

**EPREUVE COMMUNE DE PHYSIQUE – CHIMIE – PREMIERE S – AVRIL 2016  
INVESTIGATION POLICIERE ET REPRESSION DES FRAUDES**

Durée de l'épreuve : 2 heures.

Le sujet comporte 5 pages. L'annexe page 5 est à rendre avec la copie.

Il sera tenu compte du soin apporté à la copie, de la qualité de la rédaction et de l'orthographe et du respect du nombre de chiffres significatifs. L'usage de la calculatrice est autorisé.

*La police scientifique ainsi que la répression des fraudes utilisent de manière récurrente les sciences physiques pour mener leurs enquêtes.*

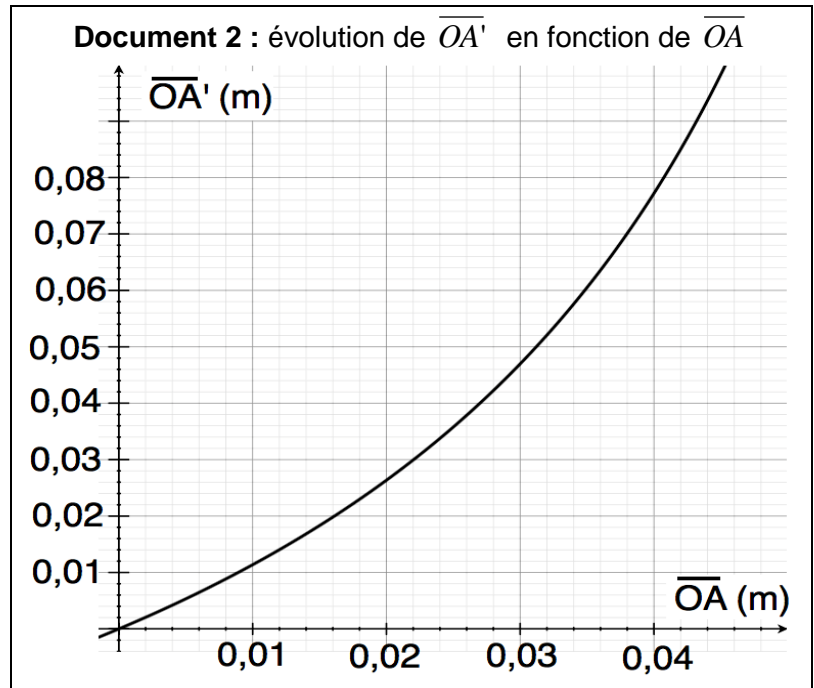
**EXERCICE 1 : SHERLOCK HOLMES ET SA LOUPE**

**3 points**

*Bien que peu utilisée de nos jours, la loupe a longtemps été un outil d'investigation utilisé par la police. Une loupe est constituée d'une lentille convergente simple. L'effet obtenu est présenté sur la photographie du document 1 ci-dessous.*



**Document 1**



**Document 2 : évolution de  $\overline{OA'}$  en fonction de  $\overline{OA}$**

**Donnée :** grandissement  $\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$

1. Construire l'image A'B' de l'objet AB donnée par la lentille pour les situations 1 et 2 présentées en annexe. **1**
2. Indiquer pour les deux situations si l'image est réelle ou virtuelle. **/0,5**
3. Expliquer pourquoi la situation 2 correspond à l'utilisation d'une loupe. Calculer le grandissement  $\gamma$ . **/0,5**
- 4.1. En exploitant le graphique du document 2, déterminer pour deux valeurs de OA différentes, la valeur du grandissement. **/0,5**
- 4.2. Faut-il rapprocher ou éloigner la lentille de l'objet pour obtenir une image plus grande ? Justifier. **/0,5**

**EXERCICE 2 : DETECTER LES TRACES DE SANG**

**2 points**

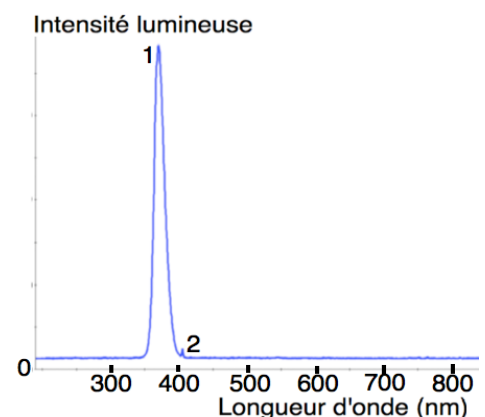
La **lumière noire** ou **lumière de Wood** (du nom de l'inventeur Robert Wood qui créa ce type de lampe en 1909), est une lumière composée de violet (avec un léger pic (2) autour de 405 nm de longueur d'onde mais peu éclairant) et de proche ultraviolet (pic autour de 370 nm (1)).

Les ampoules utilisées sont des lampes à vapeur de mercure constituées d'un revêtement particulier : le verre de Wood.

La lumière noire est utilisée par la police pour détecter des traces de sang.

On s'intéresse dans cet exercice au rayonnement de la lumière de Wood.

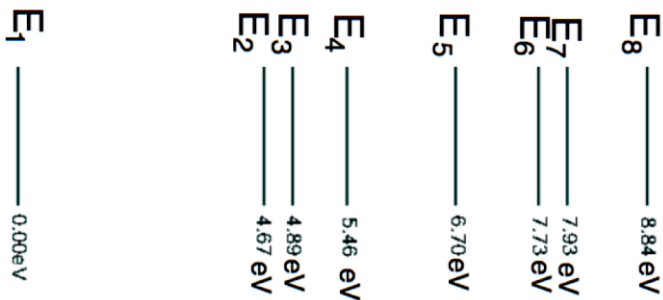
**Données :**  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  ;  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$  ;  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$



Couleur	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
$\lambda(\text{nm})$	400 – 450	450 – 500	500 – 570	570 – 590	590 – 620	620 – 700

**Document 1** : A propos de l'atome de mercure

On donne ci-dessous un diagramme énergétique simplifié de l'atome de mercure.

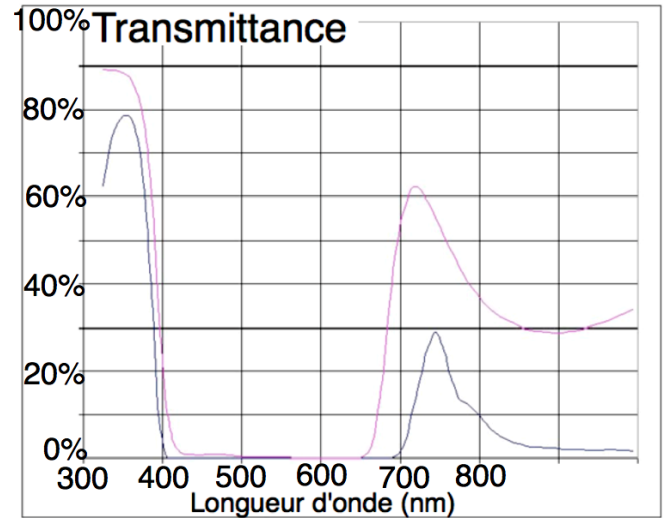


Sur Internet, on peut trouver la liste des longueurs d'onde des raies visibles présentes sur le spectre d'émission du mercure :

404,7 nm ; 435,8 nm ; 546,1 nm ; 577 nm ; 579,1 nm

**Document 2** : transmittance du verre de Wood

La transmittance d'un matériau traduit la capacité de la lumière de traverser ce matériau.



- En exploitant tous les documents, justifier la présence du léger pic de violet présent sur le spectre de la lumière noire. /1
- Montrer que le maximum d'émission de cette lampe est due à la transition entre les niveaux  $E_8$  et  $E_4$  présentés sur le diagramme énergétique. /1

**EXERCICE 3 : ETUDE DES PHOTOGRAPHIES**

**3 points**

Depuis l'avènement des Smartphones, la police scientifique exploite de plus en plus de photographies provenant de citoyens. Les photos prises dans l'obscurité sont toujours plus compliquées à exploiter. Il est possible à l'aide de l'ordinateur de séparer les photos en trois images : une image où les pixels bleus sont uniquement allumés, une autre où les pixels verts sont uniquement allumés, où les pixels rouges sont uniquement allumés.

**Document 1** : un exemple de photo et son traitement.

**Photo original**

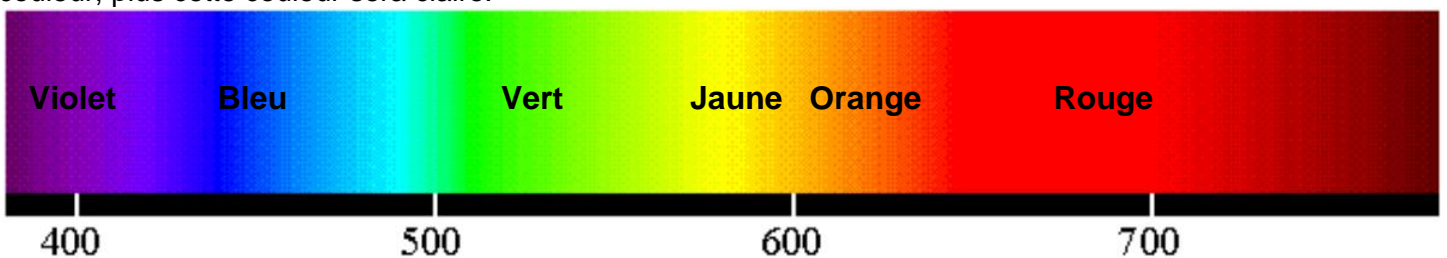
**Pixels bleus**

**Pixels verts**

**Pixels rouges**

**Document 2** : sensibilité de l'œil humain

Une image imprimée en niveau de gris prend en compte la sensibilité de l'œil : plus l'œil est sensible à une couleur, plus cette couleur sera claire.



**Document 3** : différentes configurations d'un écran

Les x signifie que le pixel est allumé, les o signifient que le pixel est éteint.

a	b	c	d	e	f
R V B	R V B	R V B	R V B	R V B	R V B
x o o	x x o	x o x	o o x	o x x	o x o

1. Quel type de synthèse est-utilisée par un écran d'ordinateur ? /0,5
2. Indiquer les couleurs obtenues pour les cas a,b,c,d,e et f présentés sur le document 3. /1
3. Indiquer, en justifiant, quels sont les couples de couleurs complémentaires. /1
4. Quelle est, parmi les couleurs du document 1, la couleur d'impression qui permet de distinguer le plus de détails ? Justifier. /0,5

#### EXERCICE 4 : REPRESSION DES FRAUDES

5 points

##### 1. L'alcool frelaté

L'alcool frelaté (boissons alcoolisées frelatées pour être plus précis) est un mélange des deux alcools (méthanol et éthanol) qui permet de faire baisser le prix de revient. Les boissons alcoolisées non frelatées contiennent uniquement de l'éthanol.

Le méthanol est une substance très toxique. Sa consommation peut entraîner la cécité et même la mort. De l'alcool frelaté est parfois fabriqué avec du méthanol : le buveur est moins sujet à l'ébriété (qu'avec de l'éthanol) mais le nerf optique est atteint avec un risque certain de cécité.

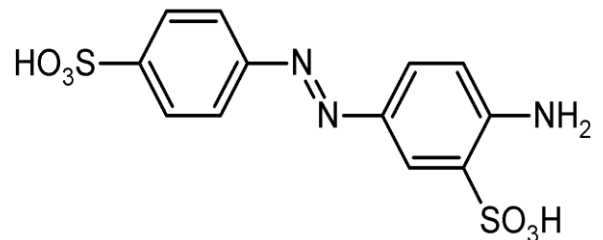
Éthanol	Méthanol
Formule semi développée : CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH	Formule brute : CH <sub>4</sub> O

- 1.1. Déterminer le nombre de liaisons covalentes et le nombre de doublets non liants formés par les atomes d'hydrogène H, de carbone C et d'oxygène O. **Données** : Z(H) : 1 ; Z(C) = 6 ; Z(O) = 8. /1
- 1.2. En déduire la formule de Lewis de la molécule d'éthanol. /0,5
- 1.3. Donner la formule semi-développée d'un isomère de l'éthanol. /0,5

##### 2. Le jaune solide

Le jaune solide E105 est un colorant alimentaire de formule brute C<sub>12</sub>H<sub>11</sub>N<sub>3</sub>O<sub>6</sub>S<sub>2</sub> et de masse molaire M = 357 g.mol<sup>-1</sup>, interdit en France. Sur sa fiche signalétique on peut lire :

- Colorant azoïque dangereux et hautement allergène. Lésions intestinales à hautes doses.
- Colorant artificiel pétrochimique de la famille azoïque ; ces composés sont d'autant plus faciles à utiliser qu'ils sont bon marché, facile à produire et à incorporer.



- 2.1. La molécule de solide jaune est-elle une molécule organique ? Justifier. /0,5
- 2.2. Pourquoi la molécule de solide jaune est-elle une molécule colorée ? Justifier. /0,5
3. Le jaune solide est obtenu par la réaction entre le 4-Aminoazobenzene C<sub>12</sub>H<sub>11</sub>N<sub>3</sub> et l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> d'après l'équation inscrite dans le tableau d'avancement donné en annexe page 5. On s'intéresse à la réaction entre n<sub>1</sub> = 5,00 mol d'acide sulfurique et n<sub>2</sub> = 2,00 mol de 4-Aminoazobenzene.
  - 3.1. Compléter le tableau d'avancement donné en annexe. /0,5
  - 3.2. Déterminer par une méthode adaptée la nature du réactif limitant et montrer que l'avancement maximal x<sub>max</sub> vaut 2,00 mol. /1
  - 3.3. Exprimer puis calculer la masse m de jaune solide ainsi formé. /0,5

#### EXERCICE 5 : FAUSSE MONNAIE

4,75 points

Afin de détecter la fabrication de fausse monnaie, il est possible d'analyser chimiquement la composition d'une pièce de monnaie et déterminer son pourcentage en cuivre.

Document 1 : la pièce de 2 euros

Une pièce de 2 euros possède une masse  $m = 8,50$  g. Elle contient du nickel Ni (25 % en masse) et du cuivre Cu (75 % en masse).

**Document 2** : préparation d'une solution à partir de la pièce de deux euros

L'acide nitrique est un oxydant puissant capable d'oxyder des métaux tels que le cuivre Cu. Dans un bécher, on place une pièce de 2 euros et on ajoute de l'acide nitrique afin de faire complètement disparaître la pièce. On observe au cours de cette transformation l'apparition d'une teinte bleue foncée dans la solution révélant la présence d'ion cuivre (II)  $\text{Cu}^{2+}$ . La quantité d'ion  $\text{Cu}^{2+}$  en solution est alors égale à la quantité de cuivre Cu contenue dans la pièce.

On verse le contenu du bécher dans une fiole jaugée de 2,0 L et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée en homogénéisant le mélange afin de réaliser la solution S.

**Données** : Masse molaire :  $M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g.mol}^{-1}$ .

1. Afin de réaliser une échelle de teintes, on prépare par dissolution de sulfate de cuivre solide  $\text{CuSO}_4$  (s) un volume  $V_0 = 100$  mL d'une solution « mère »  $S_0$  de sulfate de cuivre ( $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ ) de concentration molaire  $c_0 = 1,00 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ .

1.1. Écrire l'équation de la réaction de dissolution du sulfate de cuivre dans l'eau. **/0,5**

1.2. Pourquoi l'eau peut-elle être considérée comme un « bon » solvant pour dissoudre ce solide ionique ? **/0,5**

1.3. Exprimer puis calculer la masse  $m$  de sulfate de cuivre  $\text{CuSO}_4$  à peser pour préparer la solution  $S_0$  par dissolution. **/0,5**

2. La solution  $S_0$  permet de préparer par dilution une échelle de teintes constituée des cinq solutions « fille » de volume  $V = 25,0$  mL chacune. On mesure l'absorbance  $A$  à la longueur d'onde  $\lambda = 810$  nm. À cette longueur d'onde seul l'ion  $\text{Cu}^{2+}$  est responsable du phénomène d'absorption lumineuse.

Solution	$S_0$	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$
Concentration $C(\text{Cu}^{2+})$ (mol.L <sup>-1</sup> )	$1,00 \times 10^{-1}$	$8,00 \times 10^{-2}$	$6,00 \times 10^{-2}$	$4,00 \times 10^{-2}$	$2,00 \times 10^{-2}$
A	1,26	1,02	0,76	0,52	0,24

2.1. Calculer le volume, noté  $V_{\text{mère}}$  de solution « mère »  $S_0$  à prélever pour préparer la solution « fille »  $S_3$  de concentration  $c_3$ . Justifier. **/0,5**

2.2. Dresser la liste du matériel nécessaire pour réaliser cette dilution. **/0,5**

2.3. Les valeurs du tableau ont été reportées sur la graphique en annexe page 5. La loi de Beer-Lambert est-elle vérifiée ? Justifier. **/0,5**

2.4. L'absorbance d'un échantillon de la solution S, mesurée dans les mêmes conditions que précédemment à la longueur d'onde  $\lambda = 810$  nm, vaut  $A_s = 0,55$ . En déduire la concentration molaire  $c_s$  de la solution S, en justifiant graphiquement. **/0,5**

3. L'exploitation de l'expérience montre que la quantité de matière de cuivre contenue dans la pièce est égale à  $9,0 \times 10^{-2}$  mol.

3.1. Montrer que ce résultat est en accord avec la réponse à la question 2.4. **/0,5**

3.2. Indiquer, en justifiant votre réponse, si la pièce étudiée est une fausse pièce ou une vraie pièce. **/0,75**

**EXERCICE 6 : METHODE D'ANALYSE DE L'ADN**

**2,25 points**

Dans les années 1980 à 2000, la police scientifique utilise le marquage radioactif comme outil d'analyse d'ADN. Le principe de cette méthode consiste à remplacer les atomes de phosphore 31 présents par la chaîne d'ADN par son isotope, le phosphore ( $^{32}_{15}\text{P}$ ) radioactif qui se désintègre. La détection des particules émises permet de connaître la structure de l'ADN.

**Données** : Vitesse de la lumière :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$        $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$   
 $m(^{32}_{15}\text{P}) = 5,309376 \times 10^{-26} \text{ kg}$  ;  $m(^{32}_{16}\text{S}) = 5,309071 \times 10^{-26} \text{ kg}$  ;  
masse de l'électron :  $m(e) = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

1. Définir un isotope. Donner la composition des 2 noyaux isotopes du phosphore cités dans le texte. **/1**

L'équation de désintégration du noyau de phosphore 32 s'écrit :  $^{32}_{15}\text{P} \rightarrow ^{32}_{16}\text{S} + ^0_{-1}e$ .

2. De quel type de radioactivité s'agit-il ? **/0,25**

3. Exprimer puis calculer la variation de masse  $\Delta m$  à l'issue de cette désintégration. **/0,5**

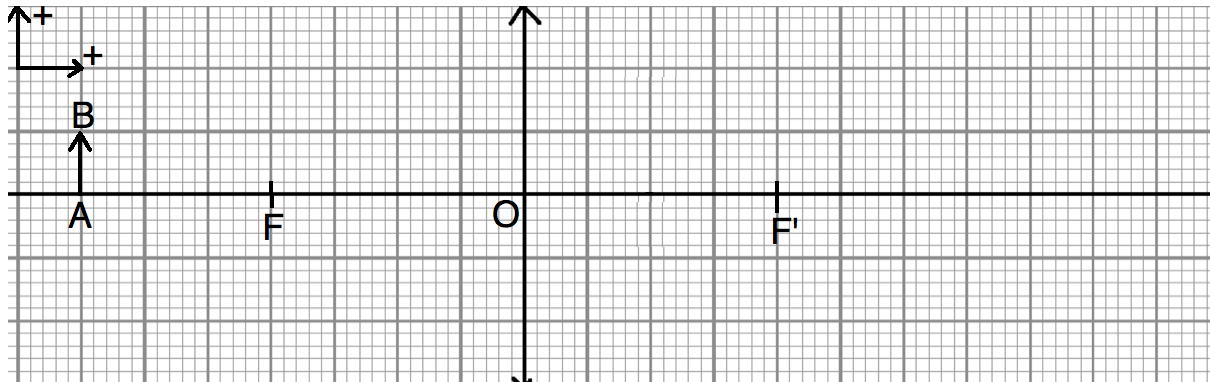
4. En déduire l'énergie libérée  $E$  par cette désintégration. Montrer que celle-ci est égale à 1,20 MeV. **/0,5**

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_ Classe : \_\_\_\_\_

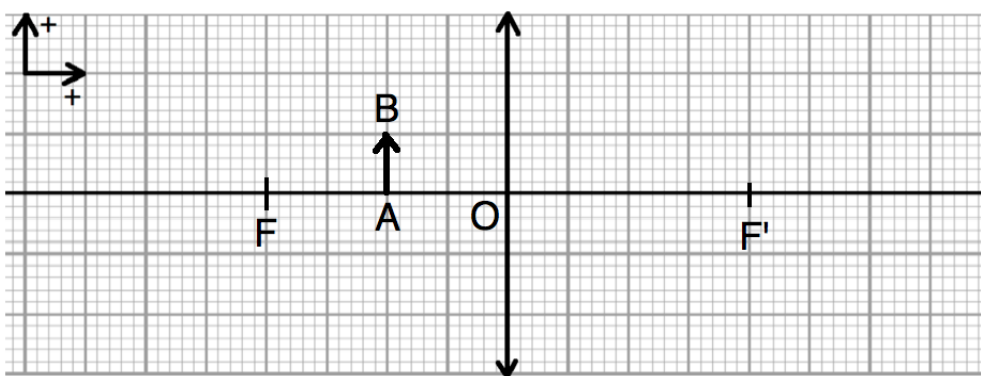
**ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**

**EXERCICE 1**

Situation 1



Situation 2



**EXERCICE 4**

Tableau d'avancement

	$2 \text{H}_2\text{SO}_4$	+	$\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}_3$	$\rightarrow$	$\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_6\text{S}_2$	+	$2\text{H}_2\text{O}$
État initial							
État intermédiaire							
État final							

**EXERCICE 5**

