

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

Session 2006

Épreuve :

OPTIQUE et PHYSICO-CHIMIE

Partie Théorique

Série

SCIENCES ET TECHNOLOGIE DE LABORATOIRE

**PHYSIQUE DE LABORATOIRE ET
DE PROCÉDÉS INDUSTRIELS**

Durée de l'épreuve : 3 heures

coefficient : 5

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Une feuille de papier millimétré, réservée à la partie Optique sera distribuée au candidat.

Le Document-réponse, page 6 est à rendre avec la copie.

Le sujet comporte 6 pages.

PHYSICO-CHIMIE (4 points)

page 2

OPTIQUE (16 points)

pages 3 à 5

Document-réponse

page 6

PHYSICO-CHIMIE (4 points)

Données : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Les niveaux d'énergie successifs de l'atome de mercure sont :

$$E_1 = -10,4 \text{ eV}$$

$$E_2 = -5,54 \text{ eV}$$

$$E_3 = -3,72 \text{ eV}$$

$$E_4 = -1,56 \text{ eV}$$

$$E_\infty = 0,00 \text{ eV}$$

E_1 est l'énergie minimale de l'atome de mercure Hg.

- 1 - Comment appelle-t-on :
 - a) l'état d'énergie minimale de l'atome ?
 - b) les autres états d'énergie ?
- 2 - On irradie de la vapeur de mercure avec des photons
 - a) Quelle doit être leur énergie minimale pour qu'ils provoquent la première ionisation de mercure ?
 - b) Calculer la longueur d'onde correspondante.
Appartient-elle au domaine du visible ? Justifier
- 3 - On irradie les atomes de mercure pris dans l'état fondamental par des radiations de longueur d'onde :
 $\lambda_1 = 206 \text{ nm}$ $\lambda_2 = 186 \text{ nm}$
De ces deux radiations, quelle est celle qui est susceptible d'être absorbée ? Justifier la réponse.

OPTIQUE (16 points)

Les parties 1-1, 1-2, 2 et 3 sont indépendantes.

Partie 1 - ÉTUDE D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE D'AMATEUR (7 points)

Les données suivantes caractérisent la lunette étudiée :

- Diamètre de la monture de l'objectif : $D = 100 \text{ mm}$.
- Distance focale de l'objectif : $f'_{\text{obj}} = 1,0 \text{ m}$.
- Distance focale de l'oculaire : $f'_{\text{oc}} = 40 \text{ mm}$.

1 - Étude de l'objectif

L'objectif, de distance focale $f'_{\text{obj}} = 1,0 \text{ m}$, est achromatique. Il est constitué de deux lentilles minces L_a et L_b de vergences respectives C_a et C_b .

L_a est équiconvexe, taillée dans un verre d'indice $n_a = 1,517$, de constringence $v_a = 58,2$.

L_b est divergente, taillée dans un verre d'indice $n_b = 1,628$, de constringence $v_b = 35,6$.

- a) Calculer la vergence de l'objectif C_{obj} .
- b) Donner les deux conditions que vérifient 2 lentilles accolées constituant un achromat.
- c) Déterminer les vergences C_a et C_b de ces deux lentilles.
- d) Déterminer les rayons de courbures R_1 et R_2 de la lentille L_a .

2 - Étude de la lunette

La lunette est utilisée par un observateur emmétrope qui n'accommode pas.

2 - 1 Quelles sont les positions de l'image définitive $A'B'$ et de l'image intermédiaire A_1B_1 d'un objet éloigné AB ?

Qu'est-ce que le diaphragme d'ouverture pour la lunette ?

2 - 2 Sur le document réponse, page 6, à rendre avec la copie :

- a) Compléter la marche des rayons incidents sur l'objectif.
- b) Indiquer la position C du cercle oculaire (le document réponse est un schéma de principe et n'est pas à l'échelle).

2 - 3 Démontrer, à l'aide d'un schéma de principe, la relation donnant le grossissement G lorsque la lunette est afocale et le calculer.

2 - 4 Calculer la position C et le diamètre D' du cercle oculaire.

2 - 5 Le grossissement équipupillaire G_e est le grossissement donnant un cercle oculaire dont le diamètre est égal au diamètre de la pupille de l'œil.

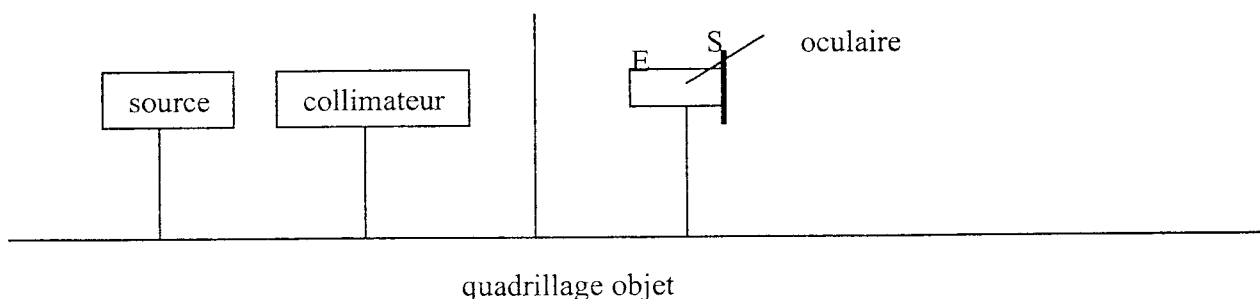
- On suppose que la pupille de l'œil a un diamètre de 5 mm, calculer le grossissement équipupillaire dans ce cas.
- Quelle est la nouvelle distance focale de l'oculaire donnant ce grossissement ?

Partie 2 – DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE D'UN MICROSCOPE (4,5 points)

On se propose de déterminer la puissance intrinsèque d'un microscope en déterminant la puissance de l'oculaire utilisé puis le grandissement de l'objectif.

1 - Détermination de la puissance de l'oculaire

L'oculaire est placé sur un banc d'optique selon le montage ci-dessous :



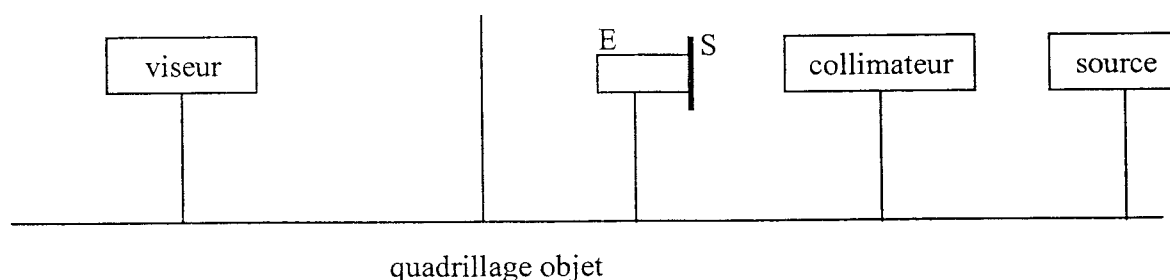
1 - 1 À l'aide d'un objet quadrillé, la position des plans antiprincipaux est recherchée. Expliquer la manière de procéder, on donnera la définition des plans antiprincipaux.

1 - 2 Un viseur est ensuite placé derrière l'oculaire. Les pointés suivants sont alors réalisés:

$x_1 = 137,0$ cm : position du viseur pointant l'image, à travers l'oculaire, de la croix du collimateur

$x_2 = 141,2$ cm : position du viseur pointant l'image, à travers l'oculaire, du quadrillage de même taille que l'objet mais inversée.

L'oculaire, fixé sur le banc ne bouge pas et on échange la position du viseur avec celles du collimateur et de la source (cf schéma ci-dessous) :



Les pointés suivants sont alors réalisés :

$x_3 = 133,2 \text{ cm}$: position du viseur pointant l'image, à travers l'oculaire, de la croix du collimateur

$x_4 = 128,9 \text{ cm}$: position du viseur pointant le quadrillage objet.

a) Quels sont les points particuliers correspondant à ces 4 pointés ?

b) Calculer la distance focale de l'oculaire f'_{oc} et justifier son signe.

Que vaut la puissance intrinsèque P_{oc} ?

2 - Détermination du grandissement de l'objectif

Le microscope, dont l'intervalle optique Δ vaut 160 mm, est mis au point sur un micromètre objet AB au 1/100 de mm ; l'oculaire initial est ensuite remplacé par un oculaire micrométrique au 1/10 de mm. L'image intermédiaire objective A_iB_i est mesurée en ajustant la position de l'oculaire micrométrique.

2 - 1 98 divisions de l'oculaire micrométrique recouvrent 100 divisions du micromètre objet : déterminer $|\gamma_{obj}|$, le grandissement de l'objectif.

2 - 2 Déterminer la puissance P du microscope en utilisant les résultats précédents.

Partie III – INTERFÉRENCES LUMINEUSES (4,5 points)

1 - Des interférences sont produites par le dispositif des fentes d'Young. Une lumière monochromatique, de longueur d'onde λ , provient d'une fente source S , et arrive sur une plaque percée de deux fentes S_1 et S_2 .

1 - 1 Un écran E est placé à une distance D du plan des deux fentes. Décrire la figure observée sur l'écran.

1 - 2 Calculer la valeur de l'interfrange lorsque $D = 1 \text{ m}$, $S_1S_2 = 2 \text{ mm}$ et $\lambda = 589 \text{ nm}$.

1 - 3 Pour mesurer i , pourquoi doit-on prendre le plus grand nombre d'interfranges ?

2 - La source monochromatique est maintenant remplacée par une source de lumière blanche de longueurs d'onde comprises entre $0,4 \mu\text{m}$ et $0,7 \mu\text{m}$.

La fente d'un spectroscopie est placée en un point d'abscisse $x = 2 \text{ mm}$ sur l'écran. On observe un spectre cannelé ; calculer la longueur d'onde de chaque radiation éteinte.

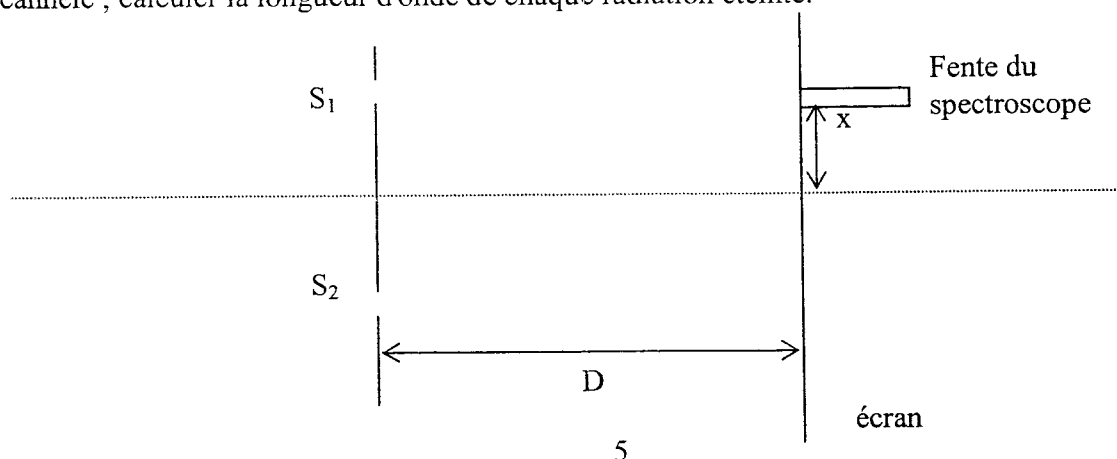
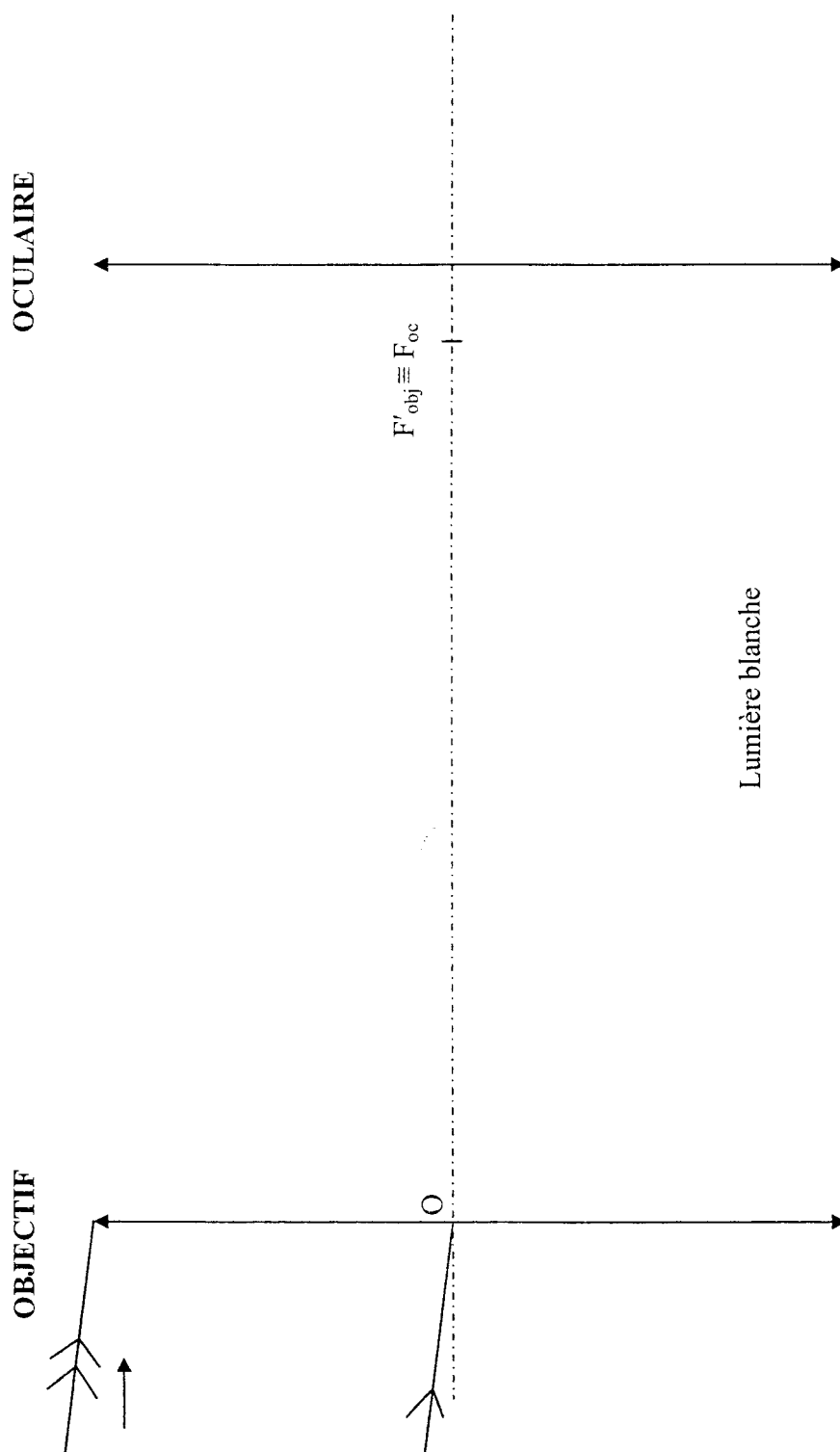


Schéma de principe sans échelle particulière



PHYSICO-CHIMIE

1) a) état fondamental (0,25 point)

1) b) états excités (0,25 point)

2) a) 10,4 eV (0,5 point)

2) b)

$$\Delta E = hc / \lambda \Rightarrow \lambda = hc / \Delta E = \frac{6,64 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{10,4 \times 1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,20 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 120 \text{ nm}$$

(1 point)

Cette longueur d'onde n'appartient pas au domaine parce qu'elle est inférieure à 400 nm (0,5 point)

3)

$$\Delta E_1 = \frac{6,64 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{2,06 \cdot 10^{-7}} = 9,67 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 6,04 \text{ eV} \quad (0,25 \text{ point})$$

$$(-10,4 + 6,04 = -4,36 \text{ eV})$$

n'est pas absorbé parce que ne correspond à aucun ΔE possible (0,5 point)

$$\Delta E_2 = \frac{6,64 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8}{1,86 \cdot 10^{-7}} = 1,07 \cdot 10^{-18} \text{ J} = 6,69 \text{ eV} \quad (0,25 \text{ point})$$

$$(-10,4 + 6,69 = -3,71 \text{ eV})$$

est absorbée et correspond à la transition $E_1 \rightarrow E_3$ (0,5 point)

OPTIQUE

I ETUDE D'UNE LUNETTE ASTRONOMIQUE D'AMATEUR

1. Etude de l'objectif

$$1.a \quad C = \frac{1}{f'_{obj}} = 1\delta$$

$$1.b \quad \begin{cases} C = C_a + C_b \\ \frac{C_a}{v_a} + \frac{C_b}{v_b} = 0 \end{cases}$$

$$1.c \quad \begin{cases} \frac{C - C_b}{v_a} + \frac{C_b}{v_v} = 0 \\ C_a = C - C_b \end{cases} \text{ soit } \begin{cases} C_b = \frac{C \times v_b}{v_b - v_a} = \frac{1 \times 35,6}{35,6 - 58,2} = -1,578 \approx -1,6\delta \\ C_a = 1 - (-1,57) = 2,578 \approx 2,6\delta \end{cases}$$

1.d La lentille L_a est équiconvexe, ses rayons de courbure sont donc égaux et opposés.

$$R_1 = -R_2 = R$$

$$C_a = \frac{2(n_a - 1)}{R} \text{ soit } R = \frac{2(n_a - 1)}{C_a} = \frac{2(1,517 - 1)}{2,57} = 0,400 \text{ m} = 400 \text{ mm}$$

2. Etude de la lunette

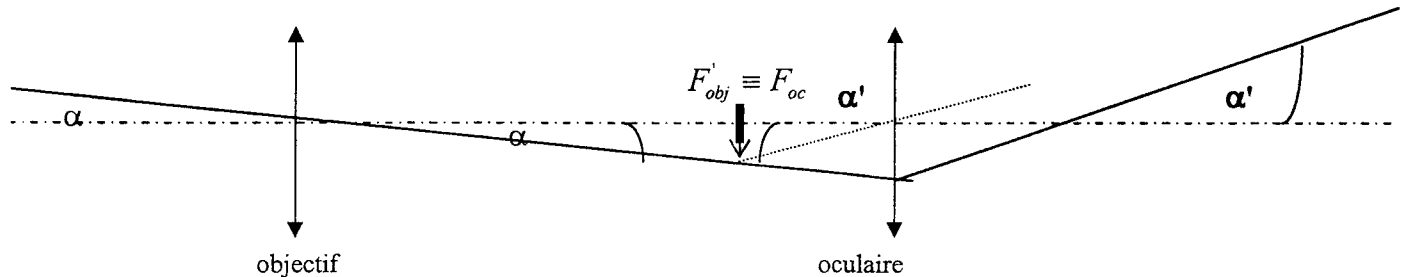
2.1 L'observateur est emmetrope non accommodé, il voit donc nette une image $A'B'$ si celle-ci est située à l'infini, l'image intermédiaire A_1B_1 est par conséquent située au foyer objet de l'oculaire et aussi au foyer image de l'objectif car l'objet AB est éloigné.

$$\left\{ \begin{array}{l} AB \\ \infty \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{objectif}} \left\{ \begin{array}{l} A_1 B_1 \\ F'_{obj} \\ F_{oc} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{oculaire}} \left\{ \begin{array}{l} A' B' \\ \infty \end{array} \right\}$$

Pour la lunette, le diaphragme d'ouverture est le diamètre de son objectif.

2.2 voir document réponse

2.3



$$G = \frac{\tan \alpha'}{\tan \alpha} = \frac{A_1 B_1}{f'_{oc}} \times \frac{f'_{obj}}{A_1 B_1} = \frac{f'_{obj}}{f'_{oc}}$$

$$G = \frac{1000}{40} = 25$$

2.4

Taille du cercle oculaire $G = \frac{D}{D'}$ soit $D' = \frac{D}{G} = \frac{100}{25} = 4 \text{ mm}$ (on pourra aussi utiliser les relations de Newton concernant le grandissement)

Position du cercle oculaire

Soit O, le centre optique de l'objectif et C, le centre du cercle oculaire, on a alors :

$$O \xrightarrow{\text{oculaire}} C \text{ soit } \overline{F_{oc} O} \times \overline{F'_{oc} C} = -f'^2_{oc}$$

$$\overline{F'_{oc} C} = \frac{-40^2}{-1000} = 1,6 \text{ mm} \quad \text{avec } \overline{F_{oc} O} = \overline{F'_{obj} O} = -f'_{obj}$$

2.5

a) D', diamètre du cercle oculaire = diamètre de la pupille de l'œil = 5 mm

$$\text{alors } G = \frac{D}{D'} = \frac{100}{5} = 20$$

$$\text{b) } G = \frac{f'_{obj}}{f'_{oc}} = 20 \text{ soit } f'_{oc} = \frac{f'_{obj}}{G} = \frac{1000}{20} = 50 \text{ mm}$$

II – DETERMINATION DE LA PUISSANCE D'UN MICROSCOPE

1.1 Définition des plans antiprincipaux : couple de plans conjugués pour lequel le grandissement linéaire est de -1.

On cherche à positionner l'objet de telle sorte de recueillir une image sensiblement de même taille sur l'écran. L'autre méthode avec le viseur est également acceptée. +

1.2

$$\text{a) } x_1 = x_F \quad x_2 = x_{A'} \quad x_3 = x_F \quad x_4 = x_A$$

b) Il faut appliquer la relation de Newton : $\overline{FA} \times \overline{F'A'} = -f'^2$

$$f' = \sqrt{-(128,9 - 133,2) \times (141,2 - 137,0)} = 4,25 \text{ cm}$$

$$\text{Puissance intrinsèque } P_{\text{ioc}} = \frac{1}{f'} = \frac{1}{4,25 \times 10^{-2}} = 23,5 \delta$$

Puisque l'oculaire est convergent, le signe de f'_{oc} doit être positif.

2. Détermination du grandissement de l'objectif

$$2.1 \ A_i B_i = 98 \times \frac{1}{10} = 9,8 \text{ mm} \text{ et } AB = 100 \times \frac{1}{100} = 1 \text{ mm}$$

$$|\gamma_{\text{obj}}| = \frac{A_i B_i}{AB} = \frac{9,8}{1} = 9,8$$

$$2.2 \ P = P_{\text{oc.}} \times |\gamma_{\text{obj}}| = 23,5 \times 9,8 = 230 \delta$$

III – INTERFERENCES LUMINEUSES

1.1 On observe une alternance de franges brillantes et sombres qui constituent un champ d'interférences.

$$1.2 \ i = \frac{\lambda D}{S_1 S_2} = \frac{589 \cdot 10^{-9} \times 1}{2 \cdot 10^{-3}} = 0,29 \text{ mm}$$

1.3 On prend le plus grand nombre pour avoir une plus grande précision.

2.

Les radiations éteintes doivent vérifier $\delta = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ soit $\frac{ax}{D} = \frac{(2k+1)\lambda}{2}$

$$\text{ou } x = \frac{(2k+1) \lambda D}{2a} \text{ or } 0,4 \mu \text{ m} \leq \lambda \leq 0,7 \mu \text{ m}$$

$$\text{soit } 0,4 \cdot 10^{-6} \leq \frac{2x a}{D(2k+1)} \leq 0,7 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{0,4 \cdot 10^{-6} \times 1}{2 \times 2 \cdot 10^{-3} \times 2 \cdot 10^{-3}} \leq \frac{1}{2k+1} \leq \frac{0,7 \cdot 10^{-6} \times 1}{2 \times 2 \cdot 10^{-3} \times 2 \cdot 10^{-3}}$$

$$0,05 \leq \frac{1}{2k+1} \leq 0,0875 \text{ ou } 20 \geq 2k+1 \geq 11,43$$

$$\text{soit } 9,5 \geq k \geq 5,2$$

k	6	7	8	9
$\lambda(\text{nm})$	615	533	471	421

$$\lambda = 8 \cdot 10^{-6} \times \frac{1}{2k+1}$$

DOCUMENT-REPONSE

