

## DS commun de physique chimie en 1S - 2016 / 2017

Le sujet comporte 4 pages **qui doivent être rendues** - Les 3 exercices sont indépendants.

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Compétences tout exercice : Nombre de chiffres significatifs - . . . / 1 pts  
 Expression écrite et présentation - . . . / 1 pts

### Exercice I : L'indigo

**Données :**

-Masses molaires atomiques (en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) :

$\text{H} : 1,0 ; \text{C} : 12,0 ; \text{N} : 14,0 ; \text{O} : 16,0$

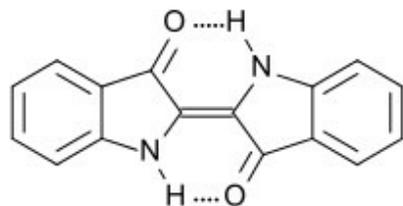
-Masse molaire de l'indigo :  $M(\text{indigo}) = 262,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

-Masse volumique de l'acétone :  $\rho(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}) = 1,05 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

### Partie 1 : Un peu d'histoire

L'indigo est l'un des plus anciens colorants connus (il a été identifié sur des bandelettes de momies) et il reste aujourd'hui très employé ; la mode des jeans, depuis les années 1960, lui ayant redonné une nouvelle jeunesse. ( C'est en 1850 que le californien Levi Strauss fabriqua le premier blue-jean, taillé dans la toile de tente et teint en bleu de Gênes à l'aide de l'indigo )

A partir de sa représentation topologique ci-contre, justifier pourquoi la molécule d'indigo est colorée.



1

Jean désire fabriquer de l'indigo pour teindre l'un de ses jeans. Après quelques recherches sur Internet, il trouve un protocole lui permettant de réaliser cette opération. Il voit également qu'il est indiqué que le rendement de la réaction est de l'ordre de 75%. Aussi dans un deuxième temps, va-t-il en profiter pour vérifier cette indication.

### Partie 2 : Fabrication de l'indigo

L'indigo ( $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$ ) peut-être synthétisé à partir de 2-nitrobenzaldéhyde  $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{N}(\text{s})$ , d'acétone  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}(\text{l})$  et d'ions hydroxyde  $\text{HO}^-(\text{aq})$  selon la réaction d'équation indiquée dans le tableau d'avancement fourni EN ANNEXE. La synthèse est réalisée avec une masse  $m = 1,00 \text{ g}$  de 2-nitrobenzaldéhyde solide, un volume

$V = 10,0 \text{ mL}$  d'acétone et un volume  $V_S = 5,0 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse contenant des ions hydroxyde de concentration  $C_S = 2,0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

1. Calculer la masse molaire du 2-nitrobenzaldéhyde et  $M(\text{acétone}) = 58,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  1
  2. a/ Calculer les quantités de matière initiales de 2-nitrobenzaldéhyde et d'ions hydroxyde. 2  
 b/ Montrer que la quantité de matière initiale d'acétone est égale à 0,181 mol. 1
  3. EN ANNEXE, compléter le tableau d'avancement de la transformation pour l'état initial et l'état intermédiaire. 3
- Pour la suite de cette partie, on considère que la réaction est complète (rendement de 100 %).
4. Déterminer le réactif limitant et l'avancement maximal. 1
  5. a/ Quelles sont les quantités de matière restantes de réactifs à l'état final ? 1  
 b/ Quelle quantité maximale de matière d'indigo obtiendrait-on ? 1  
 c/ Montrer que la masse correspondante d'indigo est de 0,868 g. 1

### Partie 3 : Détermination du rendement de la réaction

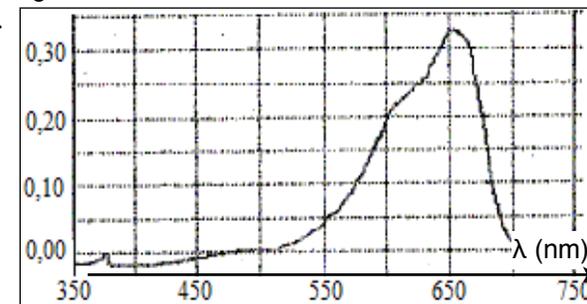
**Données :**



Après réaction le mélange est introduit dans une fiole jaugée de 1 L que l'on complète avec de l'eau. On obtient une solution homogène  $S_m$ . On souhaite déterminer le rendement de la réaction et pour cela on va déterminer la concentration massique en indigo de la solution en utilisant un spectrophotomètre. La solution  $S_m$  étant trop concentrée on réalise une solution fille  $S_f$  par dilution au centième.

Afin de réaliser la gamme étalon on dispose d'une solution  $S_0$  d'indigo de concentration massique  $C_{m0} = 12 \text{ mg/L}$ .

1. Quelle valeur de la longueur d'onde choisissez-vous pour réaliser les mesures d'absorbance des solutions aqueuses d'indigo, au spectrophotomètre ? Justifier.
2. Indiquer la couleur de cette solution d'indigo. Justifier.



*Le spectre d'absorption ci-dessus est obtenu avec une solution d'indigo.*

Préparons 50 mL d'une solution S<sub>1</sub> de concentration massique C<sub>m1</sub> = 2,4 mg/L à partir de S<sub>0</sub>.

3. Indiquer le volume de la solution S<sub>0</sub> à prélever.

On prépare 3 autres solutions aqueuses d'indigo. Les concentrations massiques C<sub>m</sub> en soluté apporté et les valeurs d'absorbance A à λ<sub>max</sub> sont données ci-dessous.

Solutions	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>0</sub>
C <sub>m</sub> ( mg/L)	2,4	4,8	7,2	9,6	12
A à λ <sub>max</sub>	0,18	0,35	0,55	0,72	0,90

On a tracé sur la feuille ANNEXE le graphe représentant l'absorbance A en fonction de la concentration massique en indigo.

4. Quelle est la nature de la courbe obtenue ?

5. Quelle loi est ainsi mise en évidence ?

6. Déterminer graphiquement la concentration massique de la solution inconnue S<sub>f</sub> sachant que son absorbance vaut 0,49

7. En déduire la concentration massique de la solution initiale S<sub>m</sub>.

8. En déduire la masse d'indigo présente dans la fiole de 1 L (solution S<sub>m</sub>)

*BONUS : Calculer le rendement de la réaction. C'est à dire le rapport de la masse réellement obtenue sur la masse théorique trouvée dans la partie II [ en 5)c) ].*

1. Comment appelle-t-on le niveau d'énergie E<sub>0</sub> sur le diagramme présenté en ANNEXE ?

2. Comment appelle-t-on les autres niveaux d'énergie sur le diagramme présenté en ANNEXE ?

3. Calculer l'énergie en électronvolt et en joule du photon émis correspondant à la transition électronique entre les niveaux d'énergie E<sub>3</sub> à E<sub>0</sub>

4. En déduire la longueur d'onde émise par la lampe.

5. À quel domaine appartient le rayonnement de la question 4 ?

6. Tracer la transition sur le diagramme présenté en ANNEXE.

### Partie 2 : Production de lumière ultraviolette.

Le rayonnement ultraviolet se décompose en plusieurs parties les UVA, les UVB et les UVC :



La lumière ultraviolette peut être produite par une source incandescente dont la température de surface est de 9378°C. Dans ce cas, la longueur d'onde maximale λ<sub>max</sub> émise par la lampe est donnée par la relation de Wien :

$$\lambda_{\max} \times T = 2,898.10^{-3} \text{ m.K} \quad \text{avec } \lambda \text{ en m et T en kelvin}$$

1. Calculer la longueur d'onde maximale λ<sub>max</sub> du solide incandescent.

2. À quel domaine des ultraviolets appartient le rayonnement ?

## Exercice II : Les ultraviolets

**Données :** 1 eV = 1,60 x 10<sup>-19</sup> J ; c = 3,00 x 10<sup>8</sup> m.s<sup>-1</sup> ; h = 6,62 x 10<sup>-34</sup> J.s

### Partie 1 : Le faux billet

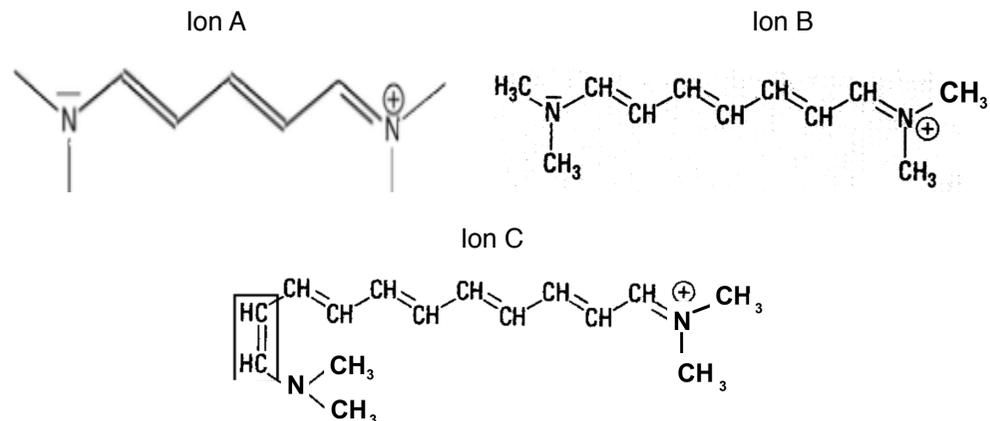
Lors de la mise sur le marché de monnaie européenne, des marqueurs ont été ajoutés pour rendre les billets infalsifiables. On a introduit des nanoparticules luminescentes dans les couleurs d'impression.

Les pigments des nanoparticules ne prennent une couleur rouge ou verte qu'avec l'aide d'une source d'ultraviolets bien définie : une lampe à vapeur de mercure. Les caissiers et caissières munis d'une lampe à vapeur de mercure miniature pourraient ainsi rapidement déceler les faux billets.

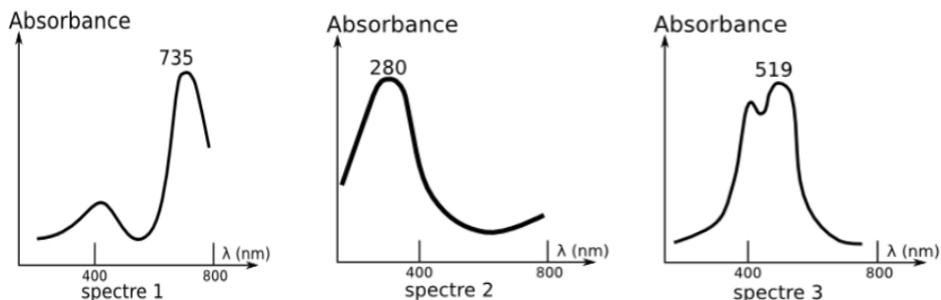
L'objectif ici est d'étudier la lampe à vapeur de mercure émettrice de rayons UV et Visible. Les niveaux d'énergies simplifiés pour l'atome de mercure sont présentés en ANNEXE.

### Partie 3 : molécules sensibles aux UV

Un élève réalise les spectres des ions A, B et C suivants :



Voici les spectres obtenus :



Malheureusement, il mélange les spectres une fois l'expérience terminée. L'une des molécules est incolore mais présente une absorption dans l'ultraviolet. Le second flacon présente une couleur absorbée rouge et le troisième une couleur absorbée verte.

1. Donner la formule semi-développée et brute du composé A.
2. L'ion A est incolore, l'ion B rouge et le C vert. Associer à chaque spectre son ion.
3. Le composé C présente une isomérisation Z/E autour de la double liaison encadrée. Dans l'ANNEXE, écrire l'isomère E de cette molécule autour de la double liaison encadrée.

2  
1  
1

### Exercice III : L'eau, un solvant bien particulier !

#### Partie 1 : La molécule d'eau

Données :

-Valeurs d'électronégativité : X(H) = 2,2 ; X(O) = 3,5.

-Formule chimique semi-développée d'une molécule d'eau :



-Numéro atomique (Z) : Z (H) = 1      Z(O) = 8

1. Rappeler la structure électronique des atomes H et O.
2. La molécule d'eau est-elle polaire ou apolaire ? Justifier.

1  
1

### Partie 2 : Expérience avec le sel de cuisine

Données :

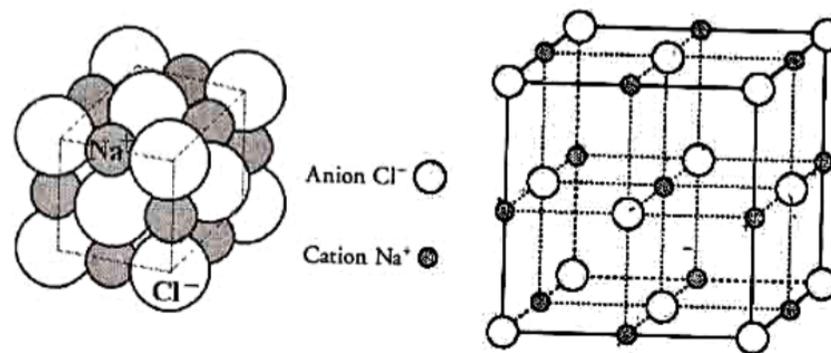
-Masses atomiques : m(Na) = 3,8175 x 10<sup>-26</sup> kg ; m(Cl) = 5,8871 x 10<sup>-26</sup> kg

-Formules et constantes :  $F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{G \cdot m_A \cdot m_B}{d_{AB}^2}$        $F_{C/D} = F_{D/C} = \frac{k \cdot |q_C \cdot q_D|}{d_{CD}^2}$

G = 6,674 x 10<sup>-11</sup> m<sup>3</sup>.kg.s<sup>-2</sup>      e = 1,60 x 10<sup>-19</sup> C      k = 9,0 x 10<sup>9</sup> N.m<sup>2</sup>.C<sup>-2</sup>

-Conversion : 1 pm = 10<sup>-9</sup> mm = 10<sup>-3</sup> nm = 10<sup>-12</sup> m

#### Document A.1 : Structure du cristal de chlorure de sodium



La distance entre un ion chlorure et un ion sodium dans le cristal NaCl est : d = 282 pm.

On dissout un peu de chlorure de sodium (sel de cuisine) dans l'eau.

1. Calculer la force d'interaction électrique entre un ion Na<sup>+</sup> et un ion Cl<sup>-</sup> dans le cristal NaCl. 1,5
2. Calculer la force d'interaction gravitationnelle entre un ion Na<sup>+</sup> et un ion Cl<sup>-</sup>. 1,5
3. Comment expliquer la cohésion du cristal ? 1
4. Expliquer en quelques mots ce qui se passe au cours de cette dissolution. 1

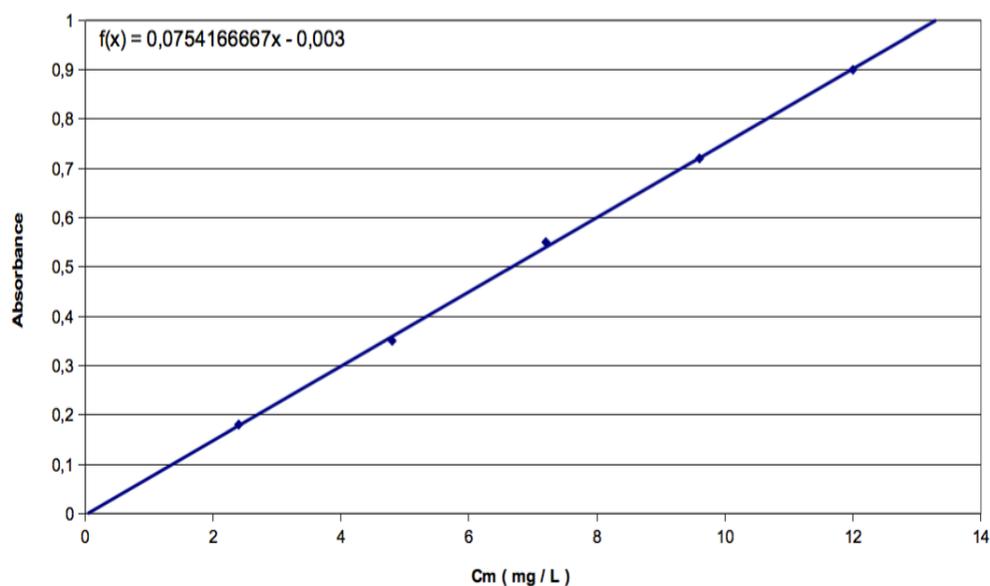
# ANNEXES

## Exercice I / Partie 2 : Fabrication de l'indigo

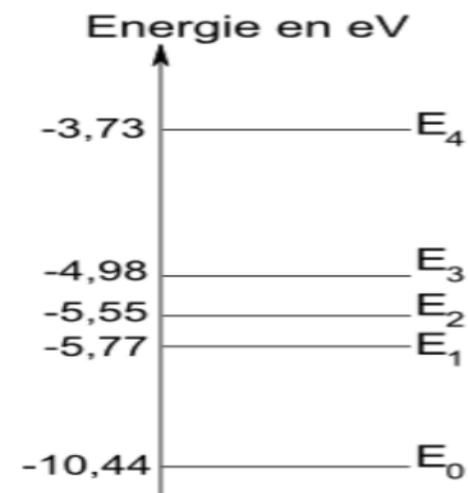
Équation de la réaction		$2 \text{C}_7\text{H}_5\text{O}_3\text{N(s)} + 2 \text{C}_3\text{H}_6\text{O(l)} + 2 \text{HO}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2_{(\text{s})} + 2 \text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2^-_{(\text{aq})} + 4 \text{H}_2\text{O(l)}$ (indigo)					
Etat du système	Avancement	Quantités de matière (mol)					
Initial	$x = 0$						
Intermédiaire	$x$						
	$x_{\text{max}}$						
Final							

## Exercice I / Partie 3 : Détermination du rendement de la réaction

Variation de l'absorbance en fonction de la concentration en bleu d'indigo



## Exercice II / Partie 1 : Les ultraviolets



## Exercice II / Partie 3 : molécules sensibles aux UV

Compléter la formule semi-développée ci-dessous pour former la molécule isomère E.

