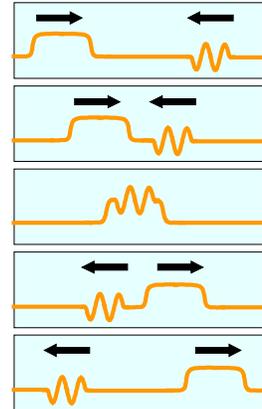


Chapitre 1.11 – La réflexion, la transmission et la superposition des ondes

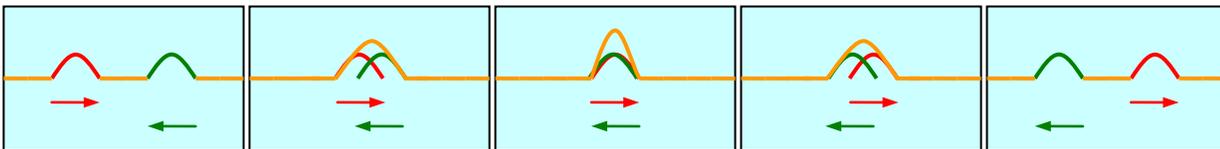
Superposition linéaire

Lorsque plusieurs ondes voyagent à un même endroit dans un milieu, le milieu réagit simultanément à la présence des ondes en additionnant leur comportement. L'action d'**additionner** et de **soustraire** des ondes porte le nom de **superposition**.

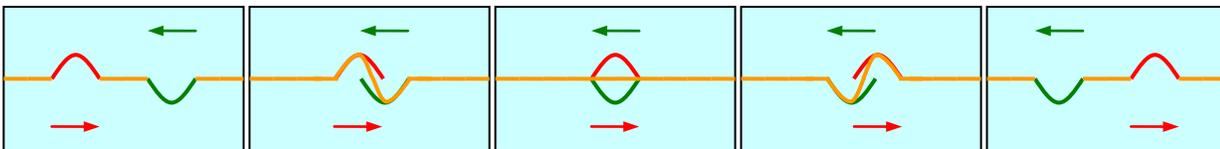
Il est important de réaliser qu'il n'y a **pas de transfert d'énergie** entre les ondes lors d'un contact. Les ondes continuent leur trajectoire et le milieu réagit à toutes les perturbations venant de chaque onde. Cette règle s'applique seulement si le **milieu** est **élastique** et peut localiser toute l'énergie des ondes à l'endroit où se produit la superposition (ex : corde élastique).



Superposition constructive : (Ondes additives)



Superposition destructive : (Ondes soustractives)



Changement de milieu de propagation

Lorsqu'une onde voyageant dans un milieu rencontre un nouveau milieu différent, il se produit deux situations à l'interface :

- 1) Transmission : l'onde continue son déplacement dans le nouveau milieu.
- 2) Réflexion : l'onde change de direction et continue son déplacement dans son milieu d'origine.

Voici quelques caractéristiques des ondes réfléchies et transmises : ($\lambda = vT$ et $v = \sqrt{F/\mu}$)

- ❖ Une onde réfléchie et transmise **conserve** sa **fréquence** f (ou période T) d'origine, car la **fréquence** est une **caractéristique** de la **l'oscillateur** ayant produit l'onde et non du milieu qui propage l'onde.
- ❖ Une onde réfléchie conserve sa longueur d'onde λ et une onde transmise possède une longueur d'onde λ différente causée par le changement de densité du milieu μ .

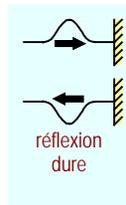
Réflexion dure

Une **réflexion dure** se produit lorsqu'une onde voyageant dans un milieu rencontre un **nouveau milieu** de **densité supérieure**. Pour une corde, la réflexion dure est caractérisée par l'expression suivante :

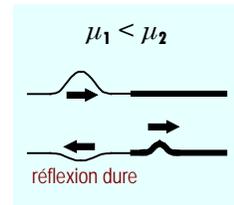
$$\mu_1 < \mu_2$$

(μ_1 : milieu incident, μ_2 : milieu de transmission)

Corde attachée à un mur :



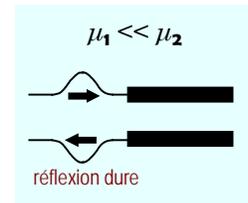
Corde attachée à une corde plus lourde :



Situation	Amplitude de l'impulsion produite	Vitesse de l'onde ($v = \sqrt{F / \mu}$)	Longueur d'onde ($\lambda = vT$)
Réflexion	Inversée	Non changée	Non changée
Transmission	Non inversée	Plus lente	Plus petite

Cas limite : $\mu_1 \ll \mu_2$

Lorsque le milieu de transmission est **beaucoup plus dense** que le milieu incident, l'onde est **presque entièrement réfléchi**e et elle est **inversée**.



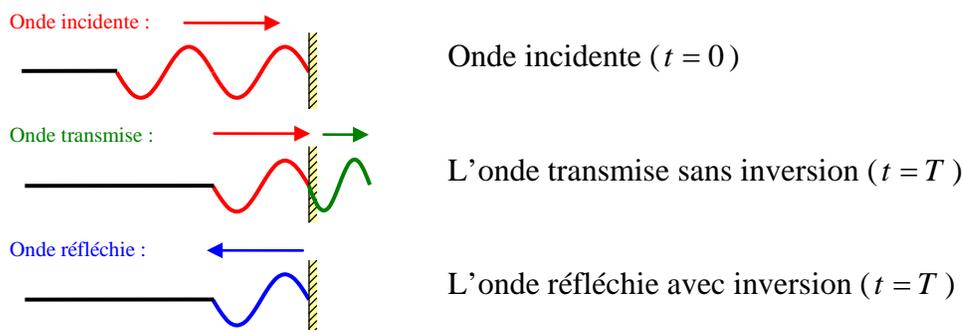
La condition à la frontière d'une réflexion dure

Lors d'une réflexion dure, un élément du milieu est contraint à demeurer fixe à $y = 0$ en tout temps. Par le principe de superposition linéaire, la conséquence de la réflexion est de créer une nouvelle onde voyageant dans le sens contraire avec une inversion par rapport à l'axe de transmission. Le milieu épousera la forme de l'addition des deux ondes en tout temps (voir exemple ci-dessous).

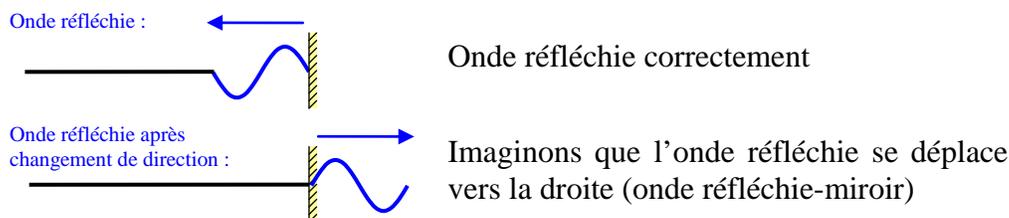
	Les ondes	Superposition linéaire
Avant la réflexion		
Au début de la réflexion		
À la fin de la réflexion		

Réflexion dure et déphasage de π

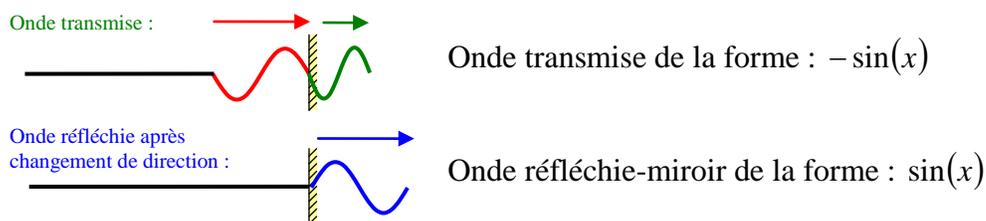
Mathématiquement, on peut exprimer une **onde réfléchie avec inversion** à l'aide de l'équation de l'onde incidente. Il suffit d'**ajouter un déphasage de π** à l'**onde incidente** et **inverser le signe de ω** ce qui nous donne l'équation de l'onde réfléchie. Voici une représentation graphique d'une onde incidente qui subit une réflexion dure et une transmission sur une période complète T (l'onde incidente avance de λ) :



Afin de mieux comparer l'onde réfléchie et l'onde transmise, effectuons une réflexion par rapport au mur de l'onde réfléchie ce qui permet de représenter cette onde se déplaçant vers la droite :



Même si l'onde réfléchie-miroir et l'onde transmise ne sont pas identiques ($\lambda_{\text{transmise}} < \lambda_{\text{réfléchie}}$), ils possèdent quand même la même fréquence angulaire ($\omega = 2\pi/T$ et T ne change pas). On remarque qu'ils possèdent une **différence de phase** égale à π :



P.S. Il y a une différence de phase de π , car : $\sin(x + \pi) = -\sin(x)$

Conclusion : Une **réflexion dure** implique une **réflexion avec inversion** qui se traduit **mathématiquement** par un **déphasage de π** par rapport à l'**onde incidente**.

Ex : onde incidente $y = A \sin(kx - \omega t + \phi)$ et l'onde réfléchie $y = A \sin(kx + \omega t + \phi + \pi)$.

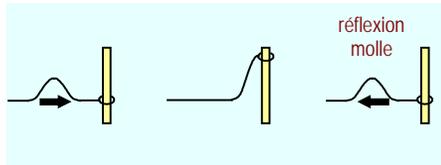
Réflexion molle

Une réflexion molle se produit lorsqu'une onde voyageant dans un milieu rencontre un nouveau milieu de densité inférieure. Pour une corde, la réflexion molle est caractérisée par l'expression suivante :

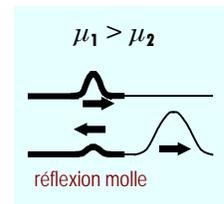
$$\mu_1 > \mu_2$$

(μ_1 : milieu incident, μ_2 : milieu de transmission)

Corde attachée à un anneau libre vertical :



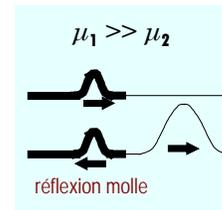
Corde attachée à une corde moins lourde :



Situation	Amplitude de l'impulsion produite	Vitesse de l'onde ($v = \sqrt{F/\mu}$)	Longueur d'onde ($\lambda = vT$)
Réflexion	Non inversée	Non changée	Non changée
Transmission	Non inversée	Plus rapide	Plus grande

Cas limite : $\mu_1 \gg \mu_2$

Lorsque le milieu de transmission est **beaucoup moins dense** que le milieu incident, l'onde est **presque entièrement réfléchie** et elle n'est **pas inversée**.



N.B. On remarque sur le schéma ci-haut une onde transmise avec une grande amplitude, même s'il y a peu d'énergie transmise. Un milieu très peu dense n'a pas besoin de beaucoup d'énergie pour produire une onde de grande amplitude.

Réflexion et déphasage

Mathématiquement, on peut représenter une onde ayant subi une réflexion dure ou une réflexion molle grâce à l'expression de l'onde incidente et d'un déphasage supplémentaire :

Type de réflexion	Critère au frontière	Inversion par rapport à l'axe de propagation	Déphasage par rapport à l'onde incidente
dure	$\mu_1 < \mu_2$	Oui	π
molle	$\mu_1 > \mu_2$	Non	0

