

## A la recherche d'une mesure du diamètre d'un cheveu (Bac 2001)

### DOCUMENT

En juillet 1969, les astronautes d'Apollo 11 ont déposé sur la Lune cent réflecteurs permettant ainsi la mesure de la distance Terre-Lune avec une grande précision. Un laser envoie des impulsions qui sont rétro diffusées par un réflecteur : le temps mis par une impulsion pour l'aller et retour permet de mesurer la distance du réflecteur connaissant la vitesse de la lumière. Pour réduire le plus possible les effets de l'absorption atmosphérique, on utilise des longueurs d'onde comprises entre 8 et 12  $\mu\text{m}$ ... Les lasers à  $\text{CO}_2$ , qui opèrent entre 9 et 11,5  $\mu\text{m}$ , sont donc bien adaptés au radar optique.

D'après M.Françon, "L'optique moderne et ses développements depuis l'apparition du laser", Hachette/CNRS, Paris, 1986.

### Q1

Propriétés du laser :

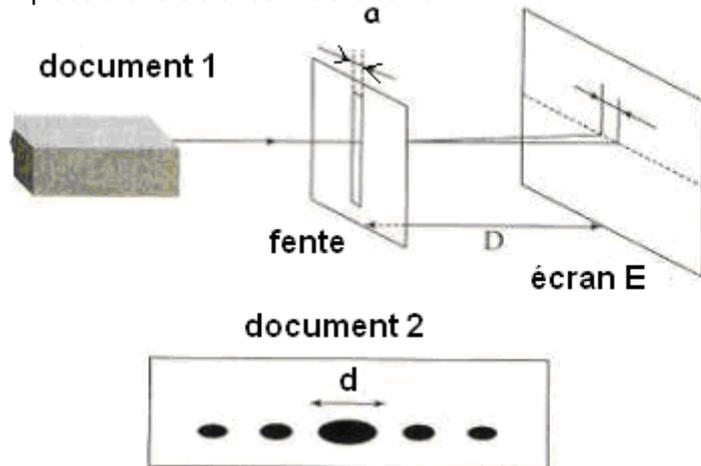
a) Citer deux propriétés du laser.

b) Le domaine visible s'étend dans la bande :  $400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$ . Le laser à  $\text{CO}_2$  opère entre 9 et 11,5  $\mu\text{m}$ . Ces radiations lumineuses font-elles partie du domaine des UV ( ultraviolets) ? des IR (infrarouges) ? du visible ?

c) Citer une autre utilisation du laser.

### Q2

On utilise un laser produisant une lumière de longueur d'onde  $\lambda$ , placé devant une fente de largeur  $a$  (voir schéma ci-après, document 1). On observe la figure suivante (document 2), constituée de taches lumineuses, sur un écran E placé à une distance  $D$  de la fente.



a) Quel est le nom du phénomène observé ?

b) Quelle condition doit satisfaire la taille de la fente pour que l'on obtienne cette figure ?

c) La largeur de la tache centrale  $d$  sur l'écran varie lorsque l'on fait varier la distance  $D$  entre la fente et l'écran, la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière, ou la largeur  $a$  de la fente. Une série d'expériences effectuées montre que  $d$  est proportionnelle à la longueur d'onde de la lumière.  $k$  étant une constante sans dimension, on propose les formules (1), (2), (3) (4) et (5) ci-dessous. Lesquelles peut-on éliminer ?

$d = k \cdot \lambda \cdot D / a$  (1);  $d = k \cdot \lambda \cdot D / a^2$  (2);  $d = k \cdot a \cdot D / \lambda$  (3) ;  $d = k \cdot \lambda \cdot D^2 / a^2$  (4) ;  $d = k \cdot a \cdot \lambda \cdot D$  (5) .

### Q3

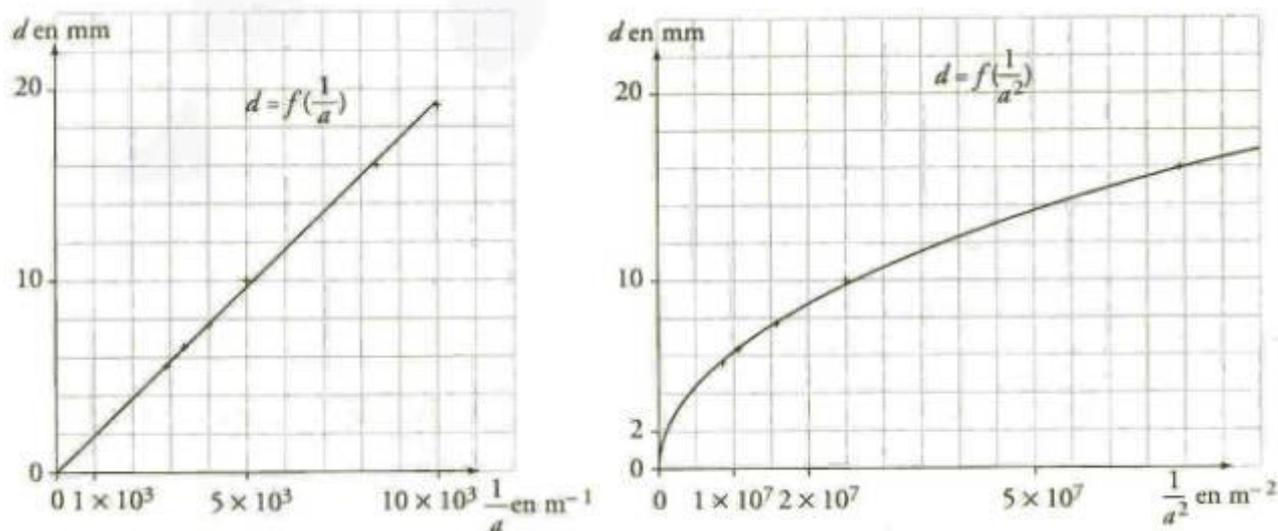
**Influence de la largeur  $a$  de la fente :**

Tous les autres paramètres restant inchangés pendant les mesures, on fait varier la largeur  $a$  de la fente et on mesure les valeurs de  $d$  correspondantes. Les résultats sont consignés dans le tableau 1.

$a$ (en $\mu\text{m}$ )	100	120	200	250	300	340
-------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

d ( en mm )	19	16	10	7,5	6,5	5,5
-------------	----	----	----	-----	-----	-----

Grâce à ces résultats on obtient les courbes suivantes :



Document 3

Docu

ment 4

Préciser laquelle ou lesquelles des formules proposées à la question Q2 c. sont encore possibles. Pourquoi ?

#### Q4

##### Influence de la distance D entre la fente et l'écran

On fixe  $\lambda$  et  $a$  et on déplace l'écran et on obtient les résultats suivants :

Tableau 2

D ( en m )	1,70	1,50	1,20	1,00
d ( en mm )	21	19	15	13

- Quelle(s) courbe(s) est-il judicieux de tracer pour vérifier la réponse à la question sur l'influence de la largeur  $a$  ? Justifier.
- Tracer la représentation graphique de  $d = f(D)$  en respectant l'échelle suivante. La courbe doit faire au maximum 10 cm / 10 cm.
- Expliquer avec soin comment calculer le coefficient directeur  $p$  de cette droite (et le faire !).
- En déduire la valeur de  $k$ , sachant que c'est un entier, et que l'on a fait les mesures pour  $\lambda = 633$  nm et  $a = 100$   $\mu$  m.

#### Q5

##### Détermination d'une dimension

Un fil placé à la position exacte de la fente du dispositif précédent produit exactement la même figure sur l'écran. Des élèves disposant d'une diode laser ( $\lambda = 670$  nm) décident de mettre en œuvre cette expérience pour mesurer le diamètre  $a$  d'un cheveu qu'ils ont placé sur le support. Ils obtiennent une tache centrale de largeur  $d = 20$  mm lorsque l'écran est à  $D = 1,50$  m du cheveu. Calculer approximativement le diamètre du cheveu ( le diamètre joue un rôle analogue à celui de la dimension  $a$  de la fente).

#### Q6

On utilise les 2 lasers précédent avec  $\lambda_1 = 633$  nm et  $\lambda_2 = 670$  nm qui , provenant de l'air d'indice  $n = 1$ , frappent sous la même incidence une plaque de verre avec  $i = 45^\circ$

- Déterminer l'angle de réfraction  $i_1$  et  $i_2$  des 2 radiations ; les indices de réfraction ces radiations dans le verre sont respectivement  $n_1 = 1,45$  et  $n_2 = 1,40$ .

- b) Les 2 radiations vont-elles à la même vitesse dans le verre ? (Hors programme) Comment s'appelle ce phénomène ? expliquer
- c) Quelle est l'angle de réfraction limite  $i(\max)$  pour la radiation de plus petite longueur d'onde lors du passage du verre à l'air ?