

## PHYSIQUE

### Exercice 1 ☆: Smartphone et photographie

Les smartphones sont de plus en plus performants et tendent à concurrencer les appareils photographiques numériques compacts. Dans un appareil photographique simple la mise au point est faite en déplaçant une lentille. La finesse des smartphones ne permet pas de déplacer la lentille et la mise au point est réalisée en déformant une goutte liquide servant de lentille pour modifier la valeur de sa distance focale.

La valeur de la distance focale de cette lentille liquide est modifiée en fonction de la position de l'objet à photographier.

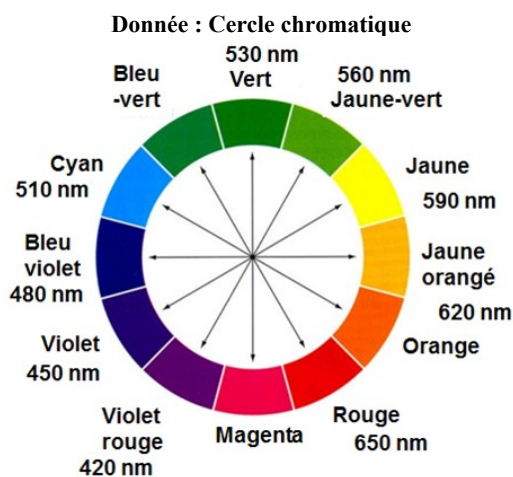
Dans cet exercice, on s'intéresse à la perception des couleurs d'une figurine puis à la manière dont le système optique du téléphone modifie sa distance focale pour photographier la figurine située à 30,0 cm de la lentille.

#### A. Caractéristiques du smartphone

La figurine possède des chaussures bleues et porte une veste de couleur jaune-orangé. Elle est éclairée en lumière blanche.



Figure 1. Réalisation expérimentale



Les flèches correspondent à des couleurs complémentaires qui sont donc placées face à face.

1. La couleur de la veste de la figurine est perçue jaune-orangée lorsqu'elle est éclairée en lumière blanche, en déduire la couleur absorbée.

Après avoir pris la photographie, un filtre de couleur bleu-violet est appliqué sur l'image.

2. Donner la couleur perçue par l'œil de l'observateur quand il regarde la veste de la figurine à travers ce filtre. Justifier et compléter le schéma 1 de l'annexe à rendre avec votre copie.

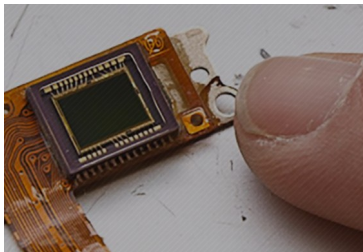
On cherche à évaluer la valeur de la distance focale  $f'$  de la lentille d'un smartphone qu'on assimile à une lentille mince convergente (L) de centre optique O. La figurine servant d'objet AB est placée à 30,0 cm devant la lentille. L'image A'B' est recueillie sur un capteur derrière la lentille. Par la suite cette image A'B' est agrandie afin d'obtenir une autre image A''B'' visible sur l'écran du smartphone.

3. Sans souci d'échelle compléter le schéma 2 de l'annexe à rendre avec la copie, en plaçant les rayons lumineux issus de B et permettant de positionner précisément le point B', le foyer image F' ainsi que la distance focale f'.

Le smartphone utilisé possède un capteur de format « 1/2.5" ».

L'écran du smartphone a une longueur de 10,5 cm. La figurine, photographiée dans le sens de la longueur du smartphone, a une taille de 2,0 cm sur cet écran.

Lors de l'agrandissement capteur-écran les proportions sont conservées.



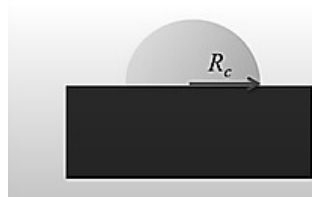
Format	Dimensions en mm	
	Longueur	Largeur
1/2.5"	5,76	4,29
1/2.3"	6,16	4,62
1/2"	6,40	4,80

4. À l'aide des résultats expérimentaux ci-dessus, de la conservation des proportions capteur-écran et des données sur les capteurs, vérifier par calcul que la taille de l'image est  $\overline{A'B'} = - 0,11$  cm sur le capteur.
5. Sachant que la taille réelle de la figurine est de 7,5 cm déterminer à l'aide de calculs la valeur de la distance focale f' de ce smartphone lorsqu'il donne une image nette de la figurine placée à 30,0 cm de la lentille.

## B. Transformer son smartphone en « microscope »

En déposant une goutte d'eau sur l'objectif photographique de son smartphone on peut le transformer en « superloupe ». L'image est alors agrandie comme avec un petit microscope.

Le rayon de la goutte déposée est  $R_c = 1,0$  mm. La goutte est assimilable à une lentille de distance focale  $f'_{eau}$  dont la valeur peut se calculer à l'aide des informations de la figure 2 ( $n = 1,33$  est l'indice de l'eau).



$$\frac{1}{f'_{eau}} = \frac{(n-1)}{R_c}$$

$$n = 1,33$$



Figure 2 : Schéma et photographie de la goutte d'eau.

La distance focale équivalente  $f'$  équivalente, correspondant à l'association de la goutte d'eau et de la lentille, se calcule à l'aide de la relation suivante :

$$\frac{1}{f'_{équivalente}} = \frac{1}{f'_{eau}} + \frac{1}{f'_{smartphone}}$$

D'après [https://www.canal-u.tv/video/universite\\_de\\_bordeaux](https://www.canal-u.tv/video/universite_de_bordeaux)

Le grandissement entre la taille de l'objet réel et la taille sur l'écran du smartphone en fonction de la distance focale équivalente est donné sur le tableau ci-dessous.

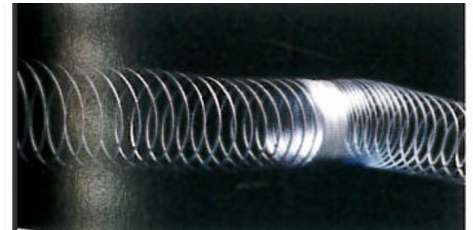
$f'$ équivalente en mm	Grandissement
1,77	$\times 15$
2,53	$\times 10$

5. Montrer par des calculs, en utilisant les informations ci-dessus, que le grandissement d'une image prise avec la goutte sur le smartphone est de l'ordre de  $\times 15$  si on considère que la valeur de la distance focale de la lentille du smartphone est  $f'_{\text{smartphone}} = 4,2 \text{ mm}$ .

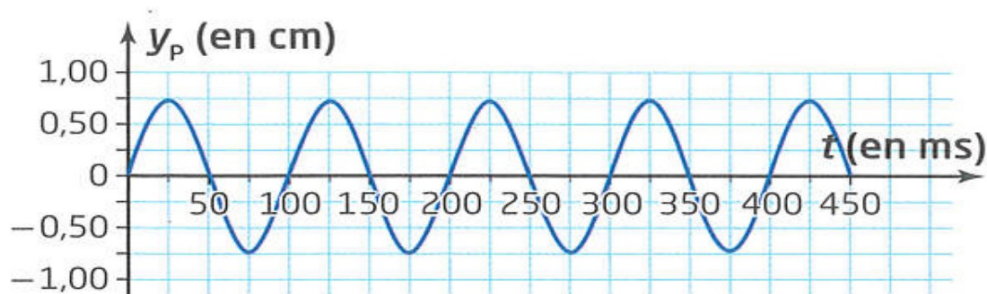
### Exercice 2 : Onde sinusoïdale le long d'un ressort

Un piston P provoque des ondes de compression et de dilatation à l'extrémité d'un ressort horizontal de longueur  $L = 1,00 \text{ m}$ . La célérité des ondes le long du ressort est  $v = 2,50 \text{ m.s}^{-1}$ . 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.

- Caractériser la nature de l'onde qui se propage dans le ressort.
- Déterminer la période  $T$ , la fréquence  $f$  et l'amplitude  $A$  de l'onde.
- Exprimer puis calculer la date  $t_1$  à laquelle la spire  $S$ , située au milieu du ressort, commence à osciller.
- Représenter sur le DOC 1 l'élongation  $y_S(t)$  de la spire  $S$  en fonction du temps  $t$ , pour  $t$  variant de  $t_0 = 0 \text{ ms}$  à  $t_{\text{max}} = 450 \text{ ms}$ .
- 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 ?
- Qu'en déduit-on sur la distance  $PS$  ?
- Expliquer à quoi correspond la longueur d'onde d'une onde périodique sinusoïdale. Quel autre nom lui donne-t-on ?
- Exprimer puis calculer la longueur d'onde de l'onde se propageant dans le ressort.
- 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 <sup>1</sup> et, quand elle vient de différents endroits, même de tout opposés <sup>2</sup>, les ondes lumineuses se traversent l'une l'autre sans s'empêcher <sup>3</sup> » ;
- « la propagation de la lumière depuis un objet lumineux ne saurait être <sup>4</sup> 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.*

#### A. 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  $\lambda$ .

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  $\theta$  du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-après).

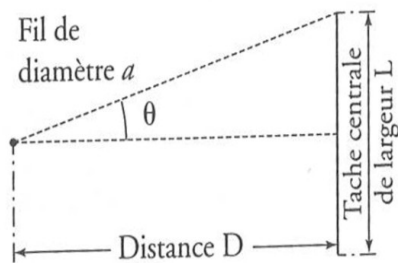


Figure 1 : vue de dessus

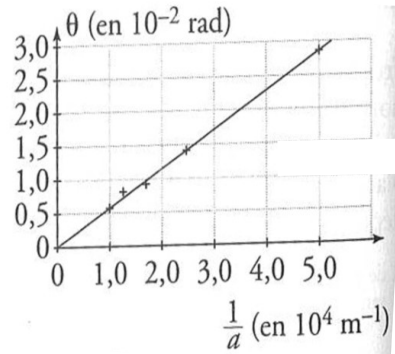


Figure 2

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

6. Donner la relation qui permet de calculer  $\theta$  en fonction de  $L$  et  $D$  pour chacun des fils.
7. Donner la relation liant  $\theta$ ,  $\lambda$  et  $a$ . Préciser les unités de chaque variable.
8. 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  $\theta$  donnée à la question 7.
9. Comment, à partir de la courbe précédente, pourrait-on déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière monochromatique utilisée ?
10. 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 irisées<sup>5</sup>.

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

11. 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.

12. Quelle caractéristique d'une onde lumineuse monochromatique est invariante quelque soit le milieu transparent traversé ?
13. Donner la définition de l'indice de réfraction  $n$  d'un milieu homogène transparent, pour une radiation de fréquence donnée.
14. 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  $n_R = 1,596$ .

15. Déterminer pour chaque radiation dans l'air :
  - sa vitesse
  - sa fréquence
  - sa longueur d'onde.
16. Même question dans le verre.

Schéma 1

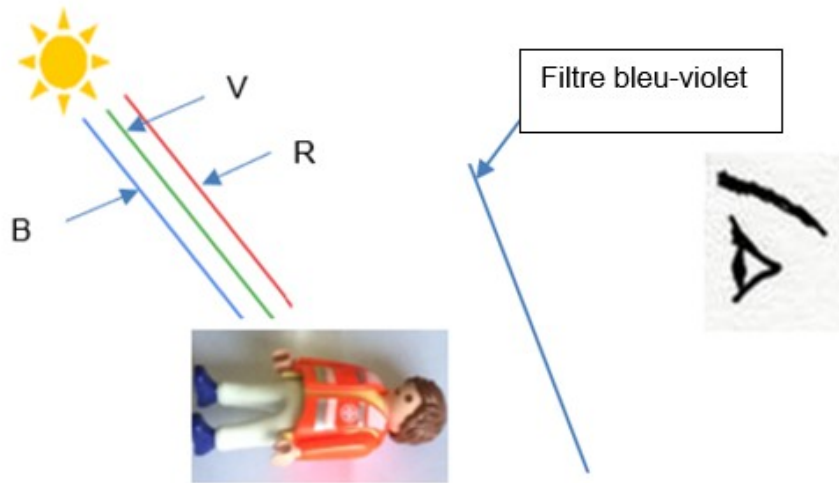


Schéma 2

