

Interactions onde-matière

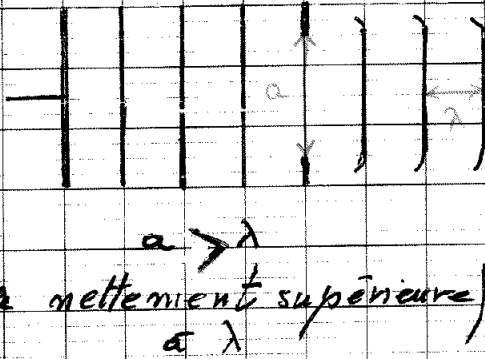
www.BAC.org.tn
Page BAC-TUNISIE
Tél: 25 361 197 / 53 371 502

I) Diffraction

1) Diffraction d'une onde mécanique

Def. La diffraction d'une onde est la modification de son trajet et par suite sa forme au voisinage d'une ouverture ou d'un obstacle de dimensions comparables à sa longueur d'onde

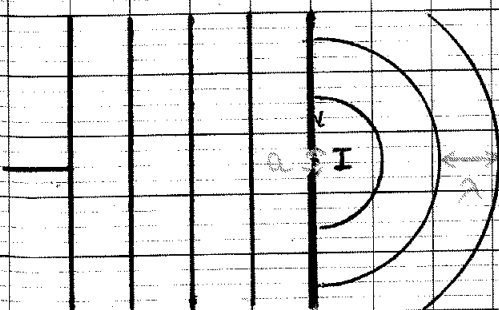
• La diffraction d'une onde se fait sans changer ent de sa longueur d'onde



Absence de diffraction d'une onde mécanique pour $a > \lambda$ d'onde n'est pratiquement pas diffractée au passage de l'ouverture, elle est simplement diaphragmée.



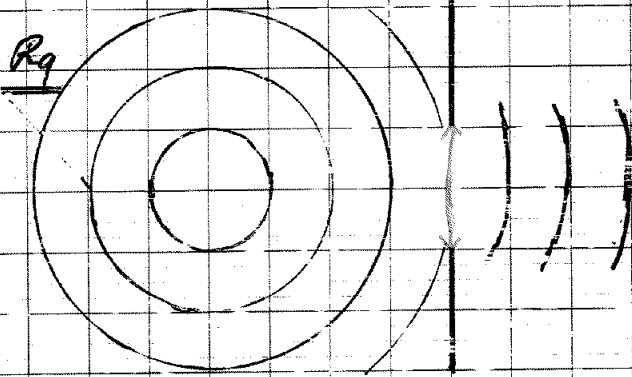
Diffraction pour $a = \lambda$
Au-delà de l'ouverture on observe des rides circulaires dans une zone triangulaire dont le sommet est le milieu de la fente.



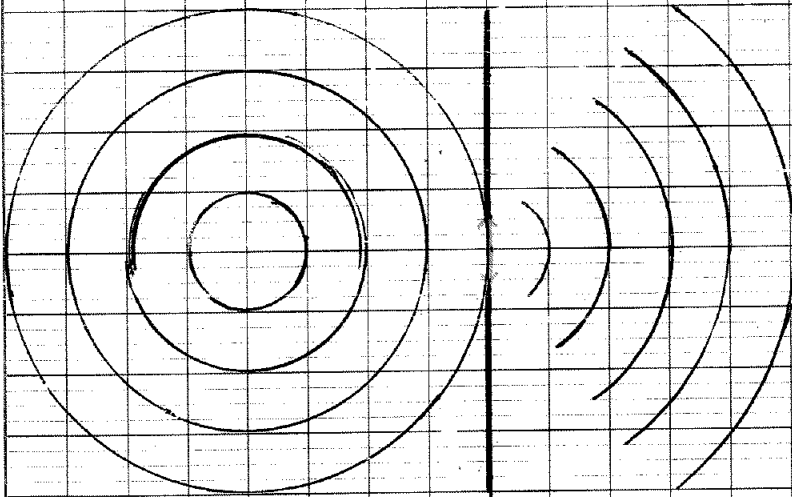
Diffraction pour $a < \lambda$
Au-delà de l'ouverture on observe des rides quasiment circulaires de centre commun au milieu de la fente

$a < \lambda$ (a nettement inférieure à λ)

la perception du phénomène de diffraction de l'onde dépend du quotient $\frac{\lambda}{a}$
 Plus $\frac{\lambda}{a}$ est grand plus le phénomène est net.

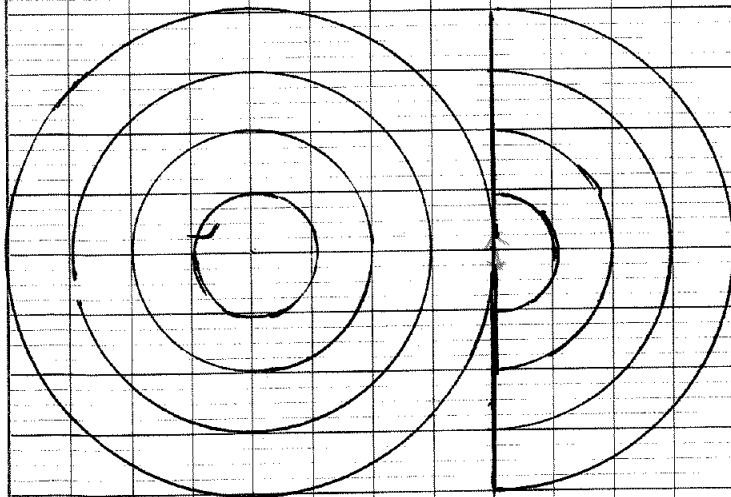


$a \gg \lambda \rightarrow$ l'onde n'est pas diffractée au passage de l'ouverture, elle est simplement diaphragmée.



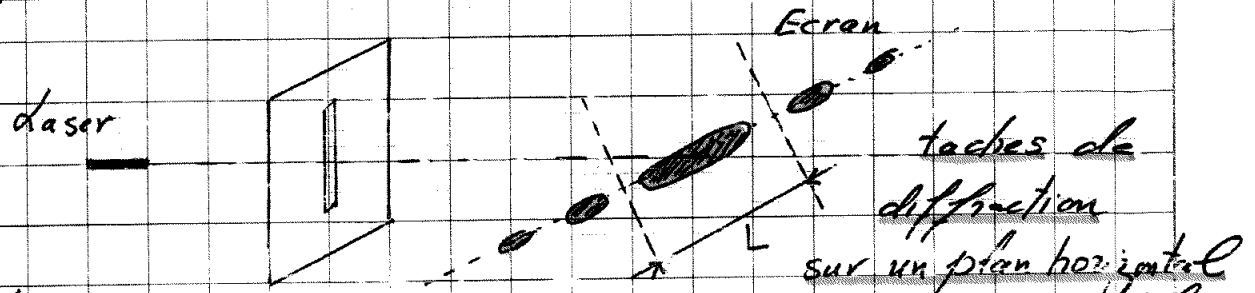
$a \approx \lambda$

www.BAC.org.tn
 Page: BAC-TUNISIE
 Tél: 25 361 197 / 53 371 502

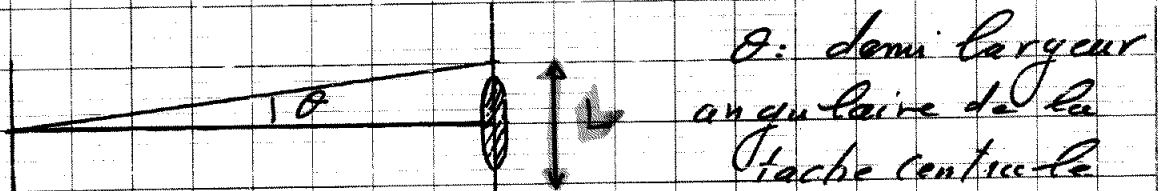


$a < \lambda$

2) Diffraction de la lumière



Sur l'écran E se forme une figure étalée horizontalement constituée d'un tache centrale lumineuse brillante de largeur L, entourée de part et d'autre par des taches lumineuses séparées par des zones sombres.

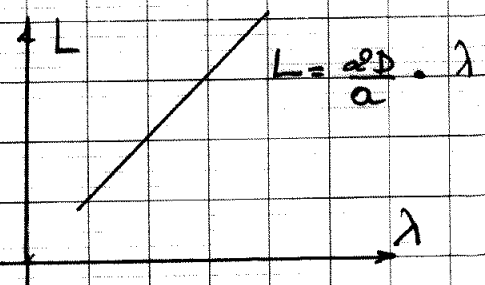
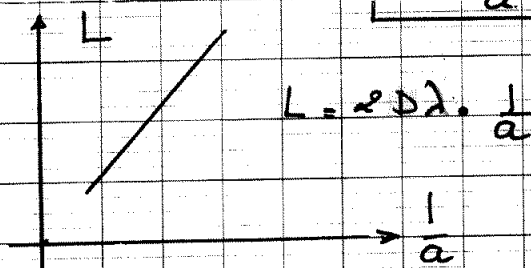


θ : demi largeur angulaire de la tache centrale

θ est un angle petit $\Rightarrow \text{tg } \theta = \theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$

Or $\theta = \frac{\lambda}{a} \Rightarrow \frac{L}{2D} = \frac{\lambda}{a}$

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

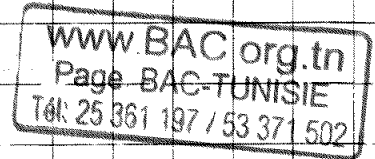
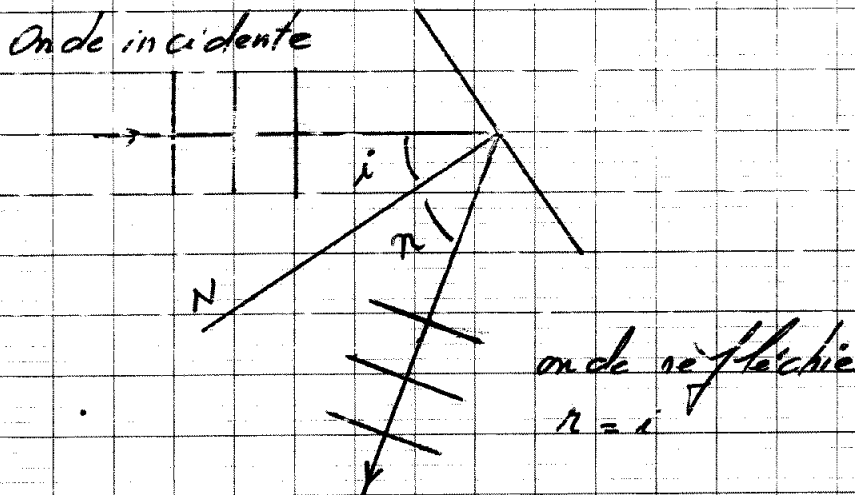


• La perception du phénomène de diffraction de la lumière dépend du quotient $\frac{\lambda}{a}$

• Le rapprochement des figures de diffraction d'une onde mécanique et de la lumière prouve que la lumière a un caractère ondulatoire.

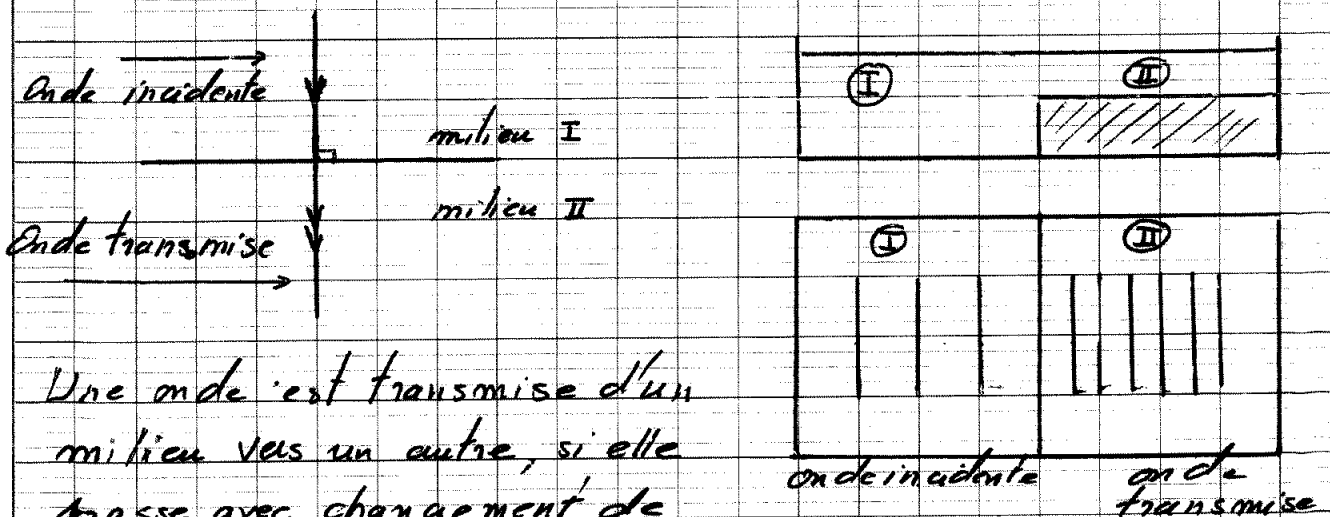
II) Réflexion d'une onde

- C'est le brusque changement de direction de propagation de l'onde dans le même milieu sans changement de la longueur d'onde λ .
- l'angle de réflexion r est égal à l'angle d'incidence i



La réflexion ne modifie pas la longueur d'onde λ

III) Transmission d'une onde



Une onde est transmise d'un milieu vers un autre, si elle passe avec changement de célérité et de longueur d'onde λ mais sans changement de direction de propagation lorsque cette onde arrive perpendiculairement à la surface de séparation

IV) Réfraction d'une onde

La réfraction d'une onde est le changement de sa longueur d'onde et de sa direction de propagation au niveau de la surface de séparation de deux milieux de propagation

d'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 obéissent à la relation

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

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

Exemple

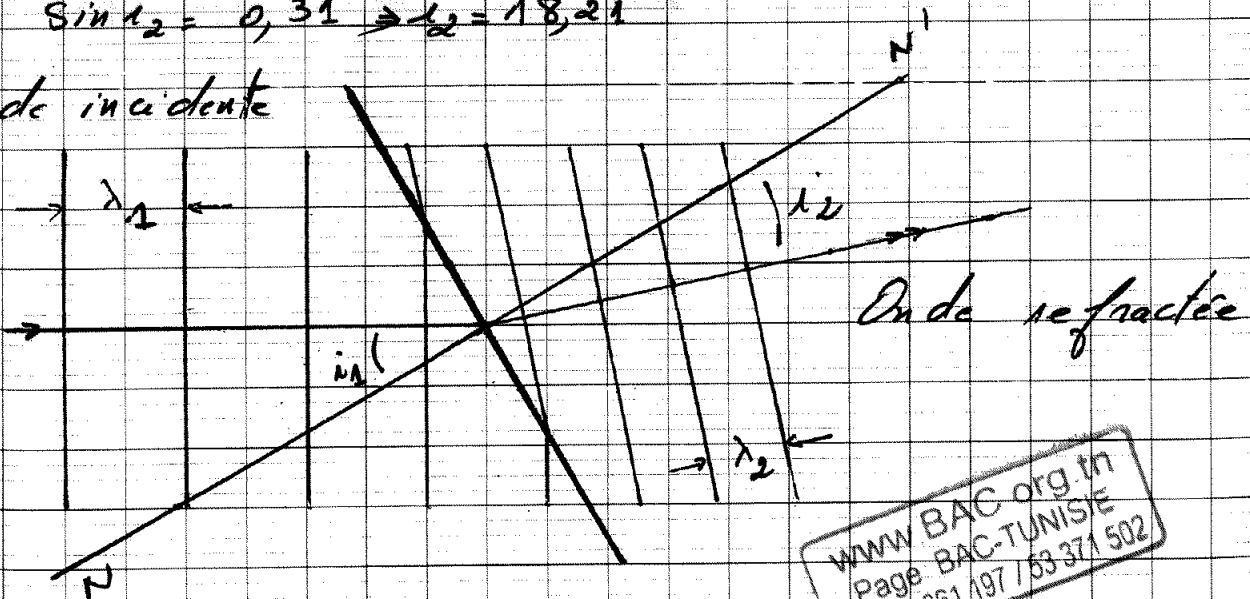
$$\begin{cases} \lambda_1 = 16 \text{ mm} \\ \lambda_2 = 10 \text{ mm} \\ i_1 = 30^\circ \end{cases}$$

On détermine i_2

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

$$\sin i_2 = 0,31 \Rightarrow i_2 = 18,21^\circ$$

Onde incidente



www.BAC.org.tn
Page BAC-TUNISIE
Tel: 25 361 197 / 53 371 502

(6°)

Exercice

I- Une cuve à onde remplie d'eau est partagée à l'aide d'une plaque en plexiglas en deux zones I et II d'épaisseur respectifs e_1 et e_2 .

Une lame vibrante L produit dans la région I des ondes qui progressent à la surface de l'eau sous forme de rides rectilignes, la surface de séparation des deux zones est parallèle à la lame vibrant à la fréquence $N=10$ Hz. Dans la partie la plus profonde 5 crêtes successives sont séparées de $d_1=20$ cm alors que dans la partie la moins profonde 2 crêtes sont séparées de $d_2=4$ cm dans la partie la moins profonde.

- 1- De quel phénomène s'agit-il ?
- 2- Calculer les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 dans chaque région.
- 3- Schématiser à un instant t de phénomène observé

Echelle 2cm représenté par 1cm.

- 4- Calculer les célérités de propagation des ondes dans la région I et la région II.
- 5-a- Sachant que V^2 est proportionnel à l'épaisseur e de l'eau ; Que la profondeur $e_1=2,5$ cm ; Calculer e_2
b- Calculer le coefficient de proportionnalité ; Que représente ce coefficient.

II- La surface de séparation des deux milieux de propagation I et II fait un angle non nul avec la lame.

- 1- Quel(s) changement(s) subit l'onde mécanique à la surface de séparation ? Qu'appelle-t-on ce phénomène ?
- 2- L'onde incidente arrive sous une incidence $i_1=20^\circ$.

a- Calculer l'angle de réfraction i_2 sachant que $\frac{\sin i_1}{\lambda_1} = \frac{\sin i_2}{\lambda_2}$.

- b- Faire le schéma de l'onde incidente et de l'onde réfractée à un instant de date t .

III- On supprime la plaque de plexiglas, la profondeur de l'eau est la même dans la cuve à onde la célérité de propagation des ondes est $V=1$ ms⁻¹, la fréquence du vibreur est $N=100$ Hz. à la distance d de la lame vibrante, on place une fente de largeur $a=0,5$ cm.

- 1- De quel phénomène s'agit-il ? Le définir.
- 2- Schématiser les rides entre la lame et l'ouverture et au-delà de l'ouverture.
- 3- On augmente progressivement la largeur a de la fente. Comment est modifié la surface de l'eau au-delà de l'ouverture.

Rép

1) Il s'agit de phénomène de transmission d'une onde mécanique progressive, car l'onde arrive perpendiculairement à la surface de séparation, elle passe d'un milieu I à un milieu II moins profond avec une fréquence N constante, donc il y a diminution de la célérité de propagation de l'onde et par suite diminution de la longueur d'onde.

2)

La distance séparant deux crêtes successives est λ

• Dans la région I

$$d_1 = 4 \lambda_1 \Rightarrow \lambda_1 = \frac{d_1}{4}$$

$$\lambda_1 = 5 \text{ cm} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

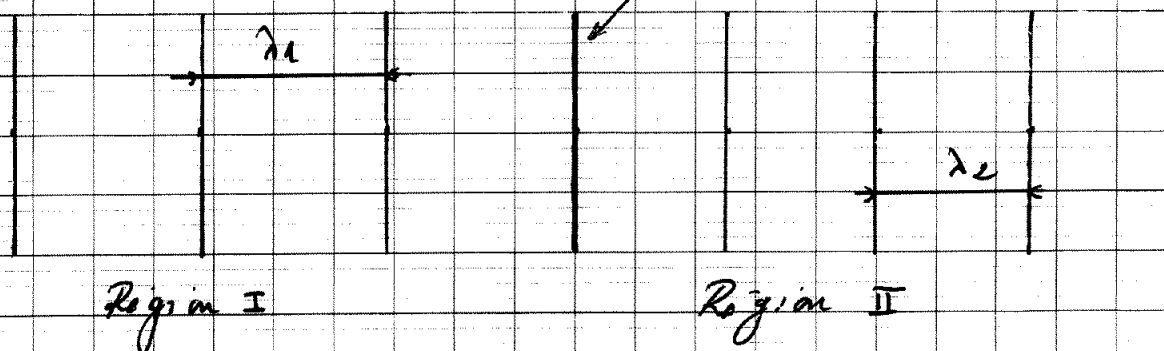
www.BAC.org.tn
Page: BAC-TUNISIE
Tél: 25 361 197 / 53 371 502

• Dans la région II

$$d_2 = \lambda_2 = 4 \text{ cm}$$

$$\lambda_2 = 4 \text{ cm} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

3)



4)

$$\lambda_1 = v_1 \cdot T = \frac{v_1}{N} \Rightarrow v_1 = \lambda_1 \cdot N$$

$$v_1 = 0,5 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_2 = \lambda_2 \cdot N$$

$$v_2 = 0,4 \text{ m s}^{-1}$$

$$5) \begin{cases} V_1^2 = K \epsilon_1 \\ V_2^2 = K \epsilon_2 \end{cases} \Rightarrow \frac{V_2^2}{V_1^2} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

$$\Rightarrow \epsilon_2 = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \cdot \epsilon_1$$

$$\underline{\text{AN}} \quad \underline{\epsilon_2 = 1,6 \text{ cm} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ m}}$$

$$b) \quad K = \frac{V_1^2}{\epsilon_1}$$

$$\underline{\text{AN}} \quad K = 10 \text{ m s}^{-2}$$

$$K = \|\vec{g}\| = 10 \text{ m s}^{-2}$$

www.BAC.org.tn
Page: BAC-TUNISIE
Tél: 25 361 197 / 53 371 502

II) 1) A la surface de séparation l'onde subit un changement de sa longueur d'onde et de sa direction de propagation : c'est le phénomène de réfraction

$$2) \quad \frac{\sin i_1}{\lambda_1} = \frac{\sin i_2}{\lambda_2} \Rightarrow \sin i_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \sin i_1$$

$$\sin i_2 = 0,27 \Rightarrow i_2 = 15,88^\circ$$

$$\text{III) 1) } \lambda = \frac{v}{N} = 10^{-2} \text{ m} = 1 \text{ cm}$$

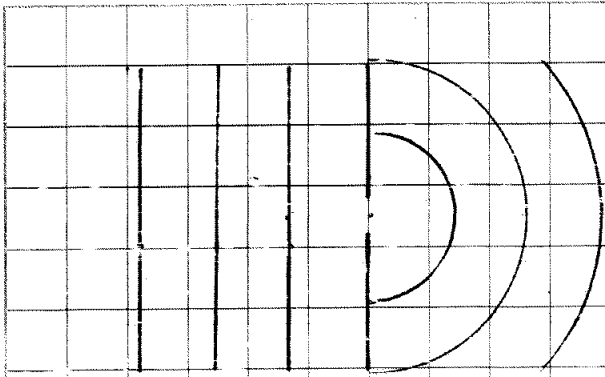
$$a = 0,5 \text{ cm}$$

$$a < \lambda$$

le phénomène observé est la diffraction d'une onde progressive

la diffraction d'une onde est la modification de son trajet et par suite sa forme au voisinage d'une ouverture ou d'un obstacle de dimensions comparables à sa longueur d'onde

2) Au-delà de la fente on observe des rides quasiment circulaires de centre commun milieu de la fente.



3) la perception du phénomène de diffraction dépend du quotient $\frac{\lambda}{a}$
 plus $\frac{\lambda}{a}$ est petit plus le phénomène est moins net

dans que en augmente a , le quotient $\frac{\lambda}{a}$ diminue

• Pour $a \approx \lambda$

Au-delà de la fente on observe des vides circulaires dans une zone triangulaire dont le sommet est le milieu de la fente.

• Pour $a \gg \lambda$ (a très grande devant λ)

Il n'y a pas donc de diffraction: l'onde n'est que diaphragmée.

www.BAC.org.tn
 Page: BAC-TUNISIE
 Tél: 25 361 197 / 53 371 502

V) de dispersion

1) Dispersion d'une onde mécanique

Quand 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.

2) Dispersion de la lumière

- la longueur d'onde dans le vide d'une radiation lumineuse monochromatique de fréquence ν est $\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$ avec c : célérité de la lumière dans le vide

- la longueur d'onde de cette radiation dans un milieu transparent d'indice n où la célérité de la lumière est $v = \frac{c}{n}$ est $\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{c}{n \cdot \nu} = \frac{\lambda_0}{n}$

www.BAC.org.tn
Page BAC-TUNISIE
Tél: 25 361 197 / 53 371 502

- 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 ν

- On appelle milieu dispersif tout milieu dans lequel la célérité v d'une onde périodique dépend de sa fréquence.

- Une lumière monochromatique est une onde progressive sinusoïdale caractérisée par sa fréquence ν et sa longueur d'onde λ_0 dans le vide

- Une lumière polychromatique est constituée de plusieurs radiations

(11°)

Exercice

On utilise dans cette expérience, comme milieu dispersif, un prisme en verre d'indice de réfraction n (voir la figure 2 donnée en ANNEXE, à rendre avec la copie).

On dirige, suivant une incidence $i = 30^\circ$, le faisceau laser vers l'une des faces du prisme placé dans l'air. On observe que ce faisceau est dévié d'un angle d .

Un écran placé derrière le prisme montre un point lumineux de même couleur (rouge) que le faisceau incident.

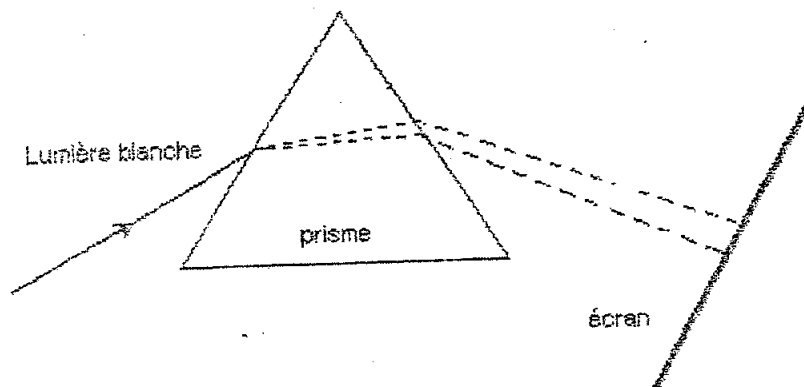
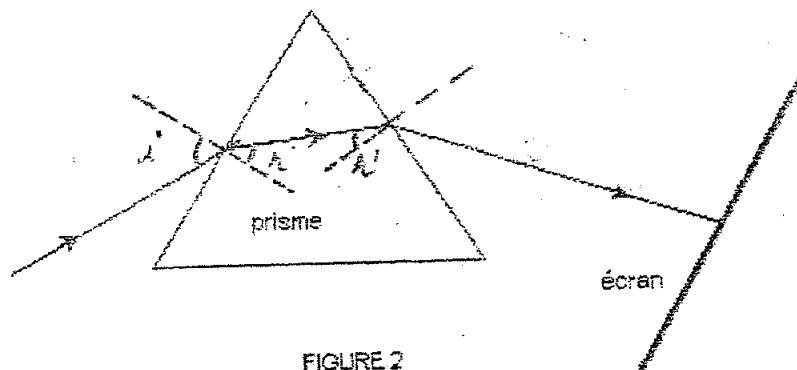
1. Quelle est la nature de la lumière émise par le laser ? Justifier votre réponse.
2. La célérité de la lumière dans le vide est $C = 3.10^8 \text{ m s}^{-1}$.
 - a- Rappeler la relation entre la longueur d'onde de l'onde émise par le laser, sa fréquence et sa célérité C . Calculer la fréquence ν .
 - b- La valeur de la fréquence ν varie-t-elle lorsque cette onde change de milieu de propagation ?
 - c- Donner les limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible et les couleurs correspondantes. Situer les domaines des rayonnements ultraviolets et infrarouges par rapport au domaine du spectre visible.

3. L'indice de réfraction du verre pour la fréquence ν de l'onde utilisée est $n = 1,61$.

- a- Pourquoi précise-t-on la fréquence ν de l'onde lorsqu'on donne la valeur de n ?
- b- Calculer la longueur d'onde λ_{verre} de cette onde dans le verre. ($\lambda_0 = 633 \text{ nm}$)
- c- Calculer la déviation d sachant que $i + r' = 50^\circ$ (voir figure 2)

4. On remplace la lumière du laser par une lumière blanche (voir la figure 3 donnée en ANNEXE, à rendre avec la copie).

- a- Qu'observe-t-on sur l'écran ?
- b- Les traits en pointillé (figure 3) correspondent aux trajets de deux rayons lumineux de couleurs respectives rouge et bleu. Tracer, en les identifiant clairement, ces deux rayons. On rappelle que la déviation d augmente quand la longueur d'onde diminue.



Correction

1) On obtient sur l'écran un seul point lumineux car il s'agit d'une lumière monochromatique

2) a) $\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$
 b) la valeur de la fréquence ν ne varie pas lorsque celle-ci change de milieu de propagation

c)

Ultra violet 400 lumière visible 750 Infra Rouge λ (nm)

$\lambda = 400 \text{ nm}$: violette

$\lambda = 750 \text{ nm}$: Rouge

3) a) l'indice de réfraction n d'un milieu transparent dépend de la fréquence ν de la radiation utilisée

En effet connaissant l'indice de réfraction n du verre et la fréquence ν , on détermine la longueur d'onde dans le vide et dans le verre.

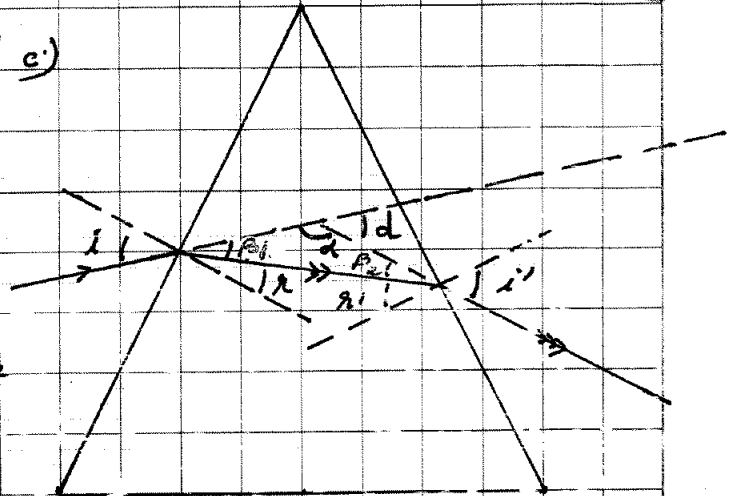
$$b) \lambda_{\text{verre}} = \frac{v}{\nu} = \frac{v}{\frac{c}{\lambda_0}} = \lambda_0 \cdot \frac{v}{c}$$

avec $n = \frac{c}{v}$

$$\Rightarrow \lambda_{\text{verre}} = \frac{\lambda_0}{n}$$

$$\lambda_{\text{verre}} = 393,167 \text{ nm}$$

c)



$$i = 30^\circ$$

• On détermine r

$$\sin i = n \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{\sin i}{n}$$

$$\sin r = 0,31 \Rightarrow r = 18,1^\circ$$

• On détermine r'

$$r + r' = 50^\circ \Rightarrow r' = 50 - r$$

$$r' = 31,9^\circ$$

• On détermine i'

$$n \sin r' = \sin i'$$

$$\sin i' = 0,85 \Rightarrow i' = 58,31^\circ$$

$$i = \beta_1 + r \Rightarrow \beta_1 = i - r = 11,9^\circ$$

$$i' = \beta_2 + r' \Rightarrow \beta_2 = i' - r' = 26,41^\circ$$

$$\beta_1 + \beta_2 + \alpha = 180^\circ$$

$$\Rightarrow \alpha = 180 - (\beta_1 + \beta_2)$$

$$\alpha + \alpha = 180^\circ \Rightarrow \alpha = 180 - \alpha$$

$$\alpha = 180 - (180 - (\beta_1 + \beta_2))$$

$$\alpha = \beta_1 + \beta_2 \quad (\alpha = 38,31^\circ)$$

4) des différentes radiations constituant la lumière blanche ne sont pas déviées du même

angle d par un prisme d'indice n , c'est le phénomène de dispersion de la lumière. Ainsi, la déviation d'une radiation lumineuse monochromatique par un prisme d'indice n , dépend de sa fréquence ν .
 On observe à l'air sur l'écran le spectre de la lumière visible constituée par les 4 radiations dans l'ordre violet - Indigo - bleu - vert - jaune - orange et Rouge.
 b) la déviation d et la longueur d'onde λ varient en sens inverse

$\lambda_B < \lambda_R \Rightarrow$ la radiation bleu est la plus déviée.
 c'est à dire le tracé inférieure correspond à la radiation bleu.

www.BAC.org.tn
 Page BAC-TUNISIE
 Tél: 25 361 197 / 53 371 502