

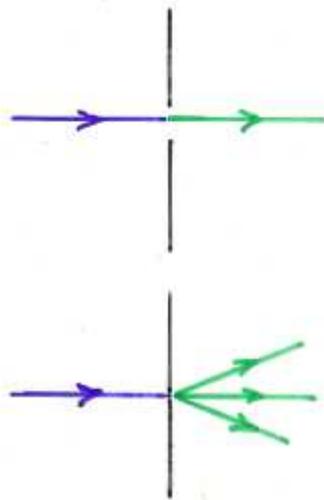
PROPRIETES des ONDES

Diffraction
Réflexion
Réfraction
Ondes stationnaires
Résonance

1. Diffraction

Une onde lumineuse ou une onde sonore se déplace....

Cette onde, de longueur d'onde λ , arrive au niveau d'une ouverture de largeur ℓ dans une paroi :

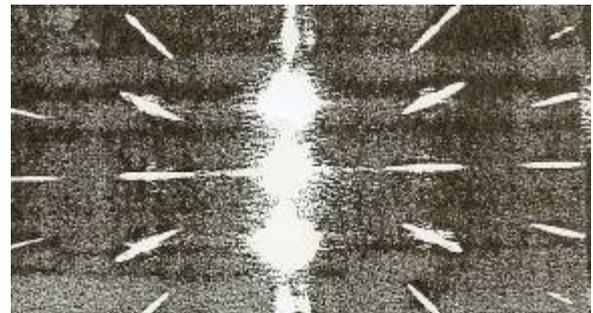
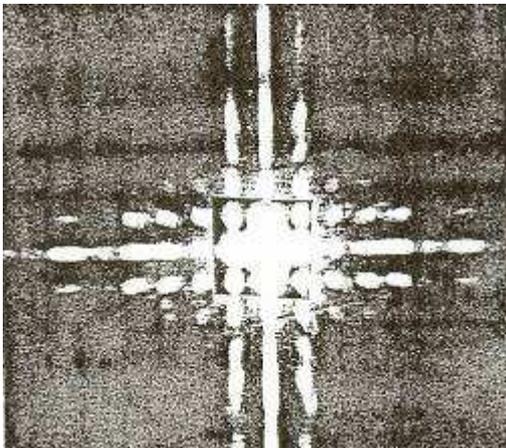


$\ell > \lambda$; le rayon de l'onde, qui indique sa direction de propagation conserve cette direction.

$\ell < \lambda$; l'ouverture se comporte comme une source émettrice.

Remarque : le bord d'un obstacle, se comporte aussi comme une source émettrice.

Exemples :



Regarder un réverbère, une lampe...à travers un voilage fin.

La figure de diffraction est caractéristique de la forme et de la disposition des ouvertures.
(carrée ou rectangulaire)

La lumière du jour à travers l'intervalle compris entre deux doigts rapprochés et près de l'œil.

Exercice 1: « extrait BTS SCBH 2003 »

On s'intéresse au phénomène de **transmission des sons par les ouvertures de l'habitation**.

Certaines sont de grandes dimensions (2 m×3 m), d'autres de petites dimensions (0,80 m×0,80 m).

Elles font face à l'usine qui envoie des ondes sonores. On admet que le son émis est un son pur de fréquence $f = 400 \text{ Hz}$ et que sa célérité est approximativement $C = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

1) Calculer sa longueur d'onde λ .

2) Que peut-on dire du son transmis par les ouvertures ?

2. Réflexion*

Une onde lumineuse ou une onde sonore se déplace....

L'onde arrive maintenant à l'interface de deux milieux :

La réflexion, c'est le brusque changement de direction de l'onde à l'interface de deux milieux, en restant dans le même milieu.

2_A réflexion spéculaire

Le rayon incident donne naissance à un rayon réfléchi unique.

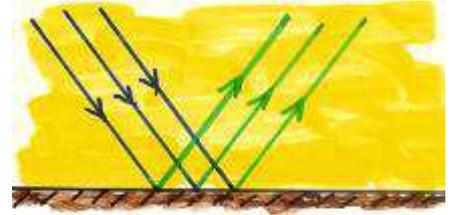
La qualité de la réflexion dépend de la qualité de l'interface.

Dès que la taille des défauts de l'interface est inférieure à la longueur d'onde λ , l'interface est parfaitement réfléchissante

(quelques centaines de nanomètres pour la lumière,

quelques centimètres pour les ondes radios ou les ondes radar).

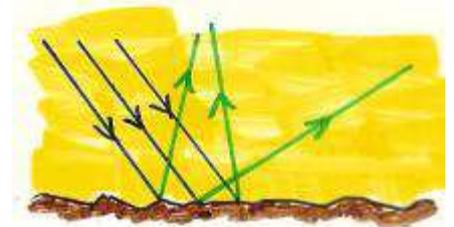
Miroirs à surface métalliques uniforme pour la lumière et surface plus grossière (type grillage) pour ondes radios.



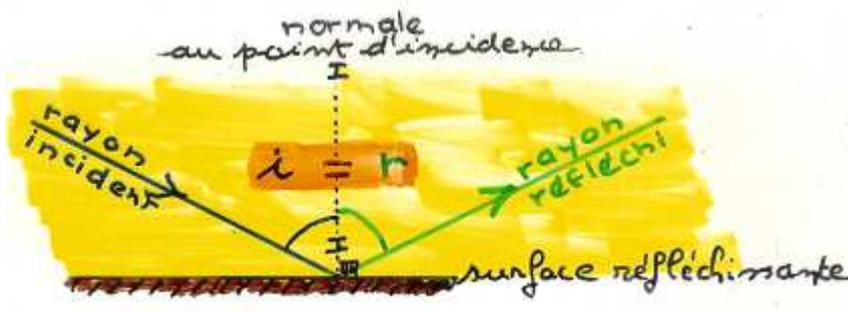
2_B réflexion diffuse

Sur des interfaces irrégulières, la lumière est réfléchie dans un grand nombre de directions et l'énergie est redistribuée dans une multitude de rayons réfléchis.

La diffusion sur l'écran de cinéma permet de créer une source ponctuelle à partir du simple impact d'un seul rayon lumineux.



2_C loi (réflexion spéculaire)



2_D réflexion en acoustique

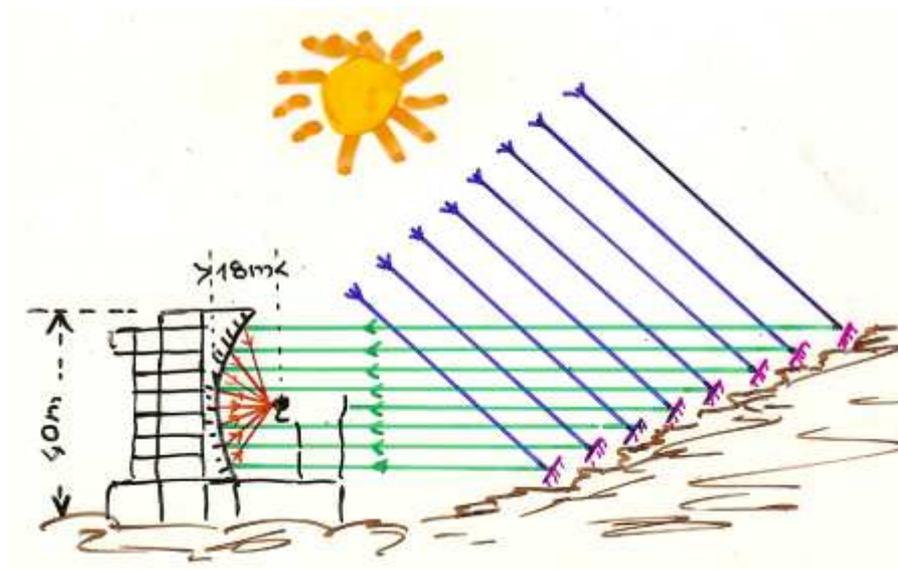
* On parle de réverbération en acoustique :

- Sonar utilisé en détection sous-marine
- Echographie pratiquée pour les examens prénatals
- Ce phénomène est pris en compte dans la réalisation de locaux astreints à une grande qualité acoustique.

La nature des matériaux joue alors un rôle important car certains absorbent plus les sons qu'ils ne les réfléchissent (moquettes, tapis...).

Le mobilier et les matériaux ne doivent pas absorber totalement les sons (chambre sourde), ni les réfléchir complètement (chambre d'écho).

2^E four solaire d'Odeillo



63 miroirs plans (chaque miroir est un rectangle de $7,5\text{ m} \times 6\text{ m}$, composé de 180 miroirs élémentaires de $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$) sur 8 terrasses.

Miroir parabolique ($18\text{ m} \times 54\text{ m}$) formé de 9500 glaces (épaisseur $4,5\text{ mm}$ et $40 \times 50\text{ cm}$)

Deux ans de réglage.

3. Réfraction

3A mise en évidence et loi

Une onde lumineuse ou une onde sonore se déplace...

L'onde traverse maintenant l'interface de deux milieux !

La réfraction, c'est un changement de direction de l'onde à l'interface entre deux milieux, simple déviaton au passage d'un milieu à l'autre, lorsque la célérité de l'onde change entre les deux milieux.

Elle conserve sa fréquence f .

Elle change de célérité C et de longueur d'onde λ .

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

Onde sonore

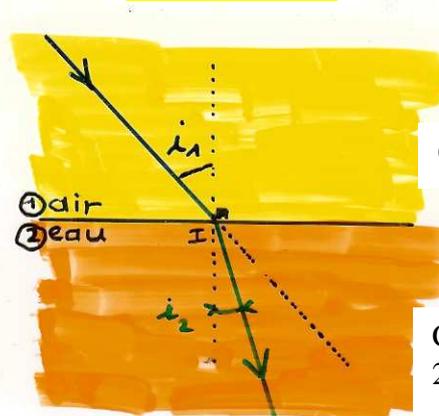
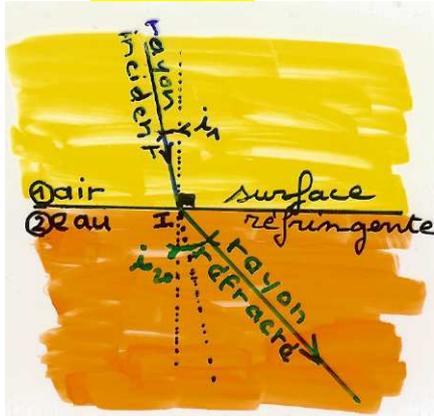
Onde lumineuse

$C_1 = 340 \text{ m.s}^{-1}$

$C_1 = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$C_2 = 15000 \text{ m.s}^{-1}$

$C_2 = 2,25565 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

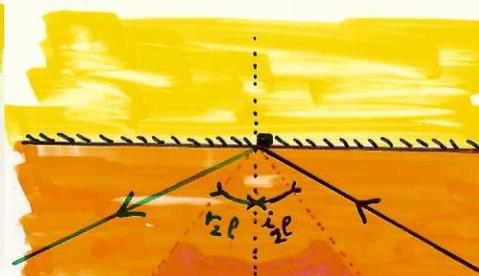
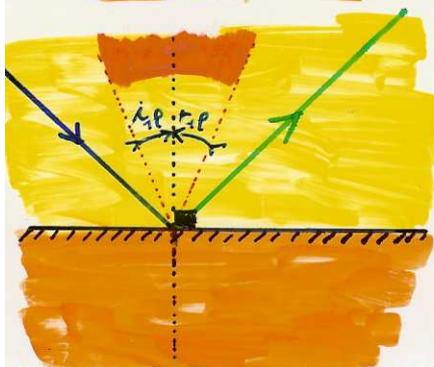
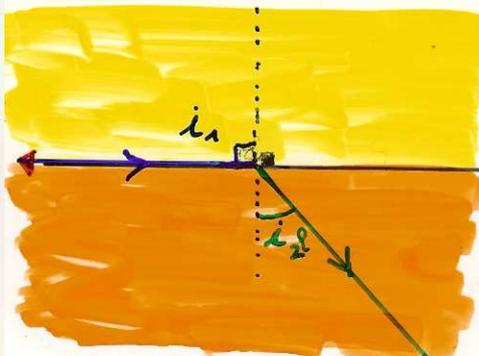
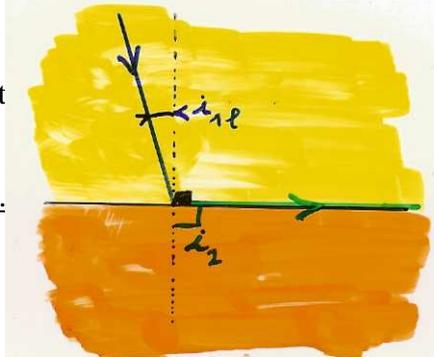


i_{1l} : angle incident limite

Réfraction...

...rasante

i_{2l} : angle réfracté limite



Exercice 2:1) Onde sonore : $i_1 = 7^\circ$ Calculer i_2 et $i_{1\ell}$.2) Onde lumineuse : $i_1 = 15^\circ$ Calculer i_2 , $i_{2\ell}$ et retrouver i_2 .**3B indice de réfraction n**

$$n_{\text{milieu}} = \frac{C_{\text{vide}}}{C_{\text{milieu}}}$$

$$n_{\text{air}} \approx 1$$

$$n_{\text{eau}} = \frac{C_{\text{vide}}}{C_{\text{eau}}} \approx 1,3$$

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{C_1}{C_2}$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{\frac{C}{n_1}}{\frac{C}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}$$

$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$$

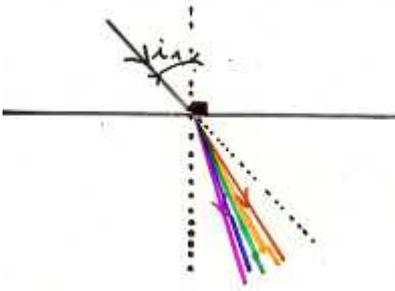
Exercice 3: « extrait BTS EEC 1994 »

Un son passe de l'air dans l'eau. Parmi les grandeurs suivantes, préciser celles qui ne changent pas, celles qui augmentent et celles qui diminuent :

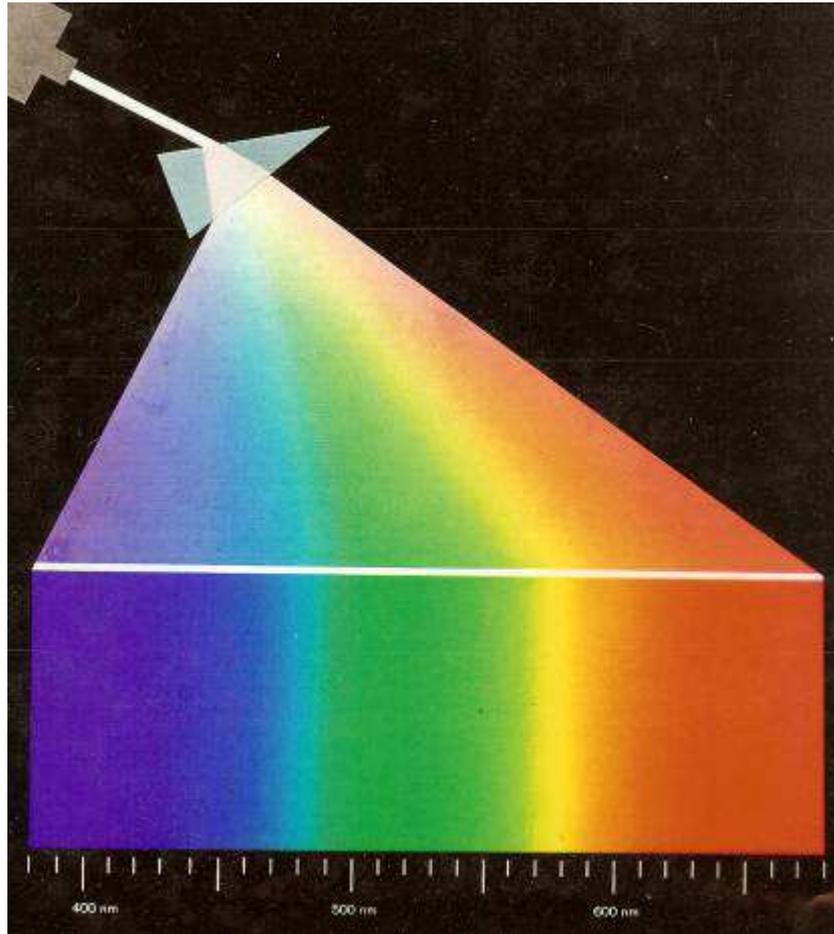
Célérité – longueur d'onde – fréquence – amplitude (*pression efficace*)



4. Dispersion de la lumière blanche



La lumière blanche, radiation polychromatique est la superposition de plusieurs radiations élémentaires monochromatiques.
La célérité est différente pour chaque radiation.
On observe un spectre...comme l'arc en ciel.



5. Ondes stationnaires

Une onde lumineuse ou une onde sonore se déplace....

L'onde rencontre un « obstacle », alors elle se réfléchit dans la même direction :

Interférence : superposition de deux ondes, l'onde incidente et l'onde réfléchie se propageant en sens contraire dans la même direction.



Succession de nœuds et de ventres.

Entre deux nœuds consécutifs les points vibrent en phase, de part et d'autre d'un nœud les points vibrent en opposition de phase.

Distance entre deux nœuds : une demi-longueur d'onde.

6. Résonance

Si la fréquence du résonateur est égale à la fréquence de l'excitateur on obtient une résonance d'amplitude.

6A « Où la raison l'emporte sur la force »



La voiture est un système oscillant.
Oscillateur ou résonateur.

Le personnage est l'excitateur, il impose une fréquence d'oscillation f (vibration forcée).
 f trop faible ou trop fort, l'oscillateur répond faiblement.

Il pousse très fort...sans succès.

Et si je faisais balancer l'auto d'avant en arrière en utilisant sa inertie telle...un judoka qui utilise la force de son adversaire au lieu de la combattre.

f est alors égale à la fréquence propre f_0 de l'oscillateur, alors l'amplitude est très grande.

6B Pont suspendu de Tacoma Narrows

En 1940, des bourrasques de vent intermittentes provoquent des vibrations de torsion du pont dont l'amplitude provoqua son effondrement.



6c Autres exemples

- En 1850, à Angers, un pont suspendu sur le Maine se rompt...par résonance, à cause du pas cadencé d'une troupe le traversant.

La houle provoque le roulis des navires...ceux-ci sont construits de telle sorte que leur fréquence propre vis-à-vis des oscillations dues au roulis soit nettement inférieure à la fréquence moyenne de la houle, l'amplitude des oscillations forcées est alors faible quelle que soit la fréquence.

Les vibrateurs sont serrés sur leur pourtour (tympan...) pour augmenter l'amortissement ($f < f_0$).

L'auto elle-même avec son système de suspension est un oscillateur, le rôle de ses amortisseurs est d'éviter que le véhicule n'entre en résonance aigue.

6D Résonances acoustiques

Ondes stationnaires obtenues par résonance.

- La caisse de résonance d'un instrument de musique ne doit privilégier aucune fréquence particulière, elle doit résonner de la même façon quelle que soit la fréquence du son produit par l'instrument.

- La pièce vide résonne à certains sons, beaucoup plus qu'à d'autres, selon que la fréquence est ou n'est pas accordée aux fréquences propres de vibration des ondes sonores de la pièce.