

ONDES MECANQUES PROGRESSIVES PERIODIQUES.

1. EXEMPLE D'ONDE PROGRESSIVE PERIODIQUE: LE LONG D'UNE CORDE.

On rappelle la période T d'un phénomène est la durée qui sépare la répétition à l'identique de ce phénomène.

Exemple:

La Terre a une période de rotation sur elle-même de 24 h.

Dans le cas d'une oscillation, la période T est la durée d'une oscillation complète.

On déduit de la période T , la fréquence f par la relation $f = 1/T$. Elle est numériquement égale au nombre d'oscillations complètes effectuées en 1,0 s; l'unité est le hertz (Hz).

Dispositif.

La source est un vibreur. Un vibreur est constitué d'une lame dont l'une des extrémités est et dont l'autre est placée devant un électroaimant alimenté en courant alternatif.



Lorsque l'électroaimant fonctionne, l'extrémité S de la lame vibre; elle effectue des oscillations périodiques autour de sa position d'équilibre.

On attache l'extrémité S de la lame à une corde élastique et on fait vibrer le point S.

Les points de la corde ont un mouvement trop rapide; on peut étudier ce mouvement en utilisant un stroboscope. Cet appareil délivre des éclairs très brefs séparés par une durée constante et réglable; il permet d'immobiliser un phénomène vibratoire ou de le ralentir.

Observation 1.

Il est possible d'observer, en éclairage stroboscopique, l'ensemble des points de la corde immobiles. Et l'aspect de la corde est celui d'une sinusoïde.

Interprétation 1.

Lorsqu'on observe la corde immobile, tous ses points effectuent, entre deux éclairs consécutifs, une ou plusieurs oscillations complètes et ils apparaissent toujours dans la même position. En conséquence, tous les points de la corde vibrent avec la même fréquence que la source.

Figure ci-contre.

Le point A suit le mouvement de la lame vibrante. A l'instant t , le point A se trouve sur la crête. Au fil du temps, le point A suit le mouvement de la lame et retrouve une position sur la crête à l'instant $t + T$. T est la période temporelle.

Définition 1.

On peut dire également qu'il apparaît une première périodicité: la périodicité temporelle; la source et les points atteints par l'onde vibrent avec la même période T . La durée qui sépare l'arrivée de deux perturbations successives en un point est appelé période temporelle T .

Observation 2.

En utilisant l'éclairage stroboscopique fournissant un mouvement au ralenti, on observe que certains points ont exactement le même mouvement: ils passent à leur position d'équilibre ou à leur écartement maximal aux mêmes instants.

Interprétation 2.

On dit qu'ils vibrent en phase. Ils sont régulièrement répartis sur la corde; on note λ et on appelle longueur d'onde la distance séparant deux points consécutifs vibrant en phase.

Figure ci-contre.

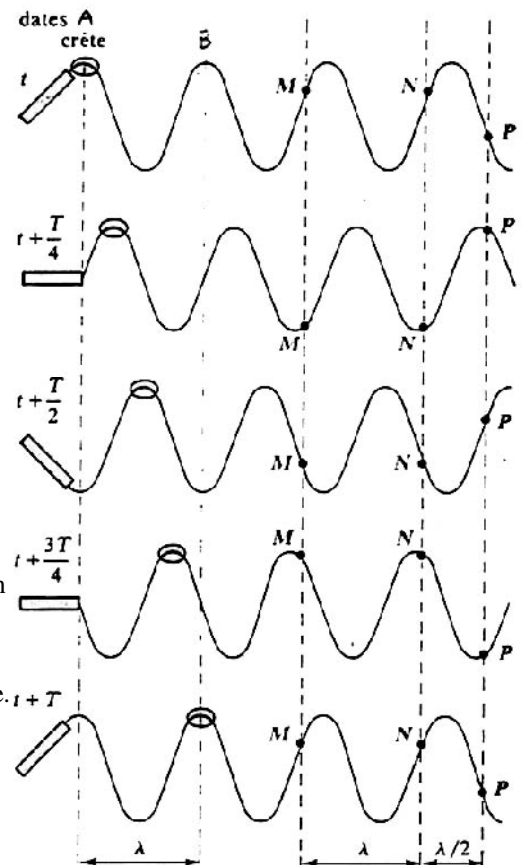
Les points M et N ont exactement le même mouvement... On parle de période spatiale.

Définition 2.

On peut dire également qu'il apparaît une seconde périodicité: la périodicité spatiale. La distance qui sépare deux perturbations successives est appelée période spatiale.

Relation fondamentale.

La relation qui relie les deux périodes d'une onde: $\lambda = VT = \frac{V}{f}$



On peut donc définir la longueur d'onde λ comme la distance parcourue par l'onde durant une période T .

Exemple Voir Tp Physique 2 - Atelier 1.

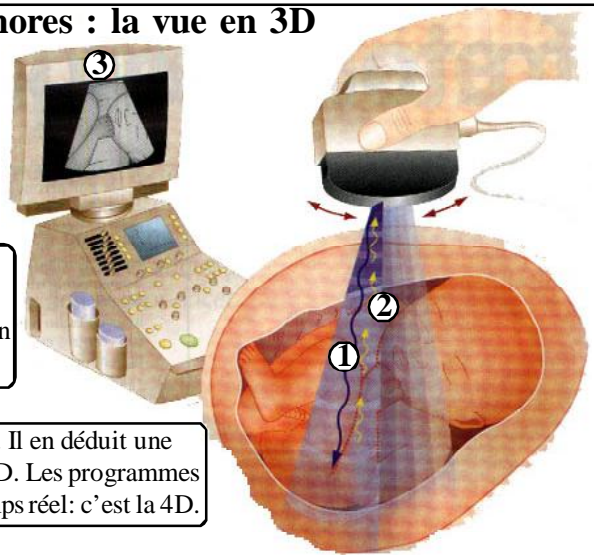
L'onde ultrasonore (et sonore) est une onde progressive périodique ayant une périodicité spatiale et temporelle.

Une application de la célérité des ondes ultrasonores : la vue en 3D

① La sonde envoie un faisceau d'ultrasons à travers le ventre de la mère. Le balayage du faisceau est latéral pour obtenir une image en 2D. Latéral et transversal pour une image volumique en 3D.

② Les ultrasons émis se réfléchissent différemment selon les tissus traversés. La sonde devient réceptrice et enregistre l'écho renvoyé. La distance des points est calculé en fonction du temps mis entre l'émission et la réception.

③ Le logiciel de traitement de l'image assemble les points obtenus. Il en déduit une image en coupe pour l'échographie en 2D et en volume pour la 3D. Les programmes les plus performants traitent l'information 3D quasiment en temps réel: c'est la 4D.



2. DISPERSION ET DIFFRACTION DES ONDES.

Voir Tp Physique 2 - Atelier 3.

2.1. DISPERSION DES ONDES.

Expériences Voir le Tp

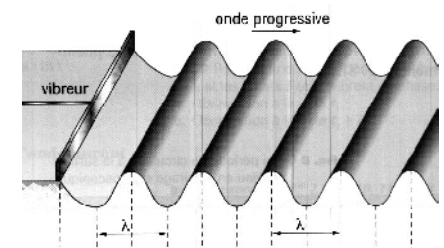
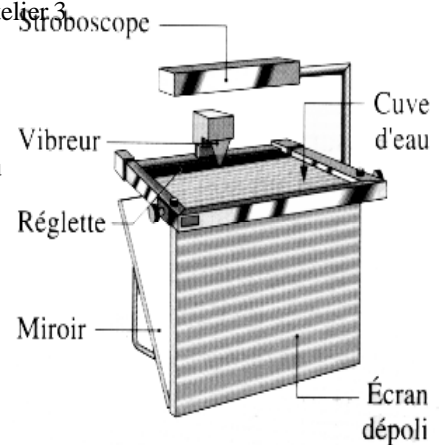
La dispersion.

Dans une onde progressive comme l'onde plane à la surface de l'eau, tous les points du milieu vibrent parce que le mouvement de la source leur est transmis de proche en proche. La propagation de ce mouvement s'effectue avec une célérité V qui est constante dans des conditions déterminées (en particulier, pour une profondeur d'eau donnée).

Cependant, si l'on mesure cette célérité pour différentes valeurs de la fréquence de la source, on constate que la célérité de l'onde dépend de cette fréquence. On dit alors que le milieu de propagation est **dispersif**.

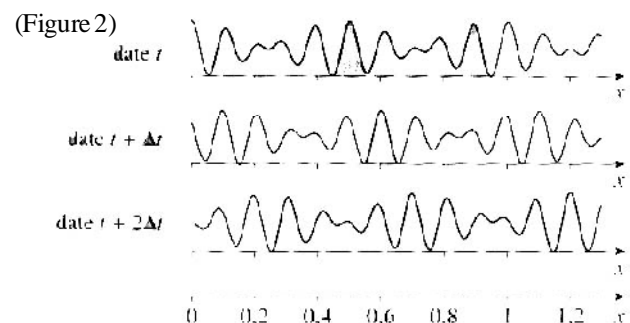
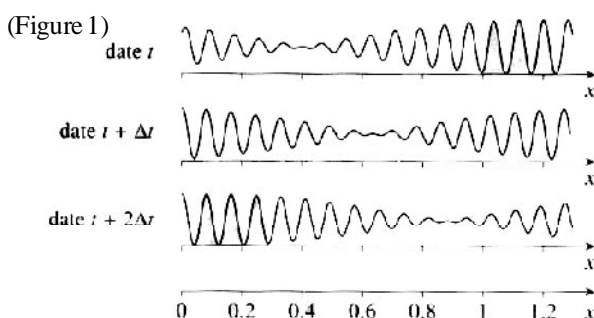
Un milieu est **non dispersif** si la célérité des ondes dans ce milieu ne dépend pas de leur fréquence.

Par exemple, sur la cuve à ondes, la célérité des ondes dépend de la profondeur de l'eau. Pour une profondeur de 3 mm, on observe une importante dispersion alors que celle-ci est minimale pour une profondeur de 6 mm.



Conséquences.

- Si le milieu n'est pas dispersif (Figure 1) chaque composante sinusoïdale de l'onde se propage avec la même célérité et la forme de l'onde est conservée pendant la propagation. C'est parce que l'air n'est pas un milieu dispersif pour le son que tous les spectateurs entendent la même musique.



En réalité, si l'amplitude des ondes sonores est importante, l'air devient dispersif. Ainsi, lors du grondement du tonnerre, les ondes de basses fréquences (son grave) se propagent plus lentement que les ondes de hautes fréquences: le roulement du tonnerre (le bruit sourd et plus ou moins long) correspond à l'arrivée tardive de ces basses fréquences.

- Si le milieu est dispersif (Figure 2), la célérité dépend de la fréquence et pendant une même durée Δt chaque composante sinusoïdale a progressé d'une distance différente. La forme de l'onde à $t + \Delta t$ est alors différente de celle qu'elle était à la date t .

2.2. DIFFRACTION D'UNE ONDE PLANE PAR UNE FENTE.

Expériences Voir Tp Physique 2 - Atelier 3.

Définition.

Il y a diffraction d'une onde lorsqu'elle traverse une ouverture dont la largeur est du même ordre de grandeur ou inférieure à sa longueur d'onde.

Remarque.

La diffraction est d'autant plus marquée que l'ouverture est petite par rapport à la longueur d'onde;

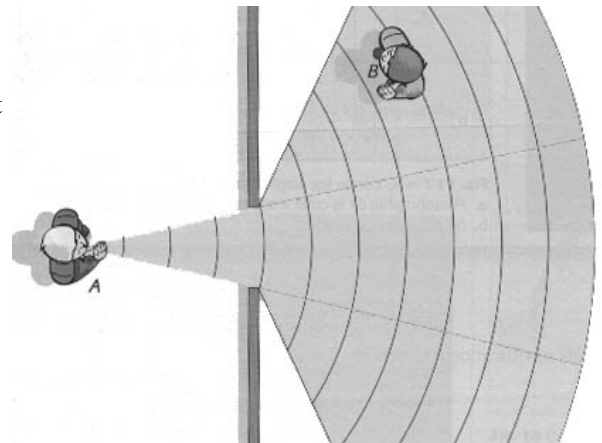
La diffraction se produit lorsqu'une onde traverse une ouverture ou lorsqu'elle rencontre un obstacle de petite dimension.

L'onde incidente et l'onde diffractée ont même fréquence et même célérité et, par conséquent, la même longueur d'onde.

Le phénomène de diffraction est caractéristique de tout phénomène ondulatoire. Inversement, lorsqu'un phénomène physique présente cette propriété, il s'agit d'une preuve de sa nature ondulatoire. C'est de cette façon que l'on mettra en évidence le caractère ondulatoire de la lumière.

Exemples. Voir Tp Physique 2 - Atelier 2.

Ainsi, une personne située dans une pièce entend les appels même si elle n'est pas en face d'une ouverture.



Le radar qui contourne les obstacles.

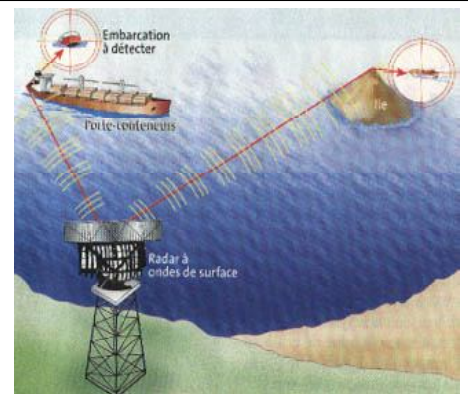
Les ondes d'un nouveau système émetteur-récepteur se diffractent au contact d'îles ou d'embarcations pour rendre compte de ce qui se passe derrière.

Quelque part dans le détroit de Malacca, qui sépare la presqu'île malaise de l'île de Sumatra, on expérimente un nouveau type de radar de détection maritime. Il s'agit d'un émetteur-récepteur dit à ondes de surface qui présente la particularité de ne pas se réfléchir sur les obstacles se trouvant sur son trajet de propagation, et de tout simplement les contourner.

On sait en effet que les ondes émises sur des fréquences HF (entre 3 et 30 MHz) ont la faculté de se diffracter au contact des obstacles qu'elles rencontrent. Ce phénomène, matérialisé par un changement de direction du faisceau, permet de voir derrière un obstacle.

La diffraction d'un faisceau sur un obstacle intervient lorsque les longueurs d'ondes utilisées sont de même ordre de grandeur (dans un rapport de 1 à 10) que la taille de l'obstacle rencontré. Ainsi un supertanker de longueur 100 mètres illuminé par bâbord ne laisse subsister aucune zone d'ombre par tribord dès lors que la longueur d'ondes de travail du radar oscille autour de 30 mètres. Toute embarcation évoluant derrière le bâtiment se trouve donc immédiatement détecté. Même aptitude à la détection derrière une île ou un piton rocheux d'une centaine de mètres. Quant à la portée du radar, elle oscille entre 30 et 200 kilomètres.

Le choix du détroit de Malacca s'explique par le fait que les pirates qui pullulent dans cette région mettent à profit la multitude d'îles et l'important trafic de gros navires pour se dissimuler.

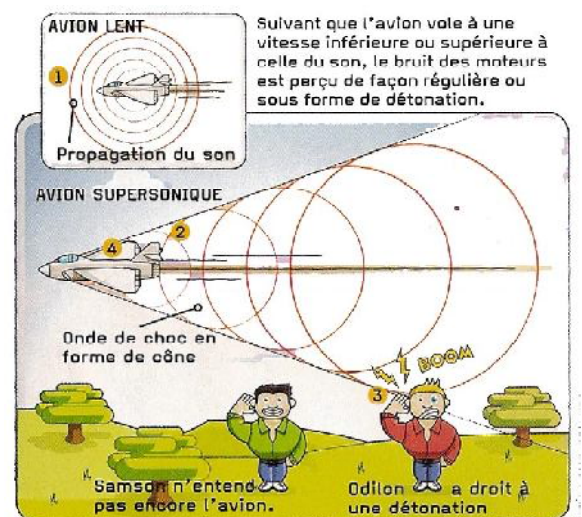


Sciences et Avenir Novembre 2004.

Le pilote d'un avion qui vole plus vite que le son a-t-il les oreilles explosées ?

Non le bang supersonique, ce bruit capable de casser les vitres d'une maison située à des kilomètres de l'avion, épargne les oreilles du pilote. Pour comprendre ce favoritisme, «écoutons» d'abord un avion qui vole moins vite que le son ne se propage (1). Ses moteurs font vibrer l'air qui les entoure. Autrement dit, ils produisent des mouvements de compression et de décompression de l'air, qui se déplacent dans toutes les directions de l'air à quelque 1 200 km/h. Jusqu'à l'entrée de nos oreilles. Et là, nous percevons le bruit des moteurs de l'avion.

L'avion en supersonique, lui, avance plus vite que les sons qu'il émet. Donc, les compressions/décompressions qu'il produit ne peuvent plus le dépasser par l'avant. Et s'entassent les unes sur les autres pour former une onde de choc en forme de cône (2). Ce cône marque l'endroit où la pression augmente brutalement. Et le bang dans tout ça ? Et bien, c'est une la violente sensation auditive que ressentent tous ceux qui croisent sa route, puisque les oreilles passent brutalement d'une pression normale à une pression plus forte. C'est le cas d'Odilon, le gars à terre qui vient d'être survolé par l'avion (3). Mais pas du pilote ! Le cône se déplace en même temps que l'avion. Donc, dans le cockpit, la pression de l'air ne varie pas. Du coup, pas de bang !



Sciences & vie Junior Hors Serie - Mars 2009