09/2003 National Sans Calculatrice **EXERCICE I. LA LUMIÈRE : UNE ONDE (4 points)**

Le texte ci-dessous retrace succinctement l'évolution de quelques idées à propos de la nature de la lumière.

***Huyghens** (1629-1695) donne à la lumière un caractère ondulatoire par analogie à la propagation des ondes à la surface de l'eau et à la propagation du son.*
Pour Huyghens, le caractère ondulatoire de la lumière est fondé sur les faits suivants:
- « le son ne se propage pas dans une enceinte vide d'air tandis que la lumière se propage dans cette même enceinte. La lumière consiste dans un mouvement de la matière qui se trouve entre nous et le corps lumineux, matière qu'il nomme éther».
- « la lumière s'étend de toutes parts① et, quand elle vient de différents endroits, même de tout opposés② , les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher③ »
- « la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être④ par le transport d'une matière, qui depuis cet objet s'en vient jusqu'à nous ainsi qu'une balle ou une flèche traverse l'air ».

***Fresnel** (1788-1827) s'attaque au problème des ombres et de la propagation rectiligne de la lumière.*
Avec des moyens rudimentaires, il découvre et il exploite le phénomène de diffraction.
Il perce un petit trou dans une plaque de cuivre. Grâce à une lentille constituée par une goutte de miel déposée sur le trou, il concentre les rayons solaires sur un fil de fer.

Extraits d'articles parus dans l'ouvrage « Physique et Physiciens » et dans des revues « Sciences et Vie ».

① *de toutes parts = dans toutes les directions*
② *de tout opposés = de sens opposés*
③ *sans s'empêcher = sans se perturber*
④ *ne saurait être = ne se fait pas*

1. QUESTIONS À PROPOS DU DOCUMENT ENCADRÉ

1.1. Texte concernant Huyghens

1.1.1. Quelle erreur commet Huyghens en comparant la propagation de la lumière à celle des ondes mécaniques?

1.1.2. Citer deux propriétés générales des ondes que l'on peut retrouver dans le texte de Huyghens.

1.2. Texte concernant Fresnel

1.2.1. *Fresnel a utilisé les rayons solaires pour réaliser son expérience.*
Une telle lumière est-elle monochromatique ou polychromatique?

1.2.2. *Fresnel exploite le phénomène de diffraction de la lumière par un fil de fer.*
Le diamètre du fil a-t-il une importance pour observer le phénomène de diffraction? Si oui, indiquer quel doit être l'ordre de grandeur de ce diamètre.

2. DIFFRACTION

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ.
À quelques centimètres du laser, on place successivement des fils verticaux de diamètres connus. On désigne par a le diamètre d'un fil
La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance $D = 1{,}60$ m des fils. Pour chacun des fils, on mesure la largeur L de la tache centrale.
À partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire θ du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-après).

Figure 1
(Vue du dessus)

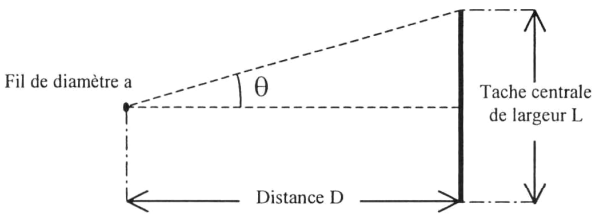
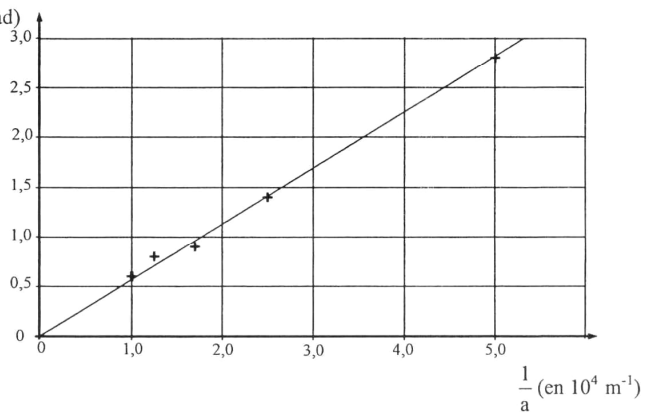


Figure 2



2.1. *L'angle θ étant petit, θ étant exprimé en radian, on a la relation: tan θ ≈ θ.*
Donner la relation entre L et D qui a permis de calculer θ pour chacun des fils.

2.2. Donner la relation liant θ, λ et a. Préciser les unités de θ, λ et a.

2.3. *On trace la courbe* $\theta = f(\frac{1}{a})$*. Celle-ci est donnée sur la figure 2 ci-dessus :*
Montrer que la courbe obtenue est en accord avec l'expression de θ donnée à la question **2.2.**

2.4. Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée ?

2.5. En utilisant la figure 2, préciser parmi les valeurs de longueurs d'onde proposées ci-dessous, quelle est celle de la lumière utilisée.
560cm ; 560mm ; 560 µm ; 560nm

2.6. *Si l'on envisageait de réaliser la même étude expérimentale en utilisant une lumière blanche, on observerait des franges irisées.*
En utilisant la réponse donnée à la question **2.2.**, justifier succinctement l'aspect «irisé» de la figure observée.

3. DISPERSION

Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit.

3.1. Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quel que soit le milieu transparent traversé ?

3.2. Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu homogène transparent, pour une radiation de fréquence donnée.

3.3. Rappeler la définition d'un milieu dispersif.
Pour un tel milieu, l'indice de réfraction dépend-il de la fréquence de la radiation monochromatique qui le traverse?

3.4. *À la traversée d'un prisme, lorsqu'une lumière monochromatique de fréquence donnée passe de l'air (d'indice* $n_a = 1$*) à du verre (d'indice* $n_v > 1$*), les angles d'incidence* (i_1) *et de refraction* (i_2)*, sont liés par la relation de Descartes-Snell:* $\sin(i_1) = n_v \sin(i_2)$
Expliquer succinctement, sans calcul, la phrase « *Un prisme est un milieu dispersif : convenablement éclairé, il décompose la lumière du faisceau qu'il reçoit* ».