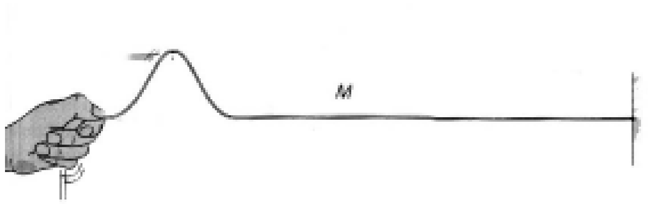
Partie ϕ 2 - PRODUIRE UN SON
Tp ϕ 2 - ONDES STATIONNAIRES

L'existence de modes propres de vibration vue dans la séquence précédente peut être interprétée en étudiant la propagation des ondes dans des milieux permettant des superpositions d'ondes après reflexions.

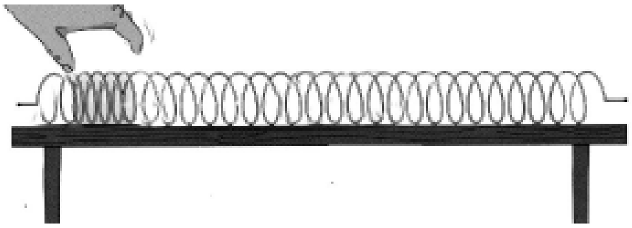
1. RAPPELS SUR LES ONDES PROGRESSIVES

Dispositif.
Ouvrir «transver/ondesT»



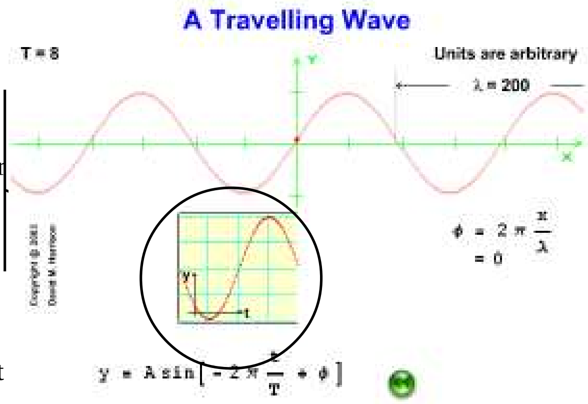
Définition.
Une onde est transversale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue perpendiculairement à sa direction de propagation.

Dispositif.
Ouvrir «longitu/ondes»



Une onde est longitudinale lorsque le déplacement des points du milieu de propagation s'effectue parallèlement à sa direction de propagation.

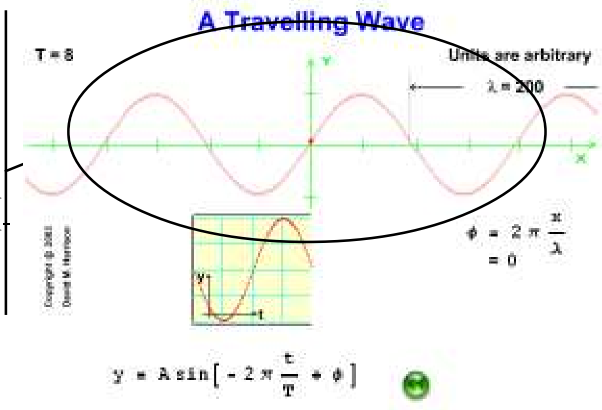
Dispositif.
Ouvrir «animations flash/index/waves/Traveling Waves»



Observation 1.
Il est possible d'observer l'évolution au cours du temps d'un point A de la corde

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

Définition.
On peut dire 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.
Il est possible d'observer l'ensemble des points de la corde. Et l'aspect de la corde est celui d'une sinusoïde.

Certains points ont exactement le même mouvement: ils passent à leur position d'équilibre ou à leur écartement maximal aux mêmes instants.

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 point consécutifs vibrant en phase.

Définition.
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: $$\lambda = V T = \frac{V}{f}$$

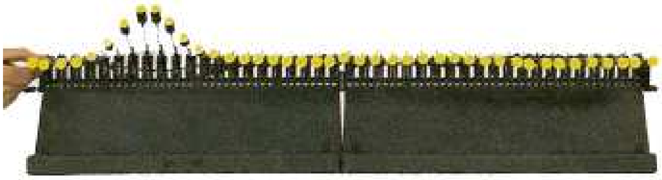
On peut donc définir la longueur d'onde λ comme la distance parcourue par l'onde durant une période T.

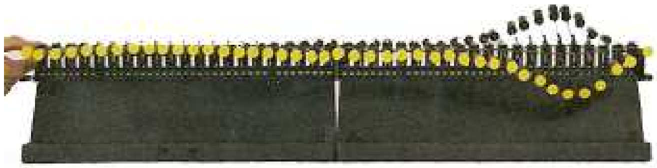
2. ONDES STATIONNAIRES PAR REFLEXION SUR UN OBSTACLE FIXE.

2.1. REFLEXION D'UNE ONDE PROGRESSIVE SUR UN OBSTACLE FIXE.

Dispositif.

Ouvrir le film «ondoscopeExtremFixe».





Question. Représenter l'allure du système: sens de propagation
sens de la déformation
allure de la déformation

Observation.

Cette onde, appelée onde incidente, correspond à la propagation d'uneperturbation le long de l'ondoscope, dans une direction et un sens donnés. Lorsque l'onde rencontre l'obstacle fixe, il apparaît une nouvelle perturbation, ressemblant à la précédente, mais inersée et se propageant en sens contraire, et ce, avec la même célérité. La nouvelle onde ainsi obtenue est appelée onde réfléchie.

A retenir.

Lorsqu'une onde rencontre un obstacle fixe, elle se réfléchit sous forme d'une onde semblable mais inversée, se propageant avec la même célérité mais en sens contraire.

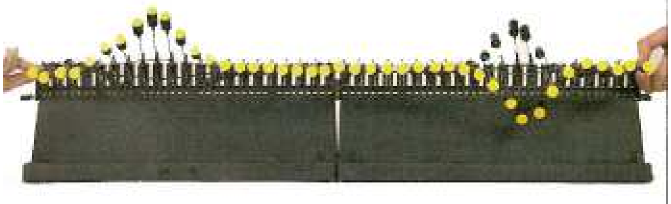
Question.

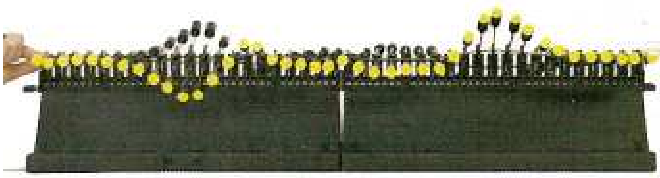
Pourquoi l'onde réfléchie est inversée par rapport à l'onde incidente ?

2.2. SUPERPOSITION DE DEUX ONDES PROGRESSIVES QUI SE CROISENT.

Dispositif.

Pour analyser ce qui se produit lors de la réflexion d'une onde progressive sinusoïdale sur un obstacle fixe, utilisons un ondoscope sur lequel la célérité des ondes est plus faible.
Ouvrir le film «ondoscopeCroisOndes».
Ouvrir l'index «superpo»
Ouvrir la page web «http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/meca/cordevib.html»
Ouvrir «animations flash/index/waves/Reflections From a Barrier»

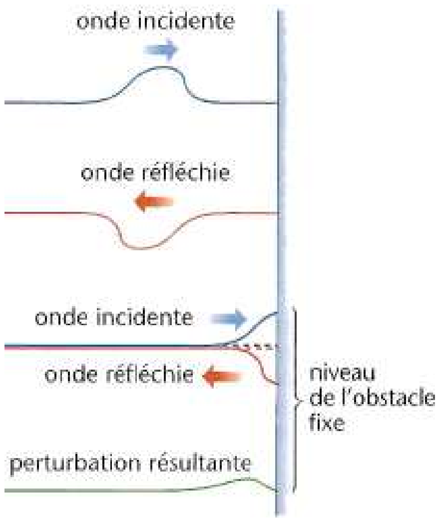




Observation.

En observant le mouvement d'un point se trouvant simultanèment sur le passage de deux ondes qui se croisent, on constate qu'il se déplace sous l'effet de deux actions: celles des perturbations associées aux deux ondes. La perturbation résultant en ce point correspond à la «somme» des deux perturbations présentes.

De plus, le croisement effectué, les deux ondes continuent de se propager sans avoir été modifiées.



A retenir.

Un point du milieu de propagation, sollicité à la fois par une onde incidente et une onde réfléchie, subit une déformation égale à la somme des deux déformations se superposant en ce point.

Réponse à la question du 1.1.

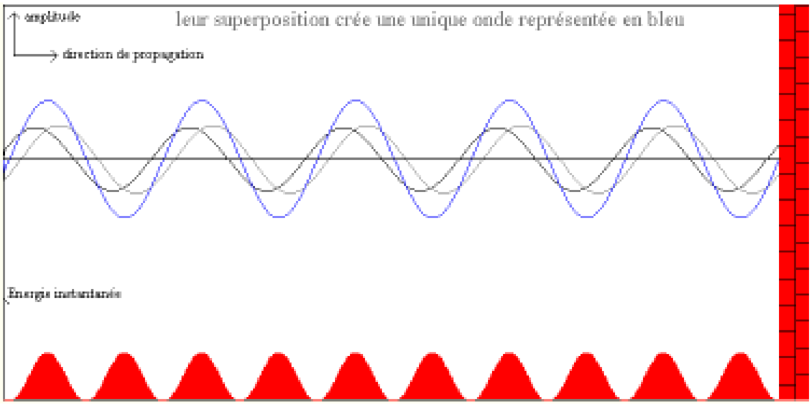
Revenons à la situation d'une onde réfléchie par un obstacle fixe. Ce dernier impose qu'à son niveau, la perturbation soit nulle car le milieu ne peut y être déformé. Or en ce point, l'onde incidente et l'onde réfléchie se superposent aussi.

Pour que la somme des deux ondes donne, à chaque instant, une perturbation nulle, l'onde réfléchie doit donc correspondre à une perturbation inversée par rapport à celle de l'onde incidente.

2.3. ONDE STATIONNAIRE.

Dispositif.

Ouvrir la page web «http://www.u-bourgogne.fr/PHYSIQUE/OndeStat/OndeStat.html»



Définition

Lorsqu'une onde progressive sinusoïdale se réfléchit sur un obstacle fixe, on onserve un phénomène nouveau: il apparaît rapidement des points immobiles alors que d'autres vibrent avec une grande amplitude. De plus, le phénomène de propagation disparaît. Ce phénomène nouveau s'appelle une onde stationnaire.

Interprétation.

L'onde réfléchie est également sinusoïdale, inversée, se propageant en sens contraire et avec la même célérité. Elle se superpose à l'onde incidente. Ces deux ondes ayant même période et même longueur d'onde, on retrouve cette périodicité dans les déformations du milieu.

Définition.

Dans la page web «http://subaru2.univ-lemans.fr/enseignements/physique/02/meca/cordevib.html», on a constaté qu'il existe des points qui ne vibrent pas, au milieu desquels se trouvent des points pour lesquels la vibration est maximale.

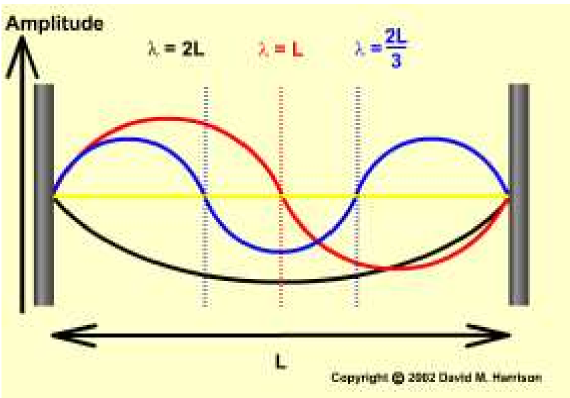
A l'image de ce que nous avons défini dans le chapitre précédent, on trouve ici des noeuds et des ventres.

La distance séparant deux noeuds de vibration est égale à la demi-longueur d'onde $\lambda/2$ de l'onde incidente.

3. ONDE STATIONNAIRE ENTRE DEUX OBSTACLES FIXES: CAS DE LA CORDE

Dispositif.

Ouvrir «animations flash/index/waves/Standing Waves With a Node on Both Ends»



Définition.

Lorsqu'une onde sinusoïdale de période T et de longueur d'onde λ se réfléchit sur deux points fixes, il s'établit une onde stationnaire pour laquelle les points fixes correspondent à des noeuds de vibration.

De plus, seules certaines valeurs de la fréquence (et donc de la période) d'excitation permettent d'observer des fuseaux de grande amplitude.

La relation est $2\ L = n\ \lambda$ ce qui donne $2\ L = n\ c\ T = n\ c\ \dfrac{1}{f}$ soit $f_n = \dfrac{n\ .\ c}{2\ .\ L} = n\ .\ f_1$ avec $f_1 = \dfrac{c}{2\ L}$

Application aux instruments de musique

Lorsqu'on fait vibrer la corde d'un instrument de musique onn provoque une vibration complexe considérée comme la superposition d'une multitude d'ondes de fréquences différentes. La relation $f_n = n\ .\ f_1$ explique pourquoi seules les ondes de fréquences f_n correspondant aux différents modes propres de la corde subsistent (les autres sont très vite atténuées).