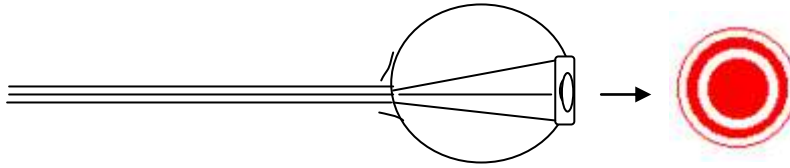


**I- Introduction :**

- En laissant l'œil semi-ouvert lors de la réception de la lumière on observe des anneaux alternativement brillants et sombres



- En laissant un bateau au repos dans la large océan , lors du passage des vagues parallèles (rectilignes) , on constate qu'elles se transforment en des vagues circulaires tout en gardant la même longueur d'onde
- Lors du passage des vagues parallèles ( rectilignes) au niveau de deux aiguilles, on constate le changement de leurs forme , elles deviennent circulaires tout en gardant la même longueur d'onde

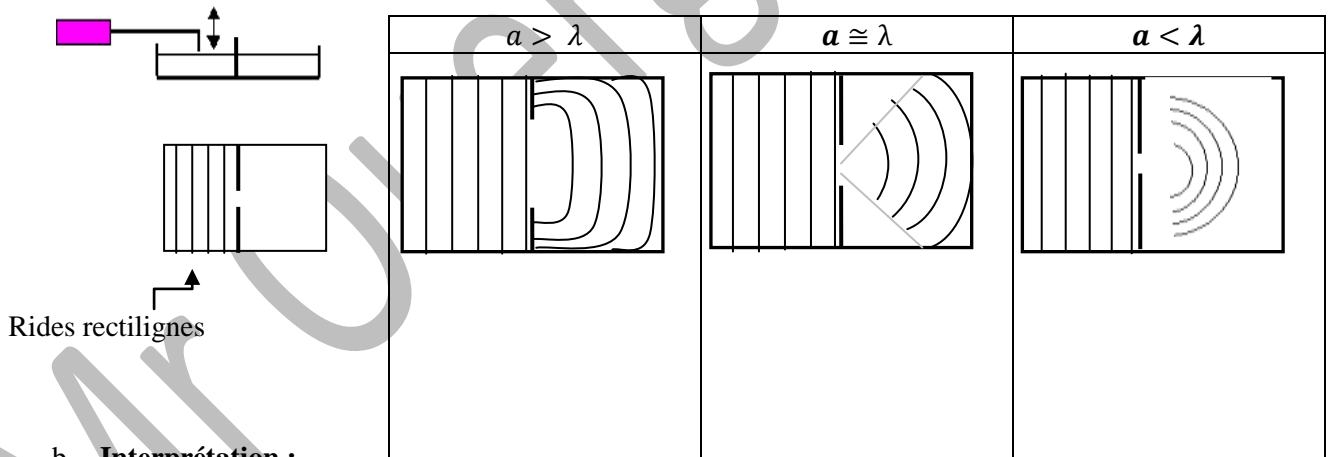


- Ces trois exemples nous permis de mettre en évidence l'interaction onde-matière
- A ne pas manquer de signaler que le milieu de propagation est supposé ouvert et infini afin d'avoir une onde progressive.

**II- La diffraction :**

**1- La diffraction d'une onde mécanique :**

**a- Mise en évidence expérimentale :**

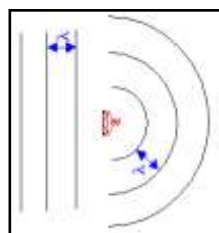


**b- Interprétation :**

Lors de son passage à travers une fente F de largeur a, l'onde rectiligne de longueur d'onde  $\lambda$  se transforme en une onde circulaire de même longueur d'onde ; une telle transformation possible pour  $a < \lambda$  de l'onde incidente est appelée phénomène de diffraction avec  $\lambda_i = \lambda_d$

- Remarque :

On observe le même phénomène en remplaçant la fente F de largeur  $a < \lambda$  par un obstacle de même largeur a

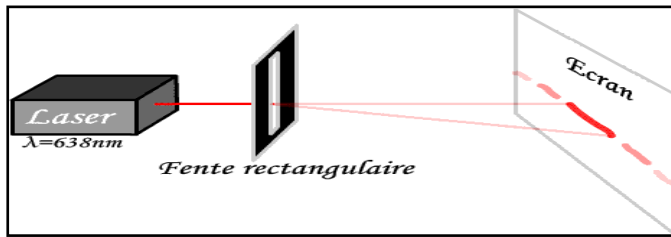


**c- Définition :**

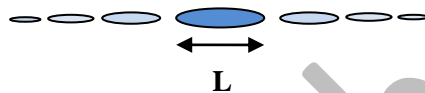
**d-** La diffraction est la modification du trajet d'une onde et par suite de sa forme , au voisinage d'une fente ou d'un obstacle

**2- La diffraction d'une onde lumineuse :**

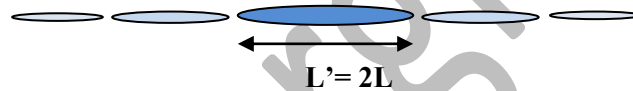
**a- Mise en évidence expérimentale :**



- Source Laser (S) émettant une lumière rouge de longueur d'onde  $\lambda = 633 \text{ nm}$
- € écran placé à une distance D de la source.
- Entre (S) et (E), on interpose un diaphragme muni d'une fente F de largeur a réglable ( $a < \lambda$ )
- $a = 0,6 \text{ mm}$  on observe un ensemble de taches brillantes séparées par des zones sombres , la tache centrale de largeur L est la plus brillante.

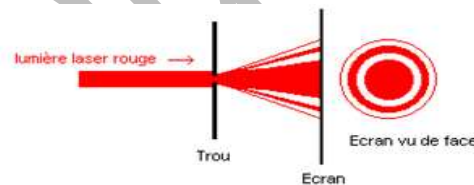


- $a = 0,3 \text{ mm}$  figure semblable à la précédente mais une tache centrale brillante de largeur L' plus grand que L ( $L' = 2L$ )



**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 rectangulaire F par une fente circulaire de diamètre convenable. On observe des taches circulaires appelés : anneaux de diffraction



Diffraction par une ouverture circulaire étroite

**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
- ⇒ La lumière est une onde
- La figure de diffraction est constituée d'une tache centrale lumineuse centrale 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 diminue alors L augmente

**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

**3- Influence de quotient  $\frac{\lambda}{a}$  sur le phénomène de diffraction :**

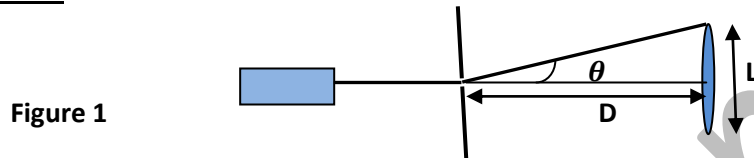
**a- Cas d'une onde mécanique :**

- Si la profondeur  $h$  de la nappe d'eau augmente alors la longueur d'onde  $\lambda$  augmente.
- On fixe la largeur  $a$  de la fente :
- ❖ Si  $h$  augmente (la longueur d'onde  $\lambda$  augmente) le phénomène de diffraction est plus marqué (plus appréciable)
- On fixe la profondeur  $h$  de la nappe d'eau (la longueur d'onde  $\lambda$  est fixée)
- ❖ Si  $a$  diminue, le phénomène de diffraction est plus appréciable
- ❖ Conclusion :

Le phénomène de diffraction dépend du quotient  $\frac{\lambda}{a}$

**b- Cas d'une onde lumineuse :**

**b<sub>1</sub>- Expérience :**



❖ **1<sup>er</sup> cas : source laser rouge de longueur d'onde  $\lambda_R = 633 \text{ nm}$ .**

On fait varier  $a$  et on note à chaque fois la valeur de  $L$

- Tableau des mesures :

$a(10^{-3} \text{ m})$	0,10	0,14	0,20	0,25
$\frac{1}{\lambda}(10^3 \text{ m})$	10,0	7,1	5,0	4,0
$L(10^{-3} \text{ m})$	25	18	12	10

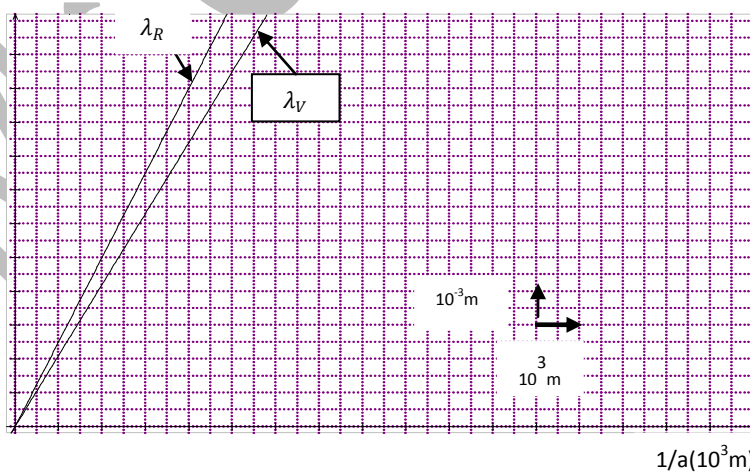
❖ **2<sup>ème</sup> cas : source laser verte de longueur d'onde  $\lambda_V = 506,4 \text{ nm}$**

- Tableau des mesures :

$a(10^{-3} \text{ m})$	0,10	0,14	0,20	0,25
$\frac{1}{\lambda}(10^3 \text{ m})$	10,0	7,1	5,0	4,0
$L(10^{-3} \text{ m})$	21	15	10	8

❖ **Courbes :  $L = f(\frac{1}{a})$**

$L(10^{-3} \text{ m})$



**b<sub>2</sub>- Interprétation :**

- On constate que si  $a$  augmente alors  $L$  diminue et vice-versa  $\Rightarrow L$  est inversement proportionnelle

à  $a \Rightarrow L = K \cdot \frac{1}{a}$  (1)

- Expression de  $\theta$  :

D'après la figure 1 on a  $\text{tg}\theta = \frac{L}{2D}$  et comme  $D \gg L \implies \theta$  est faible  $\implies \text{tg}\theta = \theta = \frac{L}{2D} \implies \theta = \frac{L}{2D}$  (2)

- Pour une valeur donnée de  $a$  la largeur  $L$  dépend de la longueur d'onde de la lumière utilisée.

- Pour  $a = 0,2 \text{ mm}$   $\begin{cases} \lambda_R \Rightarrow L_R = 12 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ \lambda_V \Rightarrow L_V = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m} \end{cases} \implies L_R > L_V$

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

- (1) et (2)  $\implies \theta = \frac{K}{2D a}$  (3)

- Les deux courbes  $L = f(\lambda)$  permet de justifier que :  $\frac{\theta \cdot a}{\lambda_R} = \frac{\theta \cdot a}{\lambda_V} \cong 1 \implies \theta = \frac{\lambda}{a}$  (4)

- (2) et (4)  $\implies L = \frac{2D \lambda}{a}$

- **Remarque :** Dans le cas d'une fente circulaire  $\theta = 1,22 \frac{\lambda}{a}$

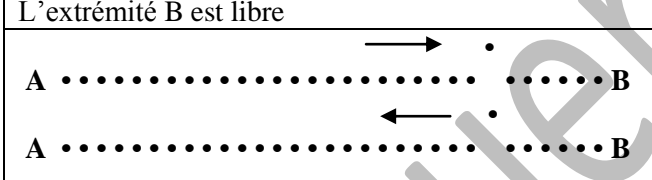
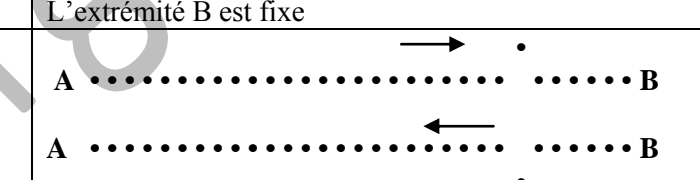
- **Conclusion :**

Une onde mécanique ou lumineuse subit une diffraction à la rencontre d'une fente fine de largeur  $a$  ou au niveau d'un obstacle dont les dimensions sont convenables. Cependant, la perception du phénomène de diffraction de l'onde dépend du quotient  $\frac{\lambda}{a}$

### III- La réflexion :

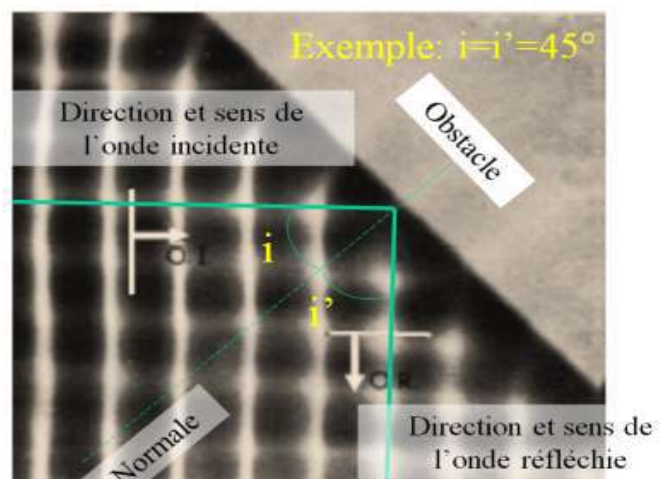
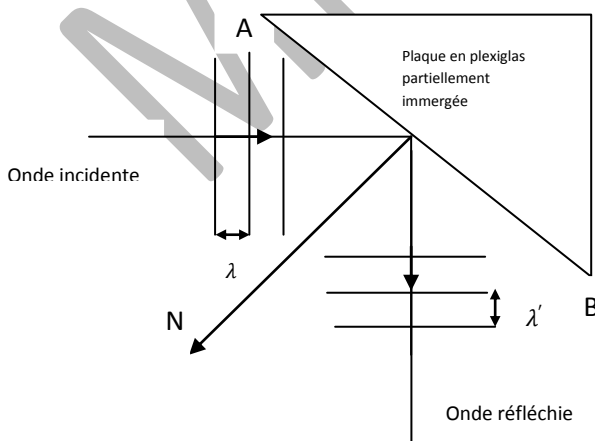
#### 1- Réflexion d'un ébranlement :

On dispose d'un ondoscope d'extrémités A et B

L'extrémité B est libre	L'extrémité B est fixe
 <p>L'ébranlement réfléchi est caractérisé par une déformation de même sens et de même amplitude que celui incident</p>	 <p>L'ébranlement réfléchi est caractérisé par une déformation de même amplitude mais de sens opposé que celui incident</p>

#### 2- Réflexion d'une onde :

##### a- Cas d'une onde plane



- 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 réfléchi de longueur d'onde  $\lambda' = \lambda$
- **Conclusion :**

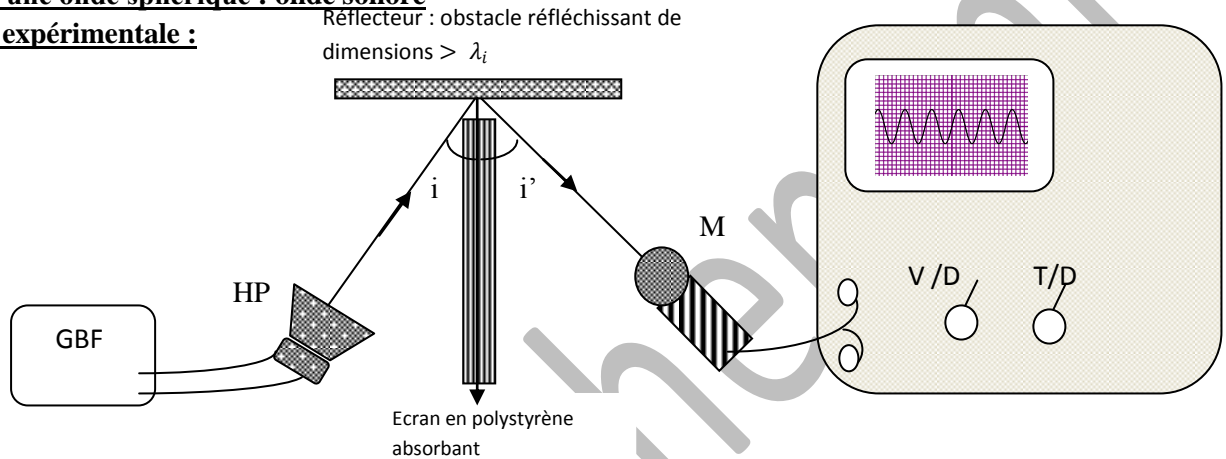
<b>Onde plane incidente</b>	Angle incident	Longueur d'onde
	<b>i</b>	$\lambda_1$
<b>Onde plane réfléchi</b>	Angle réfléchi	Longueur d'onde
	<b>i' = i</b>	$\lambda' = \lambda$

❖ **La loi de Descartes relative à la réflexion :**

- L'onde réfléchi est situé dans le plan d'incidence .
- L'angle réfléchi est égale à l'angle d'incidence (  $i' = i$  )

**b- Cas d'une onde sphérique : onde sonore**

**b<sub>1</sub>- Etude expérimentale :**



- Remarque : le réflecteur de dimensions supérieur à  $\lambda_i$  pour éviter le phénomène de diffraction
- Principe des mesures : on fixe la position du haut parleur HP de façon que  $i = 30^\circ$  et on fait varier la position du microphone M et pour chaque valeur de r en note la valeur de la tension maximale  $U_m$  lue directement sur l'oscilloscope

• Tableau des mesures :

$i'$	5	15	25	30	40	55	70
$U_m$	0,6	0,78	0,9	0,92	0,85	0,59	0,38

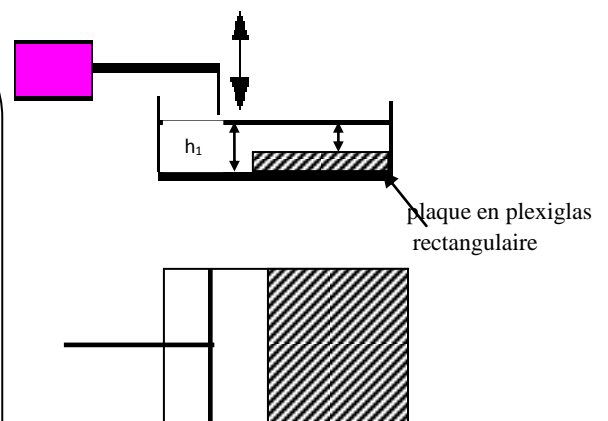
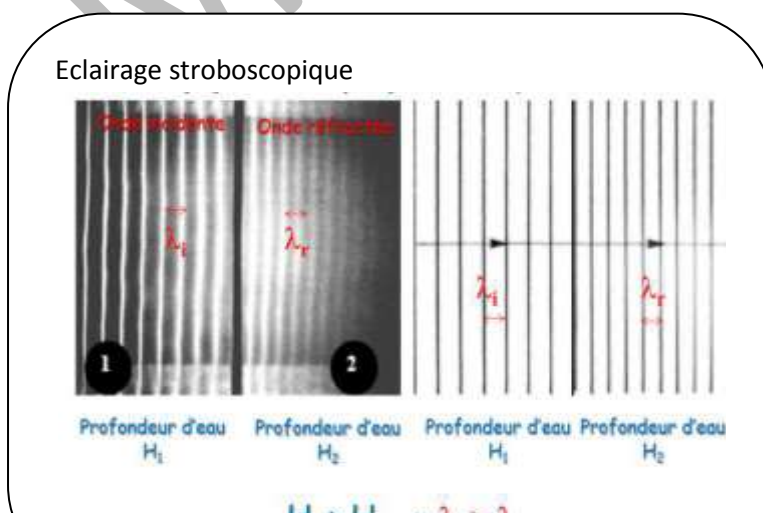
**b<sub>2</sub>- Interprétation :**

- L'amplitude  $U_m$  est maximale lorsque  $i' = i = 30^\circ$
- Les lois de Descartes relative à la réflexion sont vérifiées, en effet , l'angle d'incidence est égale à l'angle de réflexion ( $i' = i = 30^\circ$ ) et l'onde réfléchi est située dans le plan d'incidence .

**IV- La réfraction :**

**1- L'onde transmise :**

**a- Etude expérimentale :**



**b- Interprétation :**

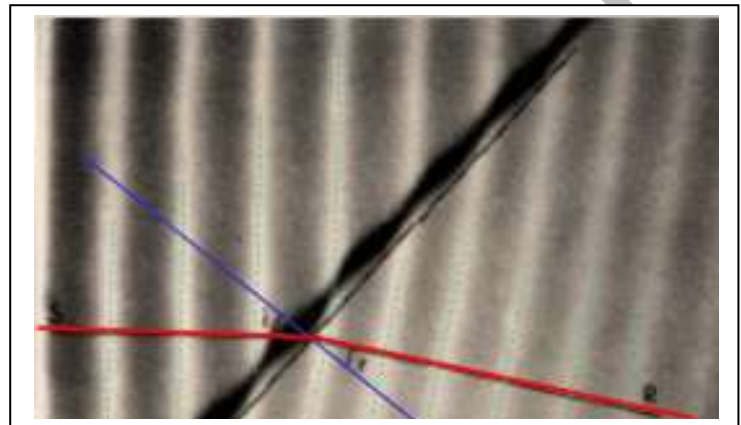
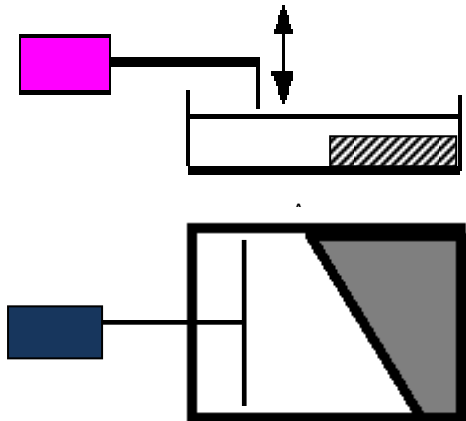
- Onde transmise du milieu vers le milieu (2) sans changement de direction de propagation
- On constate que la longueur d'onde  $\lambda_2 < \lambda_1 \implies$  changement de longueur d'onde ce changement est dû à la variation de la célérité de propagation, en effet la célérité de propagation de l'onde à la surface de l'eau dépend du profondeur H :  $V = \sqrt{H \cdot \|\vec{g}\|}$
- On  $H_2 < H_1 \implies V_2 < V_1 \implies N \cdot \lambda_2 < N \cdot \lambda_1 \implies \lambda_2 < \lambda_1$

**c- 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 la longueur d'onde  $\lambda$ .

**2- L'onde réfractée :**

**a- Etude expérimentale :**



éclairage stroboscopique

- Dans le milieu 1 on observe des rides immobiles équidistants parallèles à la lame L.
- Dans le milieu 2 on observe 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 différentes de celle du milieu 1  $\implies$  cassure des rides au niveau de la surface de séparation (AB)

**b- 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 de propagation

N'N' : La normale à la surface de séparation

$i_1$  : angle d'incidence

$i_2$  : angle de réfraction

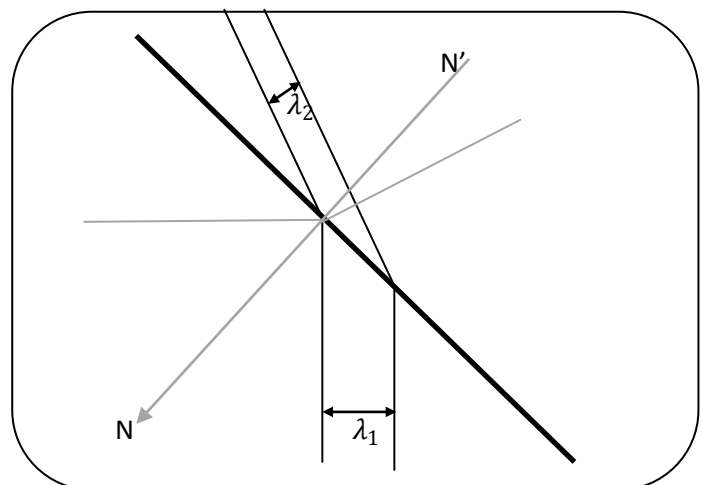
- dans le triangle HII' on a :

$$\sin i_1 = \frac{HI'}{II'} \implies \sin i_1 = \frac{\lambda_1}{II'} \quad (1)$$

- Dans le triangle H'I'I' on a :

$$\sin i_2 = \frac{H'I}{I'I'} \implies \sin i_2 = \frac{\lambda_2}{I'I'} \quad (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} \implies \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \text{ sig } \lambda_1 \sin i_2 = \lambda_2 \sin i_1$$



Or  $\lambda = V \cdot T$  d'où  $V_1 \sin i_2 = V_2 \sin i_1 \implies$

$$\frac{\sin i_1}{V_1} = \frac{\sin i_2}{V_2}$$

Loi de Descartes relative à la réfraction

**c- Conclusion :**

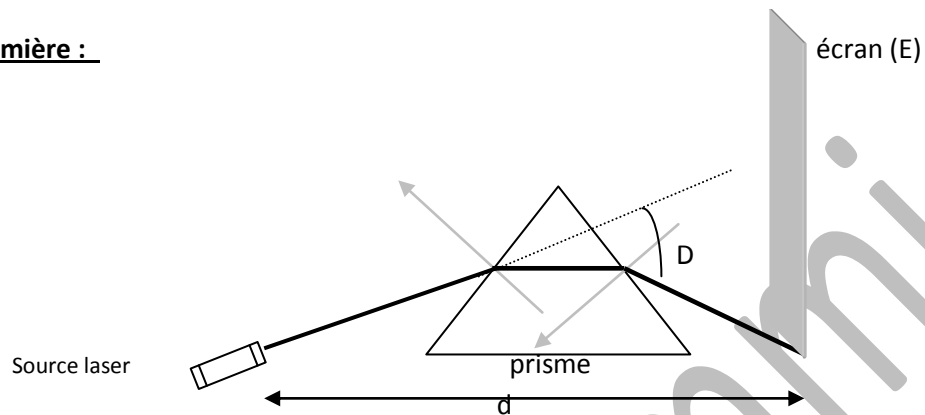
- Au niveau de la surface de séparation de deux milieux de propagation, l'onde mécanique subit un changement de direction de propagation : c'est le phénomène de réfraction
- Au cours de la réfraction d'une onde mécanique il y a changement de longueur d'onde.
- La réfraction d'une onde mécanique est régie par la relation de Descartes  $\lambda_1 \sin i_2 = \lambda_2 \sin i_1$

**V- La dispersion :**

**1- Dispersion de la lumière :**

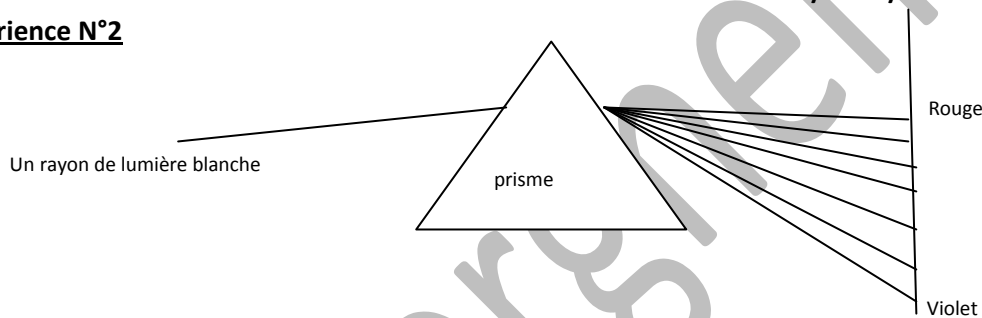
**a- Expérience :**

**a<sub>1</sub>- Expérience N°**



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

**a<sub>2</sub>- Expérience N°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 prisme dévie inégalement les lumières colorées : le rouge est le moins dévié et le violet est le plus dévié. C'est le phénomène de dispersion de la lumière

**b- In terprétation :**

- 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 poly chromatique, elle est constituée par une infinité de radiations monochromatique
- chaque radiation monochromatique est caractérisée par une fréquence  $\nu$  et une longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$ . 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  $\lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{c}{n \nu} = \frac{\lambda_0}{n}$
- L'indice de réfraction  $n$  du verre avec la fréquence  $\nu$  de la lumière  $\implies$  la célérité de la lumière  $V$  dépend de la fréquence  $\nu \implies$  le verre est un milieu dispersif

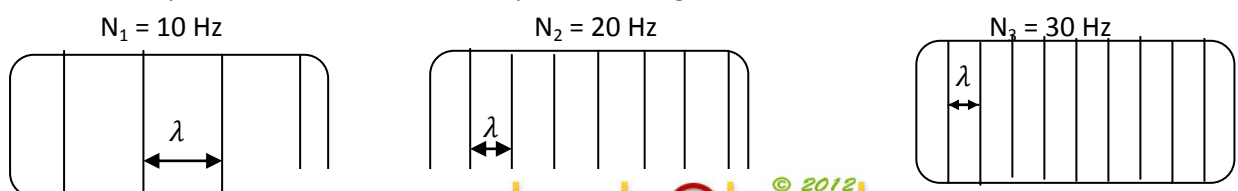
**c- Conclusion :**

Tout milieu transparent d'indice de réfraction  $n$ , où la célérité d'une radiation lumineuse dépend de sa fréquence est appelé milieu dispersif.

**2- Dispersion d'une onde mécanique :**

**a- Expérience :**

On fait varier la fréquence  $N$  et on mesure à chaque fois la longueur d'onde  $\lambda$



**Tableau des mesures**

N( Hz)	10	20	30
$\lambda(10^{-3}m)$	21	11	8
V( m.s <sup>-1</sup> )	0,21	0,22	0,24

**b- Interprétation :**

- La célérité V ne dépend pas uniquement des propriétés du milieu de propagation mais dépend aussi de la fréquence de l'onde N  $\implies$  phénomène de dispersion  $\implies$  l'eau est milieu dispersif

**c- Conclusion :**

Lorsque la célérité V d'une onde mécanique dans un milieu de propagation donné ne dépend pas uniquement de la nature de ce milieu, mais dépend aussi de sa fréquence N, on dit qu'il s'agit du phénomène de dispersion d'onde mécanique

**3- Milieu non dispersif :**

**a- Expérience :**

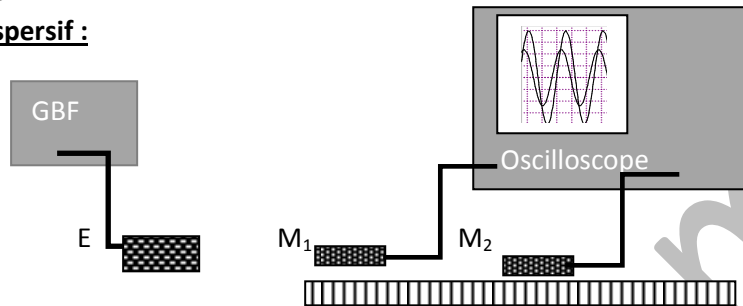


Tableau des mesures :

N( Hz)	2000	1000
$\lambda (m)$	0,17	0,34
$V = \lambda . N ( m. s^{-1} )$	340	340

**b- Interprétation :**

V est indépendante de la fréquence N  $\implies$  Pour les ondes sonores l'air n'est pas un milieu dispersif

**4- Conclusion :**

On appelle milieu dispersif pour une onde de fréquence N (ou  $\nu$ ), tout milieu où la célérité V de cette onde ne dépend pas uniquement des propriétés du milieu de propagation, mais dépend aussi de la fréquence N(ou  $\nu$ ) de l'onde. Dans le cas contraire où la célérité V de l'onde est indépendante de la fréquence N, le milieu est non dispersif.