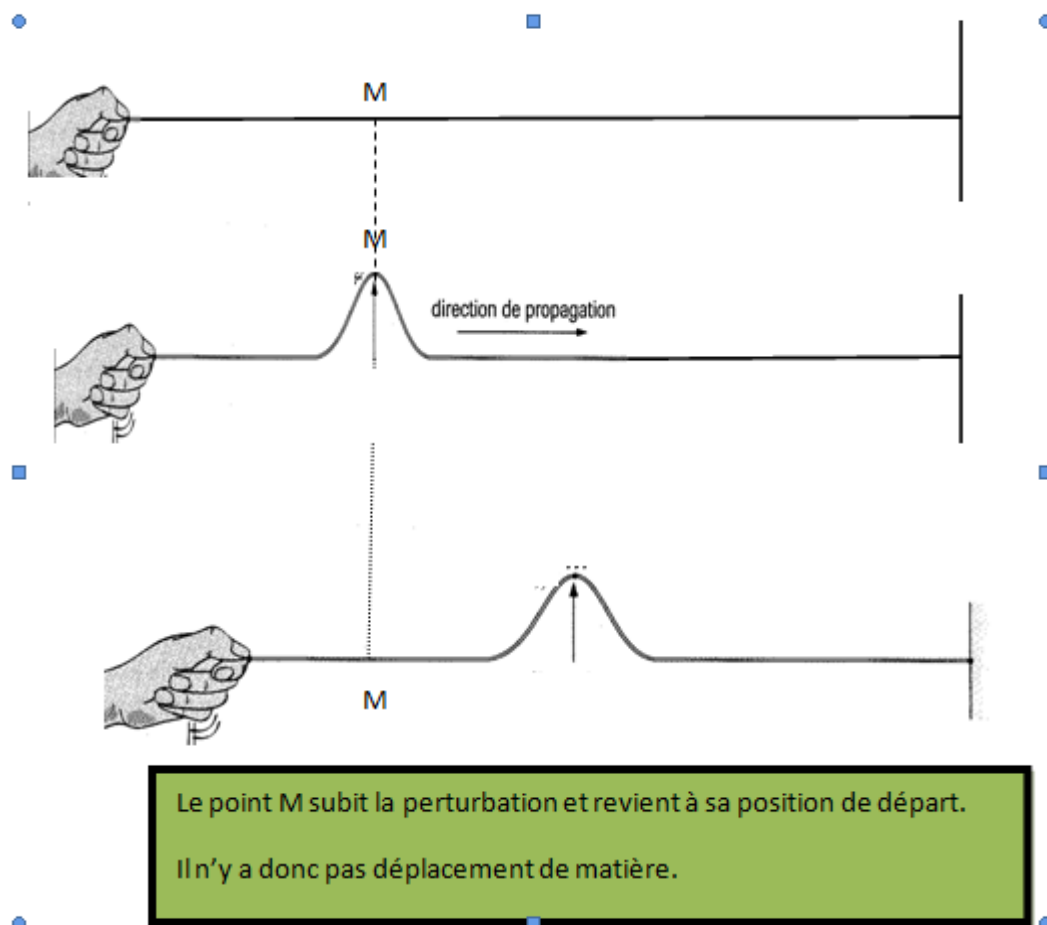


Chapitre 14 LES ONDES MECANIKES PROGRESSIVES

I. Différents types d'ondes mécaniques progressives :

1) Définition générale.

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

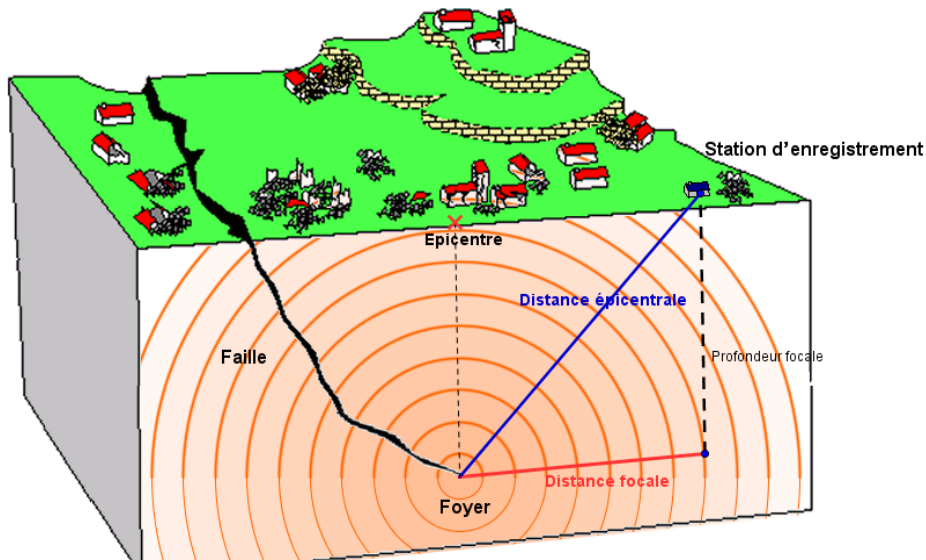


2) Exemple d'onde mécanique :

- **la houle**: il s'agit d'une onde mécanique en 2 dimensions car elle se propage à la surface de l'eau. Lors des tempêtes elle peut créer des dégâts importants.

- **les ondes sonores**: un son est produit par une **perturbation** qui fait se déplacer la matière de part et d'autre de sa position d'équilibre. Par exemple des couches d'air au passage de l'onde sonore se déplacent et transmettent ce déplacement aux autres couches d'air.

- **les ondes sismiques**: elles sont créées au cours d'un déplacement de la croûte terrestre. Les dégâts sur les bâtiments peuvent être importants. **Le foyer du séisme** correspond à la **source de l'ébranlement**. **L'épicentre** est le **point** à la surface de la Terre situé à la **verticale du foyer**. La **magnitude** mesure l'énergie dégagée par le séisme. On utilise **l'échelle de Richter** pour indiquer la valeur de la magnitude.

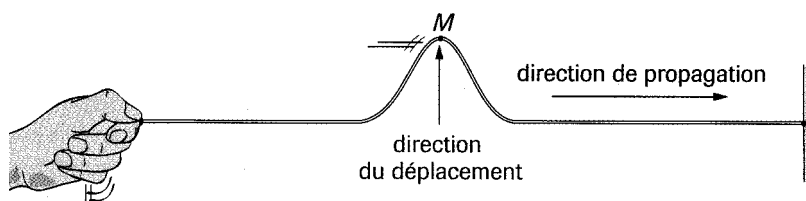


3) Onde longitudinale et onde transversale.

1. Onde transversale.

Une onde est transversale lorsque la direction de la perturbation s'effectue perpendiculairement à la direction de propagation.

Exemple : La corde est le milieu de propagation et elle ne se déplace pas dans son ensemble. Il n'y a pas de transport de matière. Chaque point reproduit, à son tour, le mouvement du point précédent. On notera qu'il est nécessaire que le milieu de propagation présente une certaine élasticité.



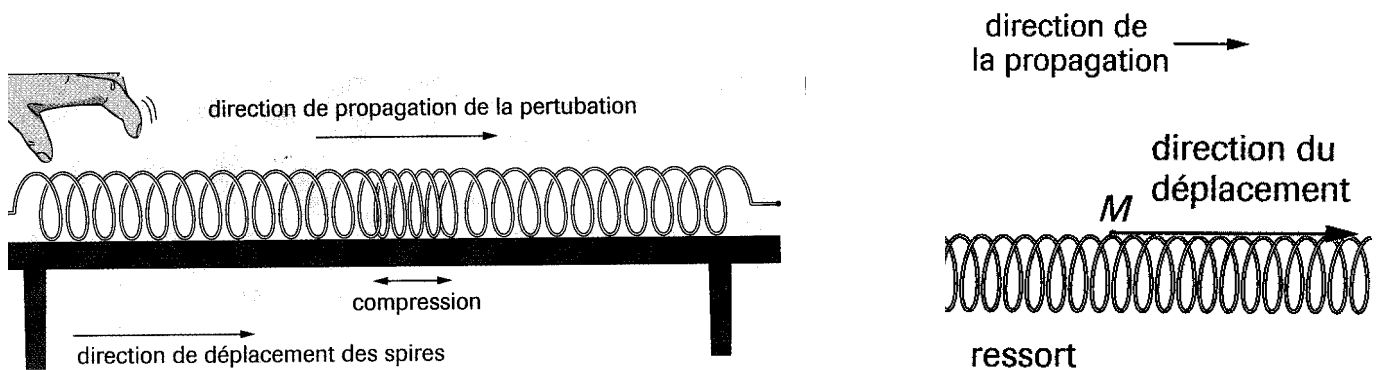
Exemple : la houle est une onde mécanique transversale.

2. Onde longitudinale.

Une onde est longitudinale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue dans la même direction que celle de la propagation.

Exemple 1 : l'onde sonore (onde longitudinale de compression - dilatation)

Exemple 2 : onde le long d'un ressort



II. Propriétés générales des ondes mécaniques progressives.

1. Direction de propagation:

Une onde se propage, à partir de la source, dans toutes les directions qui lui sont offertes. On distinguera ainsi les ondes à une, deux ou trois dimensions.

a) Onde à une dimension.

Une onde mécanique progressive est à une dimension lorsque la propagation a lieu dans une seule direction.

Exemple : L'onde se propageant le long d'une corde .

b) Onde à deux dimensions.

Une onde mécanique progressive est à deux dimension lorsque la propagation a lieu dans un plan (espace à deux dimensions).

Exemple : onde engendrée à la surface de l'eau lorsqu'on y jette une pierre.

c) Onde à trois dimensions.

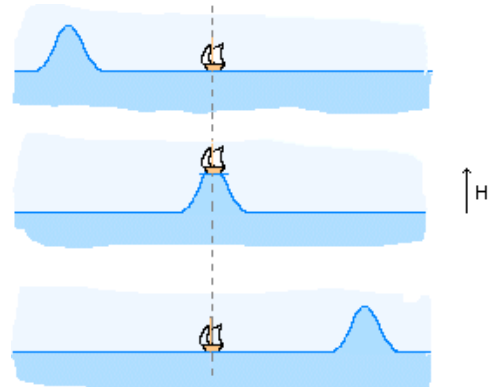
Une onde mécanique progressive est à trois dimension lorsque la propagation a lieu dans l'espace.

Exemple : Onde sonore engendrée par deux mains que l'on claque l'une contre l'autre.

2. Transfert d'énergie sans transport de matière.

L'onde mécanique progressive transporte de **l'énergie sans transport de matière.**

L'exemple ci-contre illustre ces propriétés. Au passage de l'onde, le bateau s'élève d'une hauteur H et voit donc son énergie potentielle de pesanteur augmenter de mgH . Cette énergie lui a été fournie par l'onde, mais le bateau est resté à la même abscisse: il n'y a pas de transport de matière.



3. Célérité de l'onde.

On appelle célérité v de l'onde la vitesse de propagation de l'onde. C'est le rapport entre la distance d parcourue par l'onde et la durée Δt du parcours.

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

v en mètre par seconde (ms^{-1}), d en mètre (m), Δt en seconde (s)

On préfère le mot **célérité** au mot **vitesse auquel est associé la notion de déplacement de matière** (vitesse d'une automobile, d'une particule etc...).

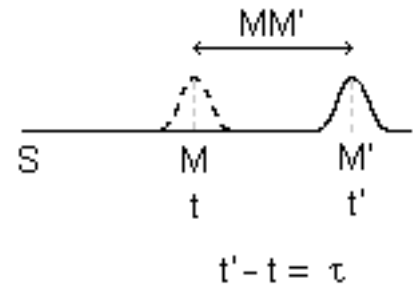
La célérité de l'onde est une propriété du milieu de propagation. Elle est donc constante dans un milieu donné dans des conditions données.

Par exemple :

- la célérité du son dans l'air dépend de sa température.
- La célérité d'une onde se propageant sur une corde dépend de sa tension et de sa masse linéique (masse par unité de longueur).

4) Retard de l'onde.

Soit une onde émise par la source S et se propageant avec la célérité finie v le long d'une corde. Cette onde se propage de proche en proche dans le milieu de propagation. Elle atteint le point M à la date t et le point M' à la date ultérieure t' . Cela revient à dire que le point M' subit la même perturbation que le point M avec un certain retard τ . Étant donnée la définition de la célérité on pourra écrire:



$$v = \frac{MM'}{\tau}$$

et donc

$$\tau = \frac{MM'}{v}$$

III. Les ondes progressives sinusoïdales

1) Périodicité temporelle d'une onde progressive

De façon générale, en physique, la période, notée T est la plus petite durée au bout de laquelle le phénomène se répète identique à lui-même. T s'exprime en seconde

Dans le cas de la propagation d'une onde progressive, c'est la plus petite durée au bout de laquelle un point du milieu se retrouve dans le même état vibratoire.

La fréquence d'une onde progressive est le nombre de perturbations créées par seconde

On la note généralement f , ou N son unité est le hertz (Hz). La fréquence est l'inverse de la période:

$$f = \frac{1}{T}$$

2) Onde progressive sinusoïdale :

Une onde progressive sinusoïdale est la propagation d'une perturbation décrite par une fonction sinusoïdale du temps

3) Périodicité spatiale :

La périodicité spatiale d'une onde progressive périodique est la plus petite distance séparant deux points du milieu se trouvant dans le même état vibratoire. Elle est appelée longueur d'onde et notée λ

4) Exemples :

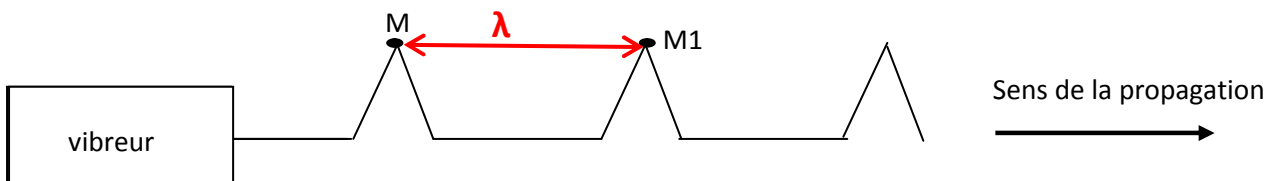
a) onde le long d'une corde

Onde mécanique progressive



Le vibreur crée une perturbation unique qui se propage.

Onde mécanique progressive périodique

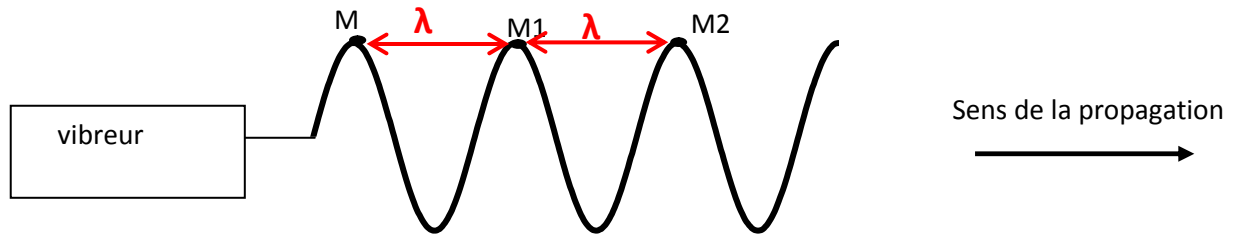


Le vibreur crée des perturbations de façon régulière à intervalles de temps constant.

Chaque T (période) seconde, une perturbation est créée. Toutes les T seconde, M se retrouvera dans le même état vibratoire.

M et $M1$ sont deux points se trouvant dans le même état vibratoire, ils sont séparés d'une longueur d'onde λ .

Onde mécanique progressive sinusoïdale (donc périodique)

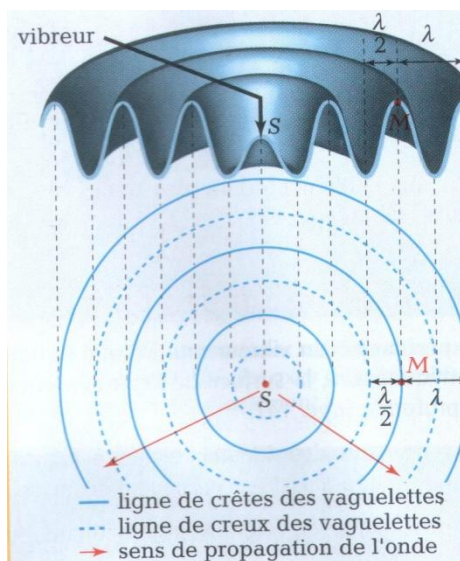


Le vibreur crée des perturbations de forme sinusoïdales à intervalles de temps constant.

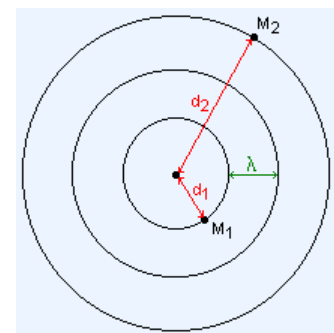
Chaque T seconde, tous les points du milieu se retrouveront dans le même état vibratoire.

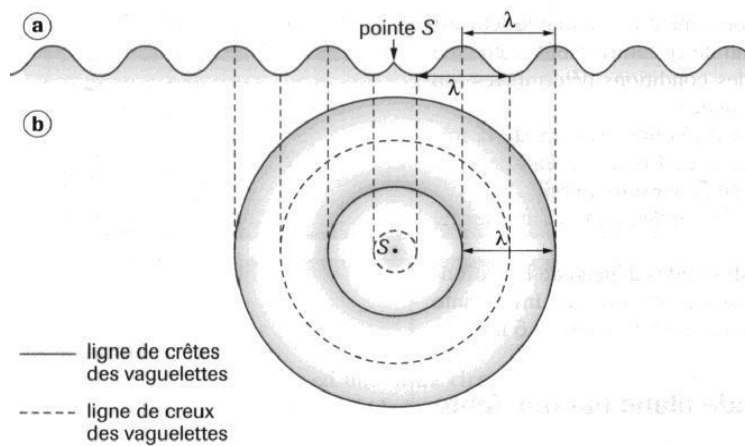
M , M1 et M2 sont dans le même état vibratoire, par contre la distance séparant M de M2 correspond à 2λ .

b) Onde circulaire à la surface de l'eau :

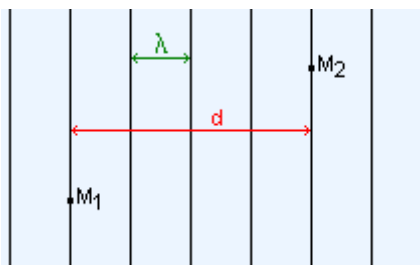


Les points M_1 et M_2 vibrent en phase si $|d_2 - d_1| = k\lambda$.

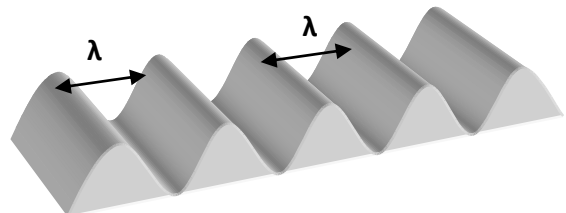




c) Les ondes rectilignes à la surface de l'eau



Les points M_1 et M_2 vibrent en phase si $|d_2 - d_1| = k \cdot \lambda$.



5) Relation entre la période T et la longueur d'onde λ :

Nous allons effectuer une analyse dimensionnelle du rapport λ / T .

$[\lambda] = [L]$ et $[T] = [T]$ d'où λ / T a la dimension $[L] / [T]$ ou $[L] \cdot [T]^{-1}$ qui est la dimension d'une vitesse.

Par conséquent : $\lambda = v \cdot T$ λ s'exprime en m, T en seconde et v en m/s.
Autrement dit ; la longueur d'onde λ correspond à la distance parcourue par l'onde pendant une période temporelle T.