détection du son les deux microphones, on obtient alors $\Delta t = 4,46$ ms.

Dans les conditions de l'expérience, la célérité du son dans l'air est de $v_{\text{air}} = 344 \text{ m.s}^{-1}$.