



Chapitre 2 : Les ondes mécaniques progressives périodiques

Pré requis :

- ✓ Définition d'un phénomène périodique vu en 2^{nde}
- ✓ Période et fréquence d'un phénomène périodique vu en 2^{nde}

Connaissances et savoir-faire exigibles :

- (1) Reconnaître une onde progressive périodique et sa période.
- (2) Définir pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence, la longueur d'onde.
- (3) Connaître et utiliser la relation $\lambda = v \times T$, connaître la signification et l'unité de chaque terme, savoir justifier cette relation par une équation aux dimensions.
- (4) Savoir, pour une longueur d'onde donnée, que le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la dimension d'une ouverture ou d'un obstacle est plus petite. (**voir TPφn°2**)
- (5) Définir un milieu dispersif.
- (6) Exploiter un document expérimental (série de photos, oscillogramme, acquisition de données avec un ordinateur...) : détermination de la période, de la fréquence, de la longueur d'onde. EXO
- (7) Reconnaître sur un document un phénomène de diffraction. EXO
- (8) Savoir faire expérimentaux : (**voir TPφn°2**)
Réaliser un montage permettant de mettre en évidence le phénomène de diffraction dans le cas d'ondes mécaniques, sonores ou ultrasonores.

Introduction :

Donnez des exemples dans la vie courante d'ondes mécaniques progressives périodiques ?

Ondes sismiques / Ondes radios / Ondes lumineuses / vagues (houle) / hola (stade)

Nous allons préciser dans ce chapitre les caractéristiques d'une onde mécanique progressive périodique et ses propriétés.

I Mouvement périodique et ondes progressives périodiques :

- 1) Rappel (2nd) : phénomène périodique :

Un phénomène périodique est un phénomène qui se **répète de la même manière à intervalles de temps réguliers**.

Ex : Battements du cœur, aiguilles d'une montre, révolution de la terre ...

Nous avons vu que l'on caractérise ces phénomènes par leur **période T : plus petite durée au bout de laquelle le phénomène se reproduit à l'identique**. T est exprimée en seconde.

- 2) Ondes progressives périodiques ⁽¹⁾ :

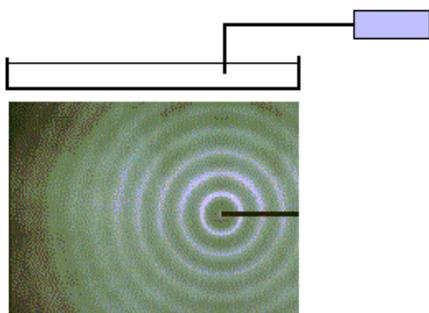
a. Exemples :

Expérience ou vidéo 8

Fiche élève

➤ Cuve à onde :

Au lieu de laisser tomber une goutte pour provoquer une onde, on frappe régulièrement la surface du liquide avec un excitateur :



On obtient une onde progressive circulaire périodique : sa période T correspond au temps entre deux frappes de l'excitateur sur le liquide.

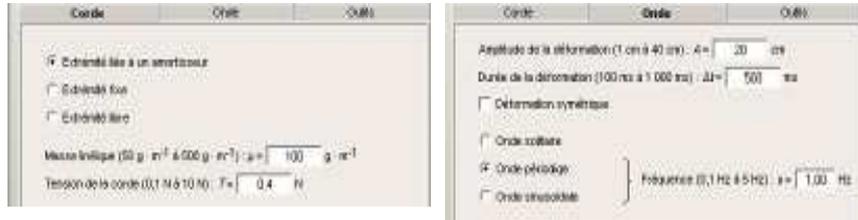
Chaque point de la surface de l'eau oscille suivant la verticale avec la même période temporelle T.

Que remarque t-on également ?

On voit les cercles correspondants aux crêtes de l'onde qui se répète régulièrement dans l'espace.

➤ Corde : *Simulation Hatier*

On provoque une perturbation périodique grâce à un exciteur :



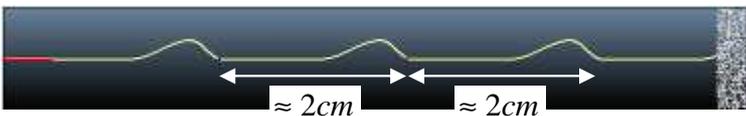
- ✓ On lance l'onde et on regarde le point rouge pour faire des arrêts sur image à chaque fois qu'il est atteint par une perturbation :



Toutes les 1 s environ, le point rouge est atteint par une perturbation :

Période temporelle : $T = 1$ s

- ✓ On regarde à présent grâce au curseur l'espace entre chaque perturbation :



Tous les 2cm environ, on retrouve une perturbation identique à la précédente :

Période spatiale : 2 cm

b. Définition :

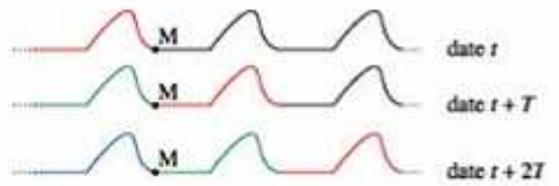
Si la source impose au milieu une **perturbation périodique**, l'onde résultante est une **onde progressive périodique** se propageant dans un seul sens.

3) Une double périodicité : temporelle et spatiale :

a. Périodicité temporelle :

Chaque point du milieu de propagation subit une suite ininterrompue de perturbations identiques :

La durée qui sépare l'arrivée de deux perturbations successives en un point est appelée période temporelle T

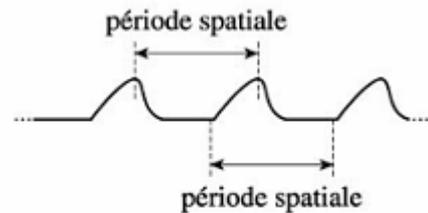


Le point M se met en mouvement vers le haut à $t, t+T, t+2T...$

b. Périodicité spatiale :

Si on observe le milieu de propagation à un instant t donné, on observe les perturbations régulièrement espacées :

La distance qui sépare de perturbations consécutives est appelée période spatiale.



Les perturbations sont régulièrement espacées.

II Ondes progressives périodiques sinusoïdales :

1) Exemple : *Simulation Hatier*

Si le vibreur qui perturbe la corde a un mouvement sinusoïdale, alors une photo de celle-ci à un instant donnée va nous montrer une courbe sinusoïdale :





En situation réelle, un stroboscope (qui émet des éclairs à intervalle de temps choisi) peut permettre de simuler un arrêt sur image ou bien de simuler le mouvement au ralenti de la corde.
On peut alors observer le mouvement sinusoïdale de la corde.

2) Définition :

L'onde mécanique progressive périodique est dite sinusoïdale si la perturbation est une fonction sinusoïdale du temps.

3) Caractéristiques de l'onde ^{(2) et (3)} :

- L'onde est caractérisée par sa **période temporelle T** et sa **fréquence v** qui sont imposés par la source. On rappelle que :

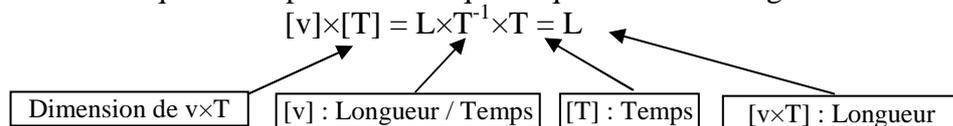
$$\boxed{v = \frac{1}{T}} \left\{ \begin{array}{l} T : \text{période temporelle de l'onde (s)} \\ v : \text{fréquence de l'onde (Hz)} \end{array} \right.$$

- L'onde est aussi caractérisée par la période spatiale comme on l'a vu en I.3.b.
Dans le cas d'une onde sinusoïdale, **on appelle cette période spatiale longueur d'onde**. Elle est **notée λ et est exprimé en mètres (m)**.

- **Cette longueur d'onde λ correspond à la distance parcourue par l'onde en une période T**. Ce qui donne naissance à une relation fondamentale :

$$\boxed{\lambda = v \times T = \frac{v}{v}} \left\{ \begin{array}{l} \lambda : \text{longueur d'onde (m)} \\ T : \text{période temporelle de l'onde (s)} \\ v : \text{fréquence de l'onde (Hz)} \\ v : \text{célérité de l'onde dans le milieu (m/s)} \end{array} \right.$$

Rq : On peut justifier cette équation à l'aide d'une **équation aux dimensions** dans laquelle on considère l'unité de chaque terme pour vérifier que l'équation est homogène :



On retrouve bien le fait que $\lambda (= v \times T)$ a la dimension d'une longueur (unité : m, μm, nm, ...)

Exercices n° 10, 14 et 19 p 53-55

III Des propriétés spécifiques aux ondes : diffraction et dispersion :

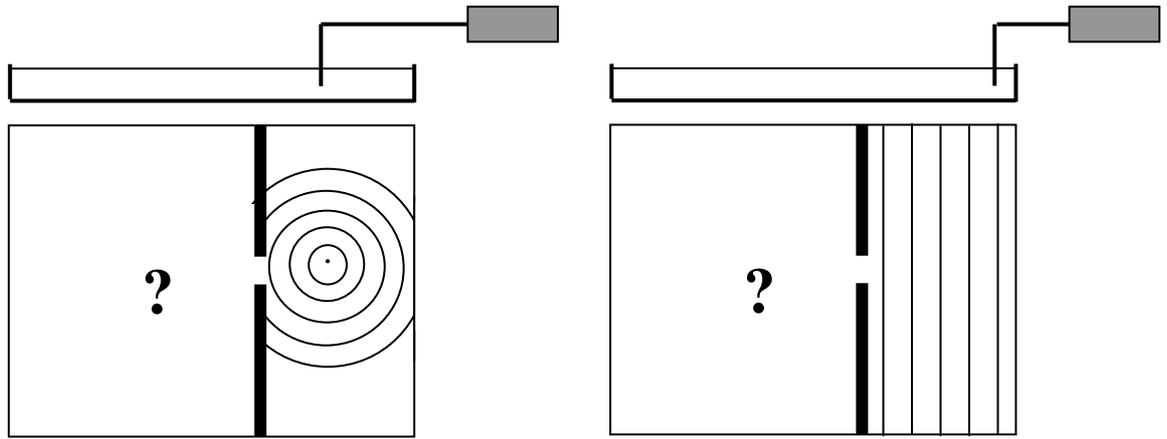
1) Diffraction :

a. Présentation du phénomène : *Expérience cuve à onde ou vidéos 10-11* *Fiche élève*

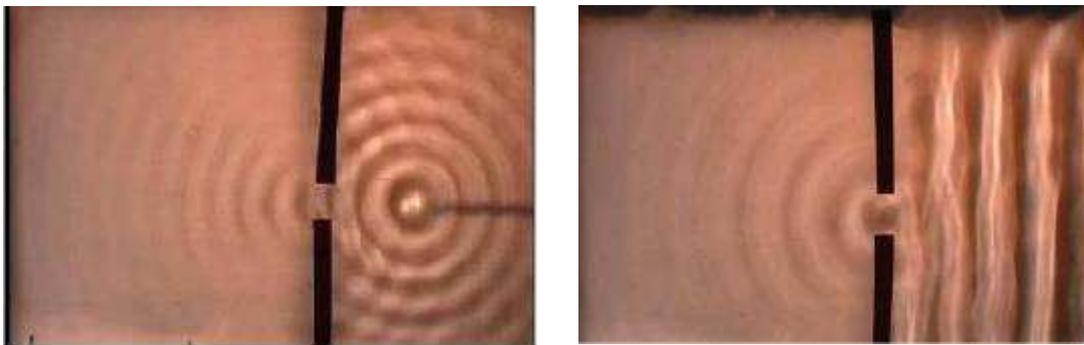
On peut créer à la surface de l'eau de la cuve à onde :

- Soit une onde périodique circulaire à l'aide d'une pointe vibreur.
- Soit une onde plane périodique à l'aide d'une règle relié au vibreur .

Que se passe t-il si celles-ci rencontrent une ouverture (ou un obstacle) de petite dimension ?



Les élèves viennent proposer leur schéma au tableau
On réalise l'expérience :



Ecrivons en quelques mots ce qu'il s'est passé :

Une onde périodique circulaire apparaît au niveau de la fente (et non pas de la source), quelque soit l'onde qui arrive sur elle : **C'est le phénomène de diffraction.**

Mesures complémentaires (vidéo 14) : on effectue des mesures de T et λ pour l'onde incidente et pour l'onde diffractée ⁽⁶⁾ :

On peut effectuer ces mesures en direct avec un stroboscope ou sur un enregistrement vidéo pour vérifier que l'onde diffractée et l'onde incidente ont même période et même longueur d'onde. Elles se propagent avec la même célérité (pour les deux ondes : $T = 8 \cdot 10^{-2}$ s et $\lambda = 2$ cm).

Ce phénomène est caractéristique des ondes progressives.

b. Définition :

Si la longueur d'onde λ de l'onde n'est pas négligeable devant les dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle, il y a modification du comportement de l'onde sans modification de sa longueur d'onde.

c. Influence de la dimension de l'obstacle sur le phénomène ⁽⁴⁾ : Vidéos 12-13

Expérience : on diminue la largeur de la fente.

Observation : le phénomène s'observe dans un angle plus grand que précédemment.

Conclusion : **Si l'on modifie la largeur de la fente, on constate que le phénomène est bien observable à l'intérieur d'un angle d'autant plus grand que la largeur de la fente est plus faible.**

d. Résumé :

- **On observe un phénomène de diffraction lorsqu'une onde traverse une ouverture ou rencontre un obstacle dont la dimension est voisine de la longueur d'onde λ .**
- **Plus la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle est petite, plus le phénomène de diffraction est marqué.**



2) Dispersion ⁽⁵⁾:

a. Présentation du phénomène : *Expérience cuve à onde ou vidéos 15-16*

On crée des ondes planes rectilignes à l'aide d'une règle qui frappe périodiquement la surface du liquide. On donne deux fréquences différentes à l'excitateur et on mesure la longueur d'onde des ondes pour remonter à leur vitesse :

Grande fréquence :

$$6 \times T = 4.0 \times 10^{-1} \text{ d'où } T = 6.7 \times 10^{-2} \text{ s d'où } v = 15 \text{ Hz et } \lambda = 2.0 \text{ cm} \Rightarrow v = \lambda \times \nu = 0.30 \text{ m/s}$$

Petite fréquence :

$$7 \times T = 7.6 \times 10^{-1} \text{ d'où } T = 1.1 \times 10^{-1} \text{ s d'où } v = 9.2 \text{ Hz et } \lambda = 3.0 \text{ cm} \Rightarrow v = \lambda \times \nu = 0.28 \text{ m/s}$$

On remarque alors que la célérité des ondes dépend de leur fréquence.

b. Définition : milieu dispersif ou non dispersif :

Un milieu est **dispersif** si la **célérité des ondes** qui s'y déplacent **dépend de leur fréquence**.

Ex : l'eau est un milieu dispersif pour les ondes à sa surface / le verre est un milieu dispersif pour les ondes lumineuses (voir chap 3)

Cex : L'air est un milieu non dispersif pour les ondes sonores et ultrasonores.

Exercice n° 20