

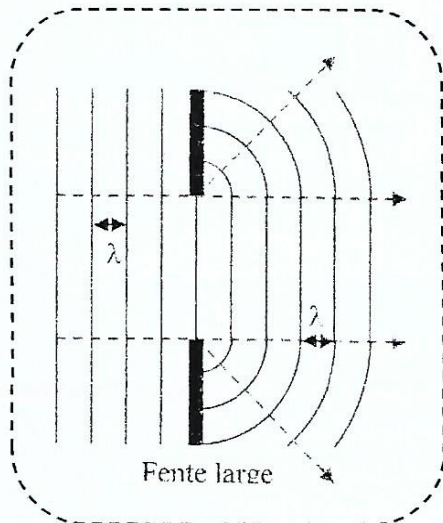
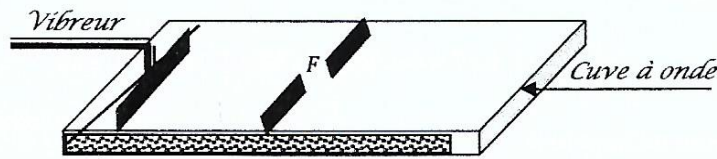


On se propose d'étudier le comportement d'une onde à la rencontre d'un obstacle ou au niveau d'une fente très petite. On traitera aussi le cas d'un faisceau lumineux qui passe à travers une fente fine.

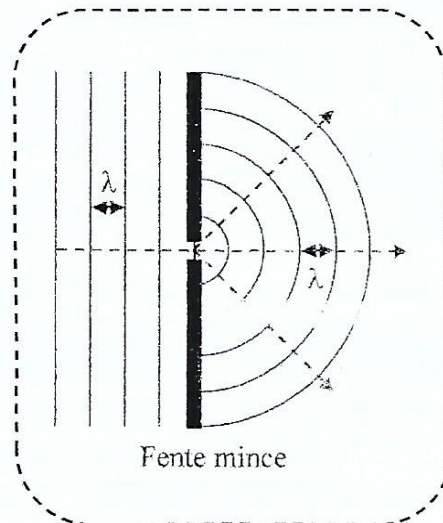
I- La diffraction

1. Diffraction d'une onde mécanique

a) Mise en évidence expérimentale



Onde diaphragmée



Onde diffractée

b) Interprétation

- ✓ Lors de son passage à travers une fente F de largeur a , l'onde rectiligne de longueur d'onde λ se transforme en une onde circulaire de même longueur d'onde λ .
- ✓ Cette transformation ne peut se produire que si $a < \lambda$
- ✓ Plus la largeur a de la fente est faible, plus la diffraction est marquée (figure claire).
- ✓ Ce phénomène c'est le phénomène de diffraction et l'onde qui en résulte est appelée onde diffractée.

c) Conclusion

- ✓ Pour des valeurs de a comparables ou très faibles par rapport à λ , le phénomène est appréciable.
- ✓ Le phénomène de diffraction dépend du quotient (λ/a) .
- ✓ On observe le même phénomène en remplaçant la fente F de largeur $a < \lambda$ par un obstacle de même largeur a .

La diffraction conserve la fréquence et la longueur d'onde mais modifie la forme de l'onde.

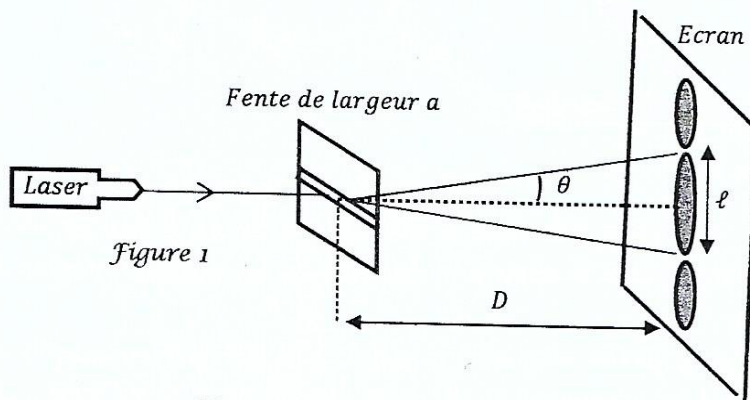
d) Définition

La diffraction est la modification du trajet d'une onde et par suite de sa forme au voisinage d'une fente ou d'un obstacle

2. Diffraction d'une onde lumineuse

a) Mise en évidence expérimentale

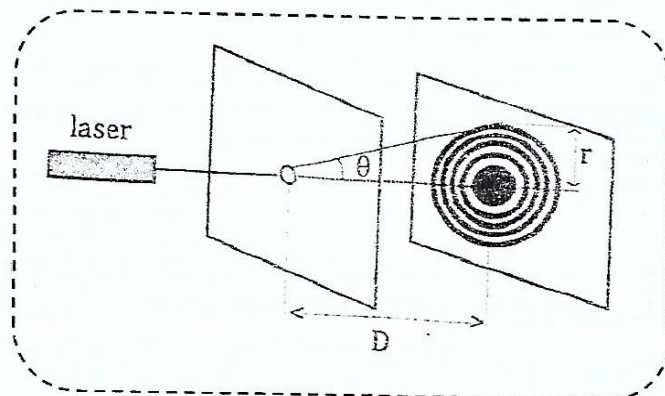
- ✓ On dispose d'une source Laser (S) émettant une lumière rouge de longueur d'onde $\lambda = 633\text{nm}$ et un écran (E) placé à une distance D de la source.
- ✓ Entre (S) et (E), on interpose un diaphragme muni d'une fente F de largeur réglable ($a < \lambda$).



- ✓ On observe un ensemble de taches brillantes séparées par des zones sombres. La tache centrale de largeur L est la plus brillante.

Remarque :

- ✓ En remplaçant la fente F par un obstacle de même largeur ($a < \lambda$) on observe le même phénomène de diffraction.
- ✓ En remplaçant la fente F par une fente circulaire de diamètre convenable, on observe des taches circulaires appelées : anneaux de diffraction.



b) Interprétation :

- Le phénomène observé est semblable à celui d'une onde mécanique progressive rencontrant une fente ou un obstacle de largeur a : c'est le phénomène de diffraction \Rightarrow la lumière est une onde



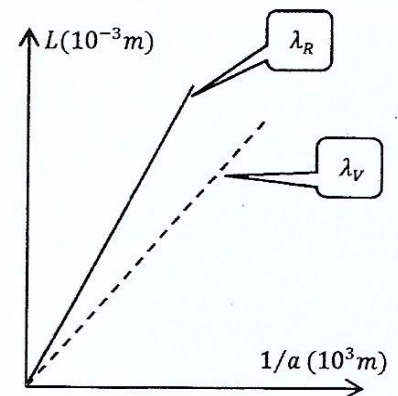
- La figure de diffraction est constituée d'une tache centrale lumineuse brillante de largeur L , entourée de part et d'autre par des taches latérales brillantes, ces taches sont séparées par des zones sombres : ces taches sont les franges de diffraction.
- La largeur de la tache centrale dépend de la largeur de la fente : si $a \searrow$ alors $L \nearrow$.

c) Conclusion

La propagation de la lumière dans un milieu transparent ou dans le vide peut être considérée comme étant la propagation d'une onde appelée onde lumineuse.

d) Influence de quotient (λ/a) sur le phénomène de diffraction :

- ❖ On fait varier a et on note à chaque fois la valeur de L
- ✓ 1^{er} cas : source Laser de longueur d'onde $\lambda_R = 633\text{nm}$.
- ✓ 2^{ème} cas : source de lumière verte de longueur d'onde $\lambda_V = 506,4\text{nm}$.
- ❖ On trace pour chaque radiation la courbe $L = f(1/a)$



Interprétation:

- ✓ La courbe $L = f(1/a)$ est une droite linéaire d'équation $L = K \cdot 1/a$

- ✓ L est inversement proportionnelle à a .

- ✓ D'après la fig-1 : $\text{tg}\theta = L/2D$, or θ est faible ($D \gg L$) : $\theta = \frac{L}{2D}$ (1)

- ✓ Pour une valeur fixe de a , la largeur L de la tache centrale dépend de la longueur d'onde λ .

$$\begin{cases} \lambda_R > \lambda_V \\ L_R > L_V \end{cases} \Rightarrow L = f(\lambda)$$

- ✓ L'exploitation des courbes nous permet de justifier que:

$$\frac{\theta \cdot a}{\lambda_R} = \frac{\theta \cdot a}{\lambda_V} \approx 1 \Rightarrow \theta = \frac{\lambda}{a} \quad (2)$$

- ✓ A l'aide des relations (1) et (2), on peut exprimer L sous la forme :

$$L = \frac{2D\lambda}{a}$$

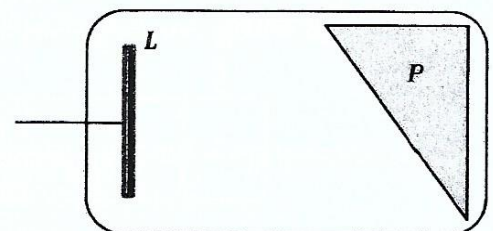
Conclusion :

Une onde mécanique ou lumineuse subit une diffraction à la rencontre d'une fente fine de largeur a ou d'un obstacle dont les dimensions sont convenables.

Cependant, la perception de diffraction de l'onde dépend du quotient $\frac{\lambda}{a}$

II- Réflexion d'une onde :

On dispose d'une cuve à ondes, d'une lame vibrante L produisant une onde plane progressive et d'une plaque en plexiglas P de la forme triangulaire, partiellement immergée dans l'eau de la cuve.

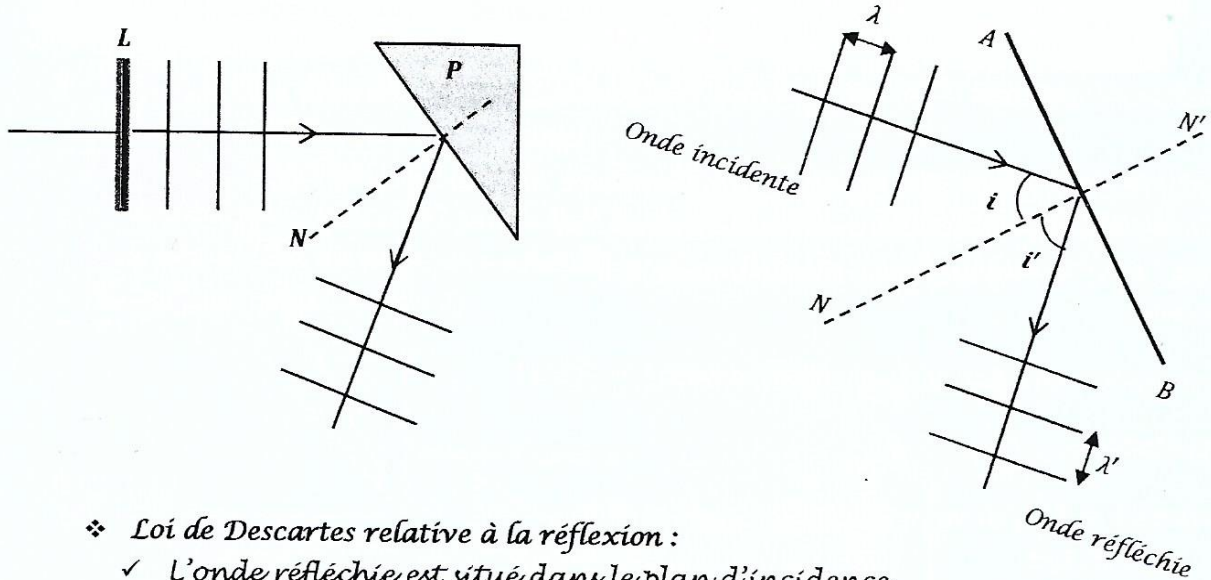


Cuve à ondes



Observation :

- On observe des rides rectilignes parallèles à la lame L (onde incidente).
- Au niveau de l'obstacle AB, on observe la naissance d'une nouvelle onde rectiligne se propage dans une direction différente de celle de l'onde incidente :
C'est l'onde réfléchie de longueur d'onde $\lambda' = \lambda$ et d'angle de réflexion $i' = i$



❖ Loi de Descartes relative à la réflexion :

- ✓ L'onde réfléchie est située dans le plan d'incidence.
- ✓ L'angle de réflexion est égale à l'angle d'incidence ($i' = i$).

Conclusion :

La réflexion d'une onde progressive plane d'angle d'incidence i au niveau d'un obstacle plan donne naissance à une onde progressive réfléchie de longueur d'onde λ' et d'angle de réflexion i' : tel que

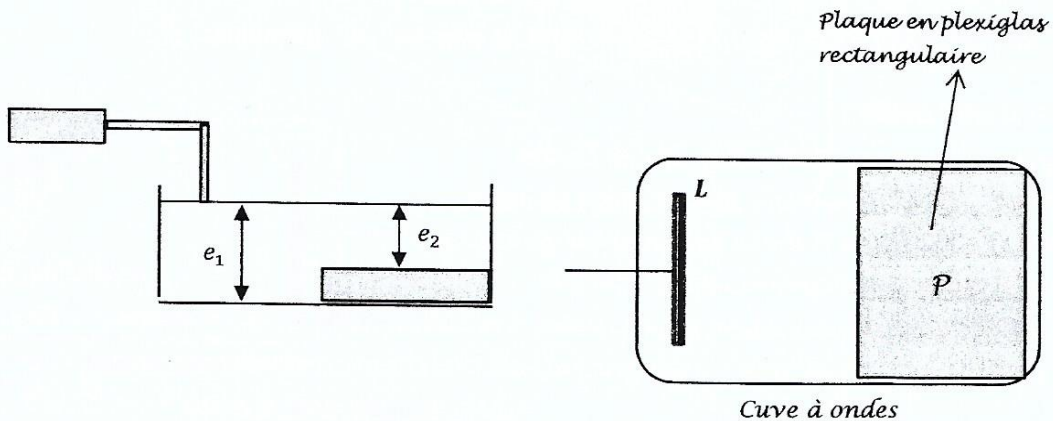
$$\lambda = \lambda' \text{ et } i' = i$$

III- La réfraction :

1- L'onde transmise

a) Etude expérimentale

On considère une cuve à ondes remplie d'eau, une lame vibrante L, produisant une onde plane progressive et une plaque rectangulaire P est posée sur le fond de la cuve à ondes et du côté opposé à L. Avec la plaque P, on crée ainsi, deux milieux de propagation différents d'épaisseurs e_1 et e_2 , avec $e_1 > e_2$.



b) Observation :

- On observe à la surface libre de la cuve à ondes, en éclairage stroboscopique et pour une fréquence $N_e = N$, deux séries de rides immobiles, rectilignes et équidistantes. Cependant, ces rides sont plus serrées dans le milieu (2), où l'épaisseur d'eau est la plus faible.

c) Interprétation :

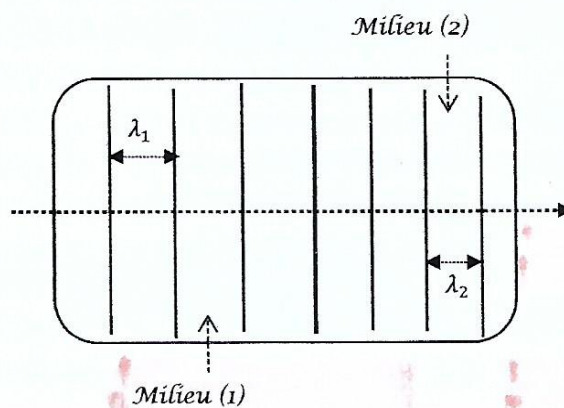
- ✓ l'onde progressive incidente émise par la lame vibrante L est transmise du milieu (1) au milieu (2), sans de changement de direction de propagation.
- ✓ On constate que la longueur d'onde $\lambda_2 < \lambda_1 \Rightarrow$ changement de longueur d'onde, ce changement est dû à la variation de la célérité de propagation, en effet la célérité de propagation de l'onde à la surface de l'eau dépend du profondeur e :

$$v = \sqrt{e \cdot \|g\|}$$

$$e_2 < e_1 \Rightarrow v_2 < v_1 \Rightarrow \lambda_2 < \lambda_1$$

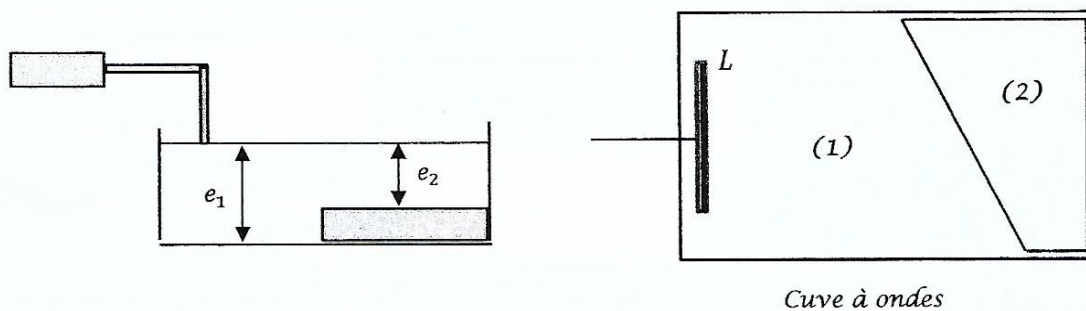
d) conclusion :

la transmission d'une onde est son passage d'un milieu à un autre sans changement de direction mais avec changement de la célérité v et de longueur d'onde λ .



2- L'onde réfractée :

On reprend le dispositif expérimental utilisé dans la manipulation précédente, mais en remplaçant la plaque P rectangulaire par une autre trapézoïdale de faible épaisseur. Ainsi, la surface de séparation des deux milieux de propagation (1) et (2), en faisant un angle non nul avec la direction de la source L .



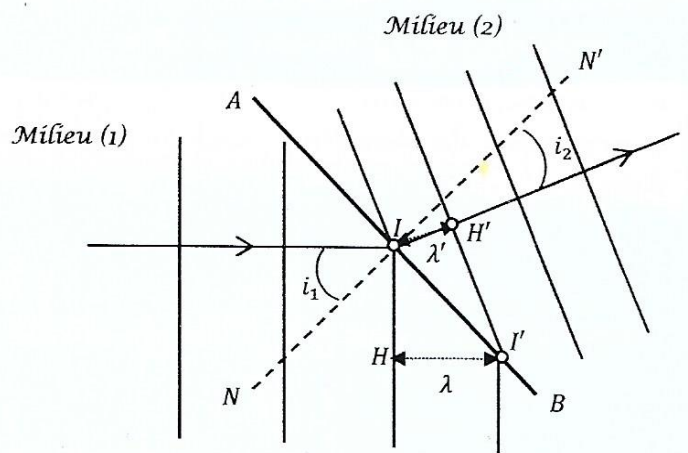
Observation :

- ✓ En éclairage stroboscopique de la surface de l'eau, on observe :
 - Dans le milieu (1) des rides immobiles équidistants parallèles à la lame L.
 - Dans le milieu (2), des rides immobiles équidistants dont la distance séparant deux rides consécutives est inférieure à celle pour les rides du milieu (1).
 - La direction de propagation dans le milieu (2) est différente à celle du milieu (1). ⇒ Cassure des rides au niveau de la surface de séparation (AB).

Interprétation :

L'onde progressive subit une cassure au niveau de la surface de séparation, et donne naissance à une onde progressive qui se propage dans le milieu (2) appelée onde réfractée avec changement de la longueur d'onde et de direction

- { N'N: la normale à la surface de séparation
- i_1 : angle d'incidence
- i_2 : angle de réfraction



▪ Dans le triangle HII' : $\sin i_1 = \frac{\lambda_1}{II'}$

▪ Dans le triangle H'I'I' : $\sin i_2 = \frac{\lambda_2}{I'I'}$

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

$$\begin{cases} \lambda_1 = v_1 T \\ \lambda_2 = v_2 T \end{cases}$$

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\frac{\sin i_1}{\lambda_1} = \frac{\sin i_2}{\lambda_2}$$

$$\frac{\sin i_1}{v_1} = \frac{\sin i_2}{v_2}$$

Conclusion :

- Au niveau de la surface de séparation de deux milieux de propagation, l'onde mécanique subit un changement de direction de propagation: c'est le phénomène de réfraction.
- Au cours de la réfraction d'une onde mécanique il y a changement de longueur d'onde.
- La réfraction d'une onde mécanique est régie par la relation de Descartes:

$$\frac{\sin i_1}{\lambda_1} = \frac{\sin i_2}{\lambda_2}$$

$$\frac{\sin i_1}{v_1} = \frac{\sin i_2}{v_2}$$



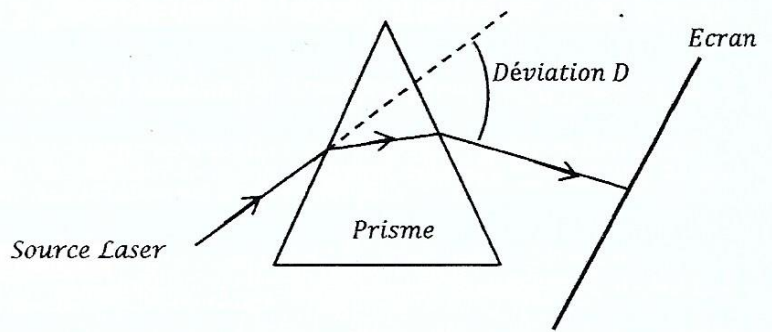
IV- La dispersion

☼ Dispersion de la lumière :

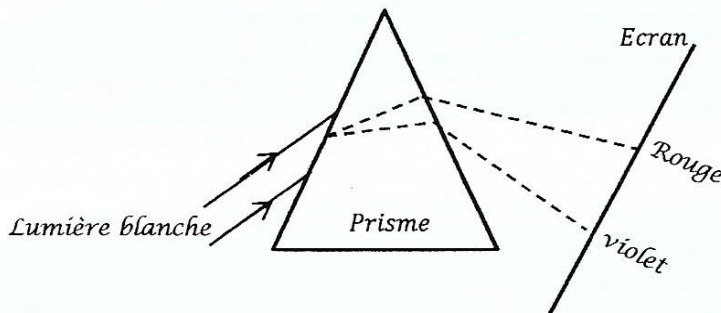
a) Expérience

Expérience 1 :

- On observe une déviation du faisceau lumineux.
- La déviation D du faisceau de la lumière est due à la double réfraction Air/verre /Air.



Expérience 2 :



- On obtient sur l'écran un spectre coloré du rouge au violet rappelant les couleurs de l'arc en ciel : c'est le spectre de la lumière blanche.
- Le faisceau de lumière blanche est non seulement dévié mais aussi décomposé en différentes lumières colorées (le rouge est le moins dévié e le violet est le plus dévié) : c'est le phénomène de dispersion de la lumière.

b) Interprétation :

- ✓ La lumière blanche résulte de la superposition d'une infinité de lumières de couleurs différentes allant de rouge au violet ce pour cela elle est appelée lumière polychromatique, elle est constituée par une infinité de radiations monochromatiques.

- ✓ Chaque radiation monochromatique est caractérisée par une fréquence γ et une longueur d'onde dans le vide λ_0 :

$$\lambda_0 = \frac{C}{\gamma}$$

C : vitesse de la lumière dans le vide

- ✓ En pénétrant dans un milieu transparent d'indice n , où la célérité de la lumière est :

$$v = \frac{C}{n}$$

- ✓ Sa longueur d'onde devient :

$$\lambda = \frac{v}{\gamma} = \frac{C}{n\gamma} = \frac{\lambda_0}{n}$$

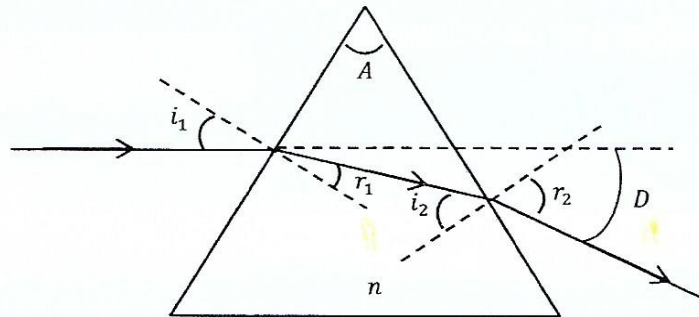
- ✓ La couleur d'une lumière monochromatique est définie par :

- La fréquence γ de la radiation qui lui est associée.
- La longueur d'onde dans le vide λ_0 de la radiation qui lui est associée



Remarque :

- ✓ La couleur d'une radiation, comme la fréquence qui la caractérise, ne dépend pas du milieu de propagation et n'est pas modifiée par le changement de milieu.
- ✓ λ est modifiée par changement de milieu (ne caractérise pas la couleur d'une radiation).
- ✓ λ_0 la longueur d'onde dans le vide, caractérise la couleur d'une radiation.
- ✓ L'indice de réfraction n dépend de la fréquence et par conséquent de la couleur.
- ✓ milieu dispersif ssi $\lambda = f(N)$.
- c) Conclusion :
- ✓ Le phénomène de dispersion de la lumière est la variation de sa célérité v dans un milieu transparent d'indice n , en fonction de sa fréquence γ .
- ✓ Tout milieu transparent d'indice de réfraction n , où la célérité d'une radiation lumineuse dépend de fréquence γ est un milieu dispersif.
- ✓ La célérité de la lumière dans le vide : $C = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- ✓ Dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage avec une célérité $v < C$.
- ✓ A chaque fréquence correspond une couleur.
- ✓ La lumière blanche est une lumière polychromatique : $400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$.
- ✓ Une lumière monochromatique ne contient qu'une seule radiation de fréquence bien définie.



☼ Formules utiles pour un prisme

$$\begin{aligned} \diamond \sin i_1 &= n \sin r_1 \\ \diamond n \sin i_2 &= \sin r_2 \\ \diamond A &= r_1 + r_2 \\ \diamond D &= i_1 + i_2 - A \end{aligned}$$

