

La totalité du sujet sera rendu avec la copie. Vous pouvez directement répondre sur cet énoncé.  
 Si vous n'avez pas assez de place, rappelez sur votre copie, le numéro de l'exercice et de la question.  
 On argumentera chaque réponse, on fera attention, lors d'un calcul, de ne pas oublier l'expression littérale et la cohérence du nombre de chiffres significatifs dans l'affichage du résultat.

**Exercice I : Spectre d'émission et source lumineuse. (/31)**

Le but de cet exercice est de vérifier les données d'un document (doc1) trouvé sur internet (voir fig1) où sont représentés les profils spectraux d'émission

- d'une lampe fluorescente (ou fluocompacte)
- d'une lampe à filament de tungstène (ou lampe à incandescence)
- d'une lampe (à filament) halogène

donnée trouvé sur [http://www1.union.edu/newmanj/Physics100/Light%20Production/producing\\_light.htm](http://www1.union.edu/newmanj/Physics100/Light%20Production/producing_light.htm)

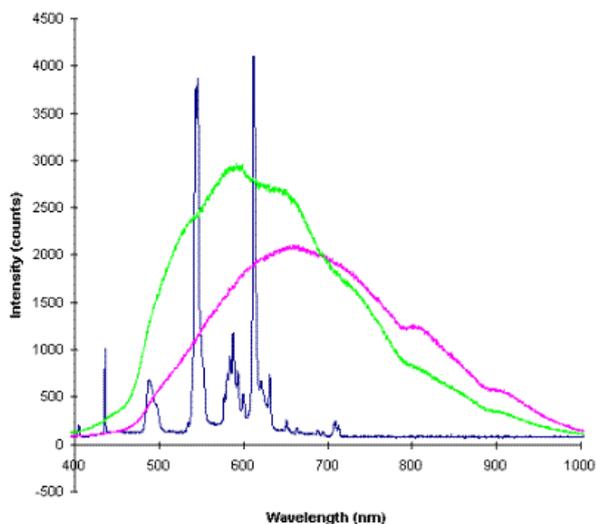


Fig 1

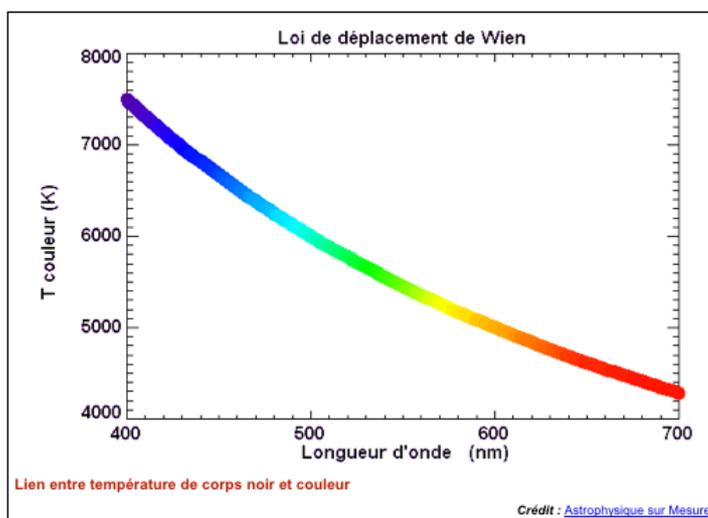


Fig 2

Pour cela, vous avez à votre disposition plusieurs autres documents :

**Doc 2 :** Sur la fig 2, est donné un graphique reliant la température d'un corps noir en fonction de la longueur d'onde au maximum d'émission.

**Doc 3 :** Dans un système quantique, l'énergie ne peut pas prendre des valeurs arbitraires : seuls certains niveaux énergétiques bien précis sont possibles : on dit que l'énergie du système est quantifiée. Si l'énergie du système diminue d'une quantité  $\Delta E$ , un quantum de rayonnement électromagnétique, appelé photon, sera émis à la fréquence  $\nu$  donnée par la relation de Planck-Einstein :  $\Delta E = h\nu$  où  $h$  est la constante de Planck. Inversement, si le système absorbe un photon de fréquence  $\nu$ , son énergie augmentera d'une quantité  $h\nu$ . Comme l'énergie du système est quantifiée, il en sera de même de la fréquence des photons émis ou absorbés par le système. Ceci explique que le spectre d'un système quantique est constitué d'un ensemble de raies discrètes plutôt que d'un spectre continu où toutes les fréquences sont présentes en quantité variable.

Par exemple, les raies du Mercure (gaz à basse pression) sont :  
 405 nm (741 THz) ; 436 nm (688 THz) ; 546 nm (549 THz) et 579 nm (517 THz).

Donnée trouvée sur : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Raie\\_spectrale](http://fr.wikipedia.org/wiki/Raie_spectrale)

**Données :** On rappelle que la constante de Planck a pour valeur  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s.

La limite supérieure, en longueur d'onde, pour les Infrarouges est de 1 mm

La célérité de la lumière, dans le vide, a pour valeur  $c = 3,00 \times 10^8$  m/s.

**I) La lampe fluocompacte :**

1) Sur le profil spectral d'émission de la lampe fluocompacte, colorez chacun des pics correspondant aux raies du mercure, avec la couleur appropriée. (3)

2) Vérifier la valeur de la fréquence donnée pour le rayonnement de longueur d'onde 405 nm. (6)

3) On donne le diagramme d'énergies d'un atome de mercure, ci joint à droite (fig3). Le niveau de référence est l'état  $6^1S$ ,

L'échelle est la suivante : 1,0 cm représente 1,85 eV.

On rappelle que  $1,00 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

a) Quels sont les niveaux d'énergie mis en jeu lors de la transition électronique, pour l'émission de longueur d'onde 405 nm ?

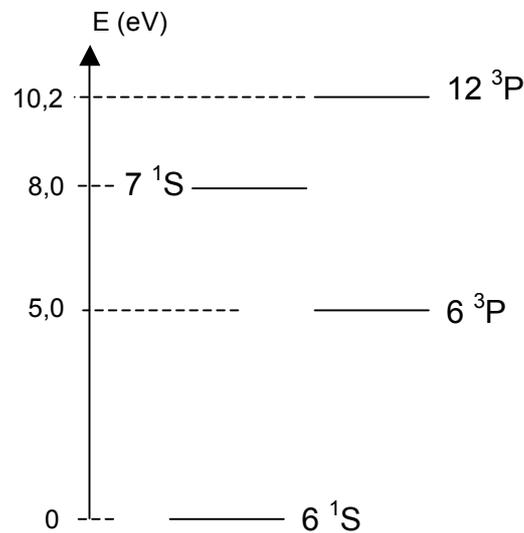


Fig 3

b) Représentez conventionnellement cette transition électronique.

(/6)  
(/1)

4) A quoi sont dues les autres raies ou bandes d'émission dans une lampe fluocompacte ?

(/4)

## II) Les lampes à filament :

On considérera que la température du filament d'une lampe halogène est supérieure à celle d'une lampe à incandescence classique. Si on considère la loi de Wien suivie pour les lampes à filament :

1) Colorez en rouge le profil spectral d'émission de la lampe halogène. Argumenter.

(/5)

2. a) Quelle est, d'après le document 1 et le document 2, la température du filament, dans le cas d'une lampe halogène ? On détaillera son raisonnement, en laissant les traits nécessaires sur le doc 2.

(/4)

b) Comparez la valeur trouvée précédemment avec celle du document 4 suivant ? Qu'en concluez-vous ?

(/2)

Doc 4 : de C.Baillet - ENCPB

Loi de déplacement de Wien (Prix Nobel 1911) :  $\lambda_{max} T = 0,002898 \text{ m.K}$

	Surface soleil	Lampe à filament de tungstène	Lampe à filament halogène
T (K)	6000	2800	3200
$\lambda$ (nm)	483	1035	905

## Exercice II : La couleur de l'eau (/13)

Le but de cet exercice est de retrouver les couleurs possibles pour la neige et la glace.

### CARACTERISATION OPTIQUE DE DIFFERENTS TYPES DE NEIGE. EXTINCTION DE LA LUMIERE DANS LA NEIGE

(Tirées d'un article : Journal de Physique, Tome 48, mars 1987).

La connaissance de l'interaction entre le rayonnement et la neige est fondamentale pour évaluer le bilan énergétique du manteau neigeux. La neige peut être considérée comme un milieu homogène absorbant et diffusant.

L'absorbance de la neige peut alors être caractérisée par un coefficient d'extinction (symbolisé ici par la lettre  $\beta$ ), directement reliée à l'absorption lumineuse. Si le coefficient d'extinction augmente alors l'absorption lumineuse aussi.

La courbe de droite (voir fig 6) montre l'évolution du coefficient d'extinction en fonction de la longueur d'onde, pour différents types de neige.

Ces résultats ont été obtenus à partir du montage donné en fig 7.

Le banc de mesure est ici décomposé en 3 maillons :

- La source de rayonnement : une lampe à filament halogène dont le spectre d'émission recouvre bien le domaine spectral étudié (400 à 1000 nm) éclaire un écran diffusant.

- Le carottier : de forme cylindrique, de dimension assez grande (longueur de 20 à 30 cm), dans lequel est placé l'échantillon.

- Le système de mesure des flux lumineux transmis : constitué d'une fibre optique, introduite à l'arrière de l'échantillon soumis au rayonnement. Elle permet de mesurer le flux lumineux transmis, correspondant à l'épaisseur de neige désirée, neige placée dans le carottier.

La fibre optique est reliée à un photomultiplicateur devant lequel se trouve un porte filtre (utilisation de 13 filtres, chacun de bande (ou largeur) spectrale de 50 nm supérieure au filtre précédent).

L'intensité électrique, mesurée à la sortie du montage utilisant le photomultiplicateur, permet d'obtenir la valeur de l'extinction.

#### MONTAGE EXPERIMENTAL :

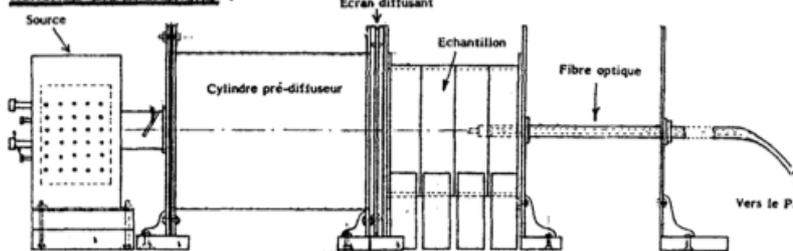


Fig 7

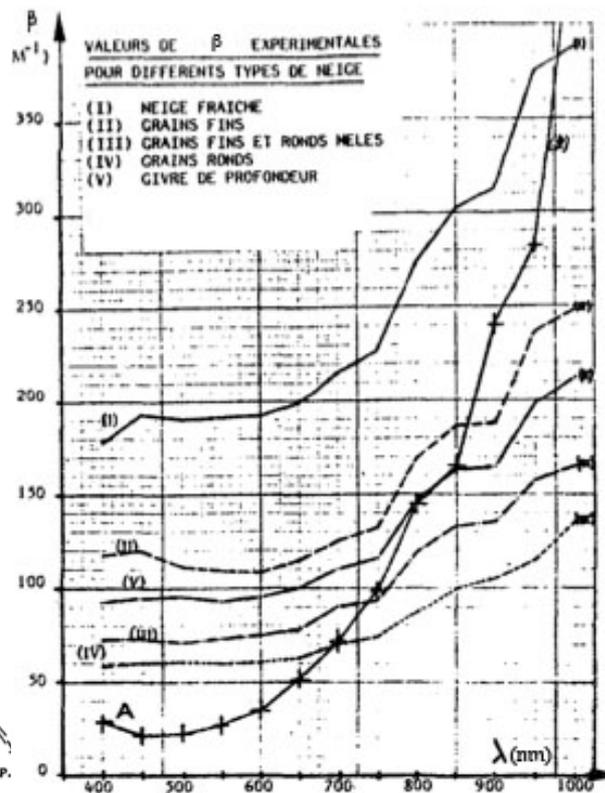


Fig 6

1) Quel(s) type(s) de radiation(s) couvre la gamme spectrale de ce type de spectromètre ?

(/3)

2) Quel est, d'après le texte, le moyen utilisé pour sélectionner la longueur d'onde ?

Pourquoi que ce système ne permet-il pas d'obtenir une grande précision sur la longueur d'onde sélectionnée ?

(/2)

3) Il est apparu depuis 1990 des spectromètres plus petits et plus précis.

Ces spectrophotomètres, dont un a été montré en TP pour étudier les émissions lumineuses de différentes lampes, utilise le même matériel que celui que vous avez vu sur votre paillasse en TP pour visualiser les spectres de sources lumineuses, si ce n'est que l'écran est remplacé par un capteur CCD (branché à une carte d'acquisition, elle même reliée à un ordinateur et pilotée par un logiciel).

Donner la liste des autres composants du montage et leur rôle.

(/3)

4) Quel est parmi les types de neige suivants, celui qui laisse le mieux passer les radiations jaunes de la lumière du jour, c'est à dire le plus transparent aux jaunes ? On ne demande pas de justifier. (1)

un grain fin de neige     un grain rond de neige     un givre de profondeur

5) a) Comment apparaît, à l'œil, la couleur des grains fins de neige, des grains ronds de neige, du givre de profondeur ? Justifiez. (2)

**COULEUR D'UN ICEBERG** donnée trouvée sur <http://www.ice.ec.gc.ca/app/WsvPageDsp.cfm?Lang=fr&lnid=27&ScndLvl=yes&ID=233>

Il arrive souvent que les icebergs blancs contiennent des stries d'une autre couleur.

Les eaux de fonte qui ruissellent en provenance du continent remplissent les crevasses qui se sont formées dans le glacier et gèlent très rapidement avant que ne se forment des bulles d'air et donne ainsi une glace de teinte différente.

5) b) Si la courbe A correspond à la de la glace colorée, citée dans le texte ci-dessus citée, comment apparaît, à l'œil, la couleur de cette glace ? Justifiez. (2)

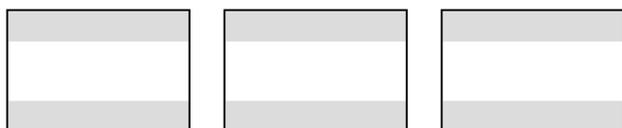
### Exercice III : Impression du drapeau espagnol (allemand). (8)

On décide d'imprimer en trichromie la photo d'un drapeau espagnol : (Rouge/Jaune/Rouge)



1) Quel est le type de synthèse des couleurs utilisée en imprimerie ? Expliquez en quoi consiste ce type de synthèse ? (4)

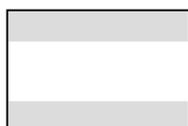
2) En imprimerie, on superposera, sur le papier (photo), 3 drapeaux réalisés en 3 couleurs différentes :



Coloriez chacun des ces 3 drapeaux séparément en remplissant les parties nécessaires avec la couleur correcte. Aucune justification n'est demandée. (2)

Si on est daltonien, on précisera sur chaque bande le nom de la couleur correspondante.

3) On éclaire la photo du drapeau espagnol en lumière MAGENTA, lumière obtenue avec une lumière blanche à laquelle on a superposé un filtre de couleur MAGENTA.



On précisera sur chaque bande le nom de la couleur correspondante vu par l'oeil humain normal. Aucune justification n'est demandée. (2)

## Correction :

### I) La lampe fluocompacte :

1) Couleurs raies du mercure 405 nm / 436 nm (**violet**) ; 546 nm (**vert**) et 579 nm (**jaune-orange**). (**4\*0,75 pas de couleur -0,5**) (/3)

2) Valeur fréquence pour le rayonnement de longueur d'onde 405 nm (/6) On utilise relation  $\nu = c / \lambda$  (1,5)

$$\nu = 3,00 \cdot 10^8 / (405 \cdot 10^{-9}) = 7,41 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 741 \cdot 10^{12} \text{ Hz} = 741 \text{ THz}$$

(0,5) (0,5) (1) (1) (1) nb chiffres signif (0,5)

(autre énoncé 546 nm)  $\nu = 3,00 \cdot 10^8 / (546 \cdot 10^{-9}) = 5,49 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 549 \cdot 10^{12} \text{ Hz} = 549 \text{ THz}$

3) On donne le diagramme d'énergies d'un atome de mercure, ci joint à droite

(fig 3). Le niveau de référence est l'état  $6^1S$ , (autre énoncé  $12^3P$ )

L'échelle est la suivante : 1,0 cm représente 1,85 eV.

On rappelle que 1,00 eV =  $1,60 \cdot 10^{-19}$  J

a) Niveaux d'énergie mis en jeu lors de la transition électronique, pour

l'émission de longueur d'onde 405 nm ?

$$\Delta E = h\nu = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 7,41 \cdot 10^{14} = 4,91 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

(1) (0,5) (1) (1) nb chiffres signif (si faux -0,25)

Or 1,00 eV =  $1,60 \cdot 10^{-19}$  J (0,5)

D'où  $\Delta E = 4,91 \cdot 10^{-19} / (1,60 \cdot 10^{-19}) = 3,07 \text{ eV}$  (1)

La transition électronique a lieu entre les niveaux  $7^1S$  et  $6^3P$  (1)

(autre énoncé 546 nm)

$$\Delta E = h\nu = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 5,49 \cdot 10^{14} = 3,62 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Or 1,00 eV =  $1,60 \cdot 10^{-19}$  J

D'où  $\Delta E = 3,62 \cdot 10^{-19} / (1,60 \cdot 10^{-19}) = 2,26 \text{ eV}$

Transiti° électronique entre les niveaux  $12^3P$  et  $7^1S$  Fig 3 (/6)

b) Représentez conventionnellement cette transition électronique. (/1)

flèche descendante (0,5)  $h\nu$  (0,25) flèche ondulée qui part (0,25)

3) A quoi sont dues les autres raies ou bandes d'émission dans une lampe fluocompacte ? (/4)

Le mercure à l'état gazeux émet aussi des radiations dans les UV. (1) Ces UV irradient des ions présents dans une substance solide (souvent blanche) couvrant l'intérieur du tube (1). Les ions irradiés sont fluorescents (1) et émettent dans le visible (1) (exemple dans le orange à 610 nm, dans le rouge à 700 nm)

### II) Les lampes à filament :

1) Colorez en rouge le profil spectral d'émission de la lampe halogène. Argumenter. (/5)

Coloriage (1) Si la température du filament pour une lampe halogène est supérieure à celle d'une lampe de tungstène, la

longueur d'onde au maximum d'intensité lumineuse est plus faible (1) d'après la loi de Wien (1)

En effet, plus la longueur d'onde est petite (1) plus la température mise en jeu est grande. (1)

2. a) Quelle est, d'après le document 1 et le document 2, la température du filament, dans le cas d'une lampe halogène ?

On détaillera son raisonnement, en laissant les traits nécessaires sur le doc 2. (autre énoncé incandescence) (/4)

D'après le doc 1 :  $\lambda(\text{halogène}) = 590 \text{ nm}$  (1) voir trait rappel fig1 (1) doc 2 :  $T(\text{halogène}) = 5200 \text{ K}$  (1) voir trait rappel fig2 (1)

D'après le doc 1 :  $\lambda(\text{halogène}) = 660 \text{ nm}$  (1) voir trait rappel fig1 (1) doc 2 :  $T(\text{halogène}) = 4600 \text{ K}$  (1) voir trait rappel fig2 (1)

b) Comparez la valeur trouvée précédemment avec celle du document 4 suivant ? Qu'en concluez-vous ? (/2)

On ne retrouve pas la même valeur de température dans ce tableau, soit le filament ne se comporte pas comme un corps noir et ne suit pas la loi de Wien (1), soit la courbe donnée dans le doc 1 est erronée. (1)

1) Quel(s) type(s) de radiation(s) couvre la gamme spectrale de ce type de spectromètre ? (/3)

La lampe halogène émet soit :

dans le visible (1) :  $400 < \lambda(\text{halogène}) < 800 \text{ nm}$  (0,5) soit dans l'infrarouge (1) :  $800 < \lambda(\text{halogène}) < 1000 \text{ nm}$  (0,5)

2) Quel est, d'après le texte, le moyen utilisé pour sélectionner la longueur d'onde ? Pourquoi que ce système ne permet-il pas d'obtenir une grande précision sur la longueur d'onde sélectionnée. (/3) La longueur d'onde est sélectionnée à l'aide de filtres (2) de largeur spectrale 50 nm (0,5), la mesure de la longueur d'onde n'est pas très précise.

3) Spectrophotomètres : Donner la liste des composants du montage et leur rôle. (/3)

Le matériel pour ce montage est le suivant : un fente (pour donner une forme de raie plus ou moins large (1), une lentille convergente (pour obtenir une image nette sur le capteur CCD)(1), un réseau ou prisme (pour décomposer la lumière de la source lumineuse (1), un écran (ici remplacé par un capteur CCD)

4) Type de neige, celui qui laisse le mieux passer les radiations jaunes (/1)  un grain rond de neige  (moins bien) : un grain fin de neige

5) a) Comment apparaît, à l'œil, la couleur des grains fins de neige, des grains ronds de neige, du givre de profondeur ? Justifiez.

5) b) La glace à la surface de certains glaciers correspond à la courbe A. Comment apparaît, à l'œil, la couleur de cette glace ? Justifiez. (/4)

L'œil humain est peu sensible aux extrêmes rouges ( $\lambda > 750 \text{ nm}$ ) (0,5) On voit pour les grains de neige fins ou ronds une extinction à peu près constante de 400 à 750 nm, toutes les couleurs sont absorbés de la même manière (1) : les grains sont blancs. (0,5) Pour la glace de certains glaciers, le rouge est bien plus absorbé que les autres couleurs (1), cette glace apparaîtra avec la couleur complémentaire (0,5) : Cyan (0,5)

### Exercice III : Impression du drapeau espagnol (allemand). (/8)

1) Quel est le type de synthèse des couleurs utilisée en imprimerie ? Expliquez en quoi consiste ce type de synthèse ? (/4)

La synthèse soustractive est utilisée en imprimerie (1), elle consiste à partir d'un seul faisceau lumineux (1) éclairant une superposition de 3 filtres colorés (Magenta, Cyan, Jaune (1) Chacun de ces filtres absorbe une couleur primaire particulière (par exemple le magenta absorbe la composante verte du faisceau) (1)

2) En imprimerie : couleurs de chacun des 3 drapeaux superposés, remplir les parties avec la couleur correcte. Pas de justification demandée. (/2)

drapeau espagnol : Rouge : superposit° de filtres M et J . Pour le Jaune : seul filtre J

drapeau allemand : Noir : superposit° de filtres M, J, et C . Rouge : superposit° de filtres M et J . Pour le Jaune : seul filtre J

3) On éclaire la photo du drapeau espagnol (autre énoncé allemand) en lumière MAGENTA (CYAN), lumière obtenue avec une lumière blanche à laquelle on a superposée un filtre de couleur MAGENTA (CYAN), Voir <http://www.edumedia-share.com/media.php?id=1468>

Drapeau espagnol : (éclairé en Magenta) le rouge reste rouge, le jaune apparaît rouge : drapeau totalement rouge

Drapeau allemand : (éclairé en Cyan) : le noir reste noir, le rouge apparaît noir, le jaune apparaît vert : drapeau noir avec la bande inférieure verte

