

DM n°3 de Sciences Physiques

A rendre pour le lundi 11 décembre

PHYSIQUE

Exercice 1 : Tours Petronas

Les tours Petronas, à Kuala Lumpur en Malaisie, sont les plus hautes tours jumelles du monde : elles mesurent 452 mètres. Lors d'un voyage en Malaisie, un touriste souhaite photographier ces tours avec un appareil photographique dont l'objectif, modélisé par une lentille mince convergente, a une distance focale $f' = 50,0$ mm. Il se place de telle sorte que l'image de l'immeuble occupe toute la hauteur du capteur numérique soit 31,2 mm de hauteur.



1. Schématiser la situation sans souci d'échelle.
2. L'image obtenue sur le capteur numérique est-elle réelle ou virtuelle ? Dans ces conditions, le grandissement est-il positif ou négatif ?
3. Calculer le grandissement.

On fait l'hypothèse que les tours Petronas sont suffisamment éloignées de l'appareil pour qu'on puisse les considérer à l'infini.

4. Déterminer la distance objectif - capteur.
5. A partir de la valeur du grandissement calculée précédemment, calculer la distance D réelle entre les tours et l'appareil photographique.
6. Vérifier que l'hypothèse des tours à l'infini est cohérente avec ce résultat.

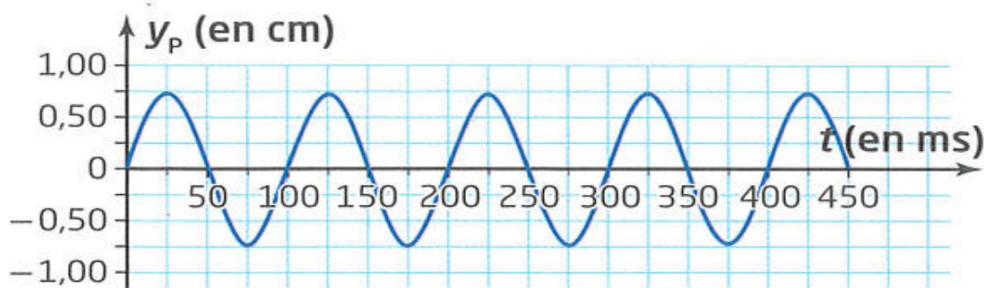
Exercice 2 : Onde sinusoïdale le long d'un ressort

Un piston P provoque des ondes de compression et de dilatation à l'extrémité d'un ressort horizontal de longueur $L = 1,00$ m. La célérité des ondes le long du ressort est $v = 2,50$ m.s⁻¹. A la date t_0 prise comme origine des dates, le piston commence à osciller depuis sa position d'équilibre.

Les élongations sont comptées positivement dans la direction de propagation de l'onde. On admet que l'onde se propage le long du ressort sans amortissement.



L'élongation $y_P(t)$ du piston P au cours du temps est représentée sur le DOC 1.



DOC 1.

1. Caractériser la nature de l'onde qui se propage dans le ressort.
2. Déterminer la période T , la fréquence f et l'amplitude A de l'onde.
3. Exprimer puis calculer la date t_1 à laquelle la spire S , située au milieu du ressort, commence à osciller.
4. Représenter sur le DOC 1 l'élongation $y_S(t)$ de la spire S en fonction du temps t , pour t variant de $t_0 = 0$ ms à $t_{\max} = 450$ ms.
5. Que peut-on dire des états vibratoires de la spire S et du piston P l'un par rapport à l'autre pour $t > t_1$: en phase ? en opposition de phase ? dans un état vibratoire quelconque ?
6. Qu'en déduit-on sur la distance PS ?
7. Expliquer à quoi correspond la longueur d'onde d'une onde périodique sinusoïdale. Quel autre nom lui donne-t-on ?
8. Exprimer puis calculer la longueur d'onde de l'onde se propageant dans le ressort.
9. Vérifier que la valeur calculée pour cette longueur d'onde est en accord avec la réponse de la question 6.

Exercice 3 : La lumière, une onde

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 parts ¹ et, quand elle vient de différents endroits, même de tout opposés ², les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher ³ » ;
- « la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être ⁴ 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 ».

(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

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.

Questions à propos du document

1. Quelle erreur commet Huyghens en comparant la propagation de la lumière à celle des ondes mécaniques ?
2. Citer deux propriétés générales des ondes que l'on peut retrouver dans le texte de Huyghens.
3. Fresnel a utilisé les rayons solaires pour réaliser son expérience. Une telle lumière est-elle monochromatique ou polychromatique ?
4. 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 ?
5. Si oui, indiquer quel doit être l'ordre de grandeur de ce diamètre.

B. Diffraction

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ .

A 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 tâche centrale.

A partir de ces mesures et des données, il est possible de calcul l'écart angulaire θ du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-après).

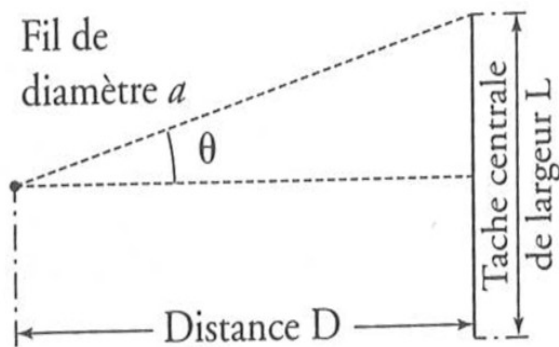


Figure 1 : vue de dessus

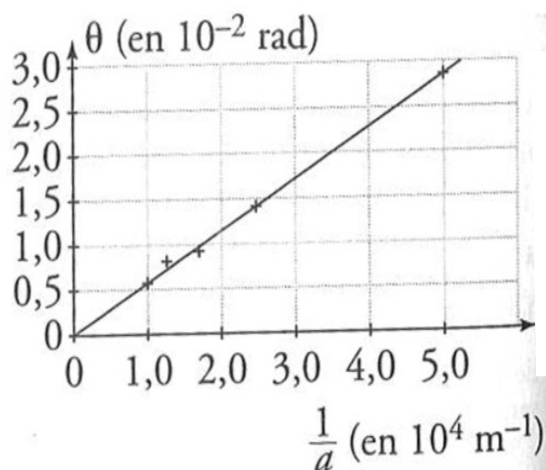


Figure 2

L'angle θ étant petit, θ exprimé en radian, on a la relation $\tan \theta = \theta$.

- Donner la relation qui permet de calculer θ en fonction de L et D pour chacun des fils.
- Donner la relation liant θ , λ et a . Préciser les unités de chaque variable.

On trace la courbe $\theta = f(1/a)$. 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 7.
- Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde λ de la lumière monochromatique utilisée ?
- En utilisant la figure 2, déterminer la valeur de la longueur d'onde de la lumière utilisée.

Si l'on envisageait de réaliser la même étude expérimentale en utilisant une lumière blanche, on observerait des franges irisées⁵.

(5) irisé : qui a les nuances des couleurs de l'arc-en-ciel

- En utilisant la réponse donnée à la question 7, justifier succinctement l'aspect irisé de la figure observée.

C. Dispersion

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

- Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quelque soit le milieu transparent traversé ?
- Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu homogène transparent, pour une radiation de fréquence donnée.
- Rappeler la définition d'un milieu dispersif.

On donne la longueur d'onde des radiations bleue et rouge dans l'air : $\lambda_B = 470 \text{ nm}$ et $\lambda_R = 650 \text{ nm}$ et l'indice n du verre flint pour ces 2 radiations : $n_B = 1,680$ et $n_R = 1,596$.

- Déterminer pour chaque radiation dans l'air :
 - sa vitesse
 - sa fréquence
 - sa longueur d'onde.

- Même question dans le verre.