

## Classe de TS<sub>1</sub>

### Devoir commun n°1

Durée 3heures et trente minutes

**L'usage des calculatrices est autorisé.**

- *Le sujet comporte un exercice de PHYSIQUE et deux exercices de CHIMIE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.*
- *Les pages annexes ( pages 9 et 10 ) sont à rendre avec la copie*
- *Les trois exercices, qui sont indépendants les uns des autres, doivent être traités.*

- **Exercice 1 : Autour de l'hélium ( 12 points )**

**Partie 1 : Découverte d'un nouvel élément ( 3 points )**

**Partie 2 : Belle, mais à quel prix !!! ( 4,5 points )**

**Partie 3 : Une lumière de haute qualité ( 4,5 points )**

- **Exercice 2 : Identification d'un acide (4 points)**
- **Exercice 3 : Oxydation du propan-2-ol ( 4 points )**

## Exercice 1 : Autour de l'hélium

L'exercice est constitué de trois parties totalement indépendantes.

### Partie 1 : Découverte d'un nouvel élément ( 3 points)

Lors de l'éclipse totale du Soleil du 18 août 1868, le français Pierre Janssen et le britannique Norman Lockyer ont analysé le spectre de la couronne solaire et ont remarqué qu'il présentait une raie brillante dans le jaune très proche de celle du sodium. N. Lockyer a émis l'hypothèse que cette raie était due à un nouvel élément qu'il baptisa hélium (du grec hélios qui signifie Soleil). Ce n'est que vingt-sept ans plus tard que cet élément chimique fut identifié sur Terre.

Données :

Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Constante de Planck :  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

Longueur d'onde de la raie D du sodium dans le vide :  $\lambda_{\text{Na}} = 589,0 \text{ nm}$ .

Longueur d'onde de la raie jaune de l'hélium dans le vide :  $\lambda_{\text{He}} = 587,6 \text{ nm}$ .

1.1. Illustrer, en s'aidant d'un schéma de niveaux d'énergie d'un atome, le phénomène d'émission d'un photon (quantum d'énergie lumineuse).

1.2. On note  $E$  l'énergie du photon émis lors d'une transition énergétique d'un atome.

Donner l'expression littérale de  $E$  en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation lumineuse émise dans le vide, de la constante de Planck  $h$  et de la célérité de la lumière dans le vide  $c$ .

1.3. Raie D du sodium

1.3.1. Calculer la valeur de  $E$  en électronvolts, pour le rayonnement correspondant à la raie D du sodium.

1.3.2. Déterminer, en s'aidant de la **figure 1 page Annexe** à quelle transition correspond cette émission.

1.4. L'énergie du photon correspondant à l'émission de la raie jaune de l'hélium (de longueur d'onde  $\lambda_{\text{He}}$ ) est égale à 2,110 eV. En s'aidant de la **figure 1 page Annexe**, justifier que cette émission ne peut pas être attribuée au sodium.

### Partie 2 : Belle, mais à quel prix !!! ( 4,5 points)

Les particules alpha (ou rayons alpha) sont une forme de rayonnement émis par des particules hautement ionisées et peu pénétrantes. Elles sont constituées de deux protons et deux neutrons combinés en une particule identique au noyau d'hélium. Elles peuvent donc s'écrire  ${}^4_2\text{He}$ .

Les particules alpha sont émises par des noyaux radioactifs comme l'uranium ou le radium par l'intermédiaire d'un processus nommé désintégration alpha. Ce processus laisse parfois le noyau dans un état excité. L'émission d'un rayon gamma permet au noyau d'évacuer cet excès d'énergie et de retourner à l'état fondamental



### 1932 : le radium à la mode

Un examen attentif des dépôts de marque réalisés entre 1927 et 1934 atteste de la "mode du radium" qui sévissait alors. Nous avons ainsi recensé une centaine de notices évoquant, de près ou de loin, cet élément radioactif.

Le Tho-Radia revendique haut et fort sa faible teneur en radium : "[...] la radioactivité du radium est pratiquement inépuisable. On a calculé qu'elle n'aurait diminué que de moitié au bout de seize siècles. C'est ce qui fait la différence fondamentale entre une préparation qui contient réellement du radium telle que la crème Tho-Radia [...] et les produits qui n'ont été soumis qu'à l'émanation du radium. L'activité de cette émanation disparaît en très peu de temps "

D'après "Revue d'histoire de la pharmacie",

### Étude de l'activité due au radium 226

Données :

Constante radioactive du radium 226 :  $\lambda = 1,35 \cdot 10^{-11} \text{ s}^{-1}$

Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Masse molaire atomique du radium :  $M = 226 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

1. Donner la composition d'un noyau de radium  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$
2. Le radium 226 est radioactif  $\alpha$ . Écrire l'équation de la réaction de désintégration qui conduit à la formation d'un noyau de radon Rn dans un état excité. Justifier en précisant les lois de conservation utilisées.

À la date  $t = 0$  de fabrication, cent grammes de crème Tho-Radia contenaient  $N_0 = 3,33 \cdot 10^{14}$  noyaux de radium.

3. Calculer la masse de radium 226 contenue initialement dans 100 g de crème. Citer la phrase du texte d'introduction illustrant ce résultat.
4. Donner l'expression de la loi de décroissance du nombre  $N$  de noyaux de radium 226 en fonction du temps.
5. Calculer le pourcentage de noyaux restants à la date  $t = 10$  ans. Pourquoi peut-on dire que l'activité due au radium 226 contenu dans la crème ne varie pratiquement pas pendant une période de dix ans ?
6. Justifier la phrase du texte introductif : « On a calculé qu'elle n'aurait diminué que de moitié au bout de seize siècles. »
7. A partir des connaissances actuelles sur l'effet des rayonnements, justifier les dangers de cette crème de beauté.

### Partie 3 : Une lumière de haute qualité ( 4,5 points)

Le laser hélium-néon est le premier laser à gaz qui ait été découvert. On doit à Ali Javan, William Bennett Jr. et Donald Herriott qui, en 1960, ont réussi aux Laboratoire Bell une émission continue avec ce laser sur 1, 15  $\mu\text{m}$

Les lasers hélium-néon étaient utilisés pour lire les codes barres. La lumière visible du laser hélium-néon et sa grande qualité spatiale font qu'il forme une bonne source pour l'holographie, une référence pour la spectroscopie et qu'il fait aussi partie des dispositifs étalons pour la définition du mètre.

L'avancée de la technologie permet à présent de fabriquer des lasers à diode peu coûteux. On les trouve dans les pointeurs optiques. Le faisceau, lorsqu'il est dirigé en direction d'un tableau, donne un point d'impact rouge très lumineux, de petites dimensions. Il permet à un conférencier, même lorsqu'il se trouve très loin du tableau, de pointer un endroit précis d'un document projeté.

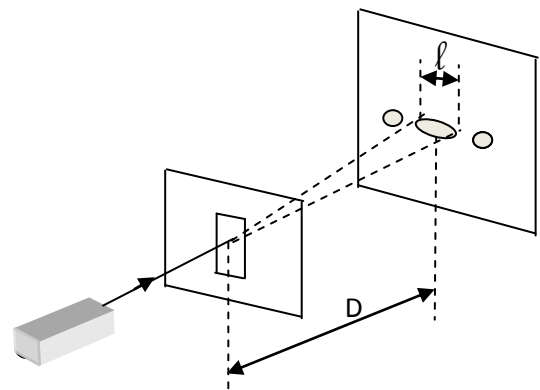
**Extrait de la notice technique d'un pointeur laser :**

**Diode émissive P = 5mW- rouge (  $\lambda_0$  comprise entre 660 et 680 nm) Portée supérieure à 100 m dans l'obscurité.**

**Diamètre du spot à la sortie : 2mm. Diamètre du spot à 6 m : 12 mm**

### Détermination expérimentale de la longueur d'onde $\lambda_0$ émise par le pointeur laser

On veut déterminer expérimentalement la valeur de la longueur d'onde  $\lambda_0$  de la lumière émise par le pointeur laser (donnée par la notice technique). On utilise le montage suivant : une fente verticale, de largeur  $a$  très petite, est placée sur le trajet du faisceau lumineux émis par le pointeur. Un écran est placé à une distance  $D$  de la fente



1. Quel est le nom du phénomène observé ? Que nous apprend-il sur la lumière ?
2. L'expérimentateur hésite entre deux expressions pour la largeur de la tache centrale :

$$l = \frac{2\lambda D}{a} \quad (\text{relation 1}) \quad \text{ou} \quad l = \frac{2aD}{\lambda} \quad (\text{relation 2})$$

Il décide de réaliser les trois expériences décrites dans le tableau suivant

	Source	Distance fente-écran	largeur de la fente	largeur de la tache centrale
Expérience 1	source de longueur d'onde $\lambda_1 = 543 \text{ nm}$	D	a	$l_1 = 3,2 \text{ cm}$
Expérience 2	source de longueur d'onde $\lambda_1 = 543 \text{ nm}$	D	$a_2 < a$	$l_2 > l_1$
Expérience 3	Pointeur optique de longueur d'onde $\lambda_0$	D	a	$l_0 = 4,0 \text{ cm}$

Montrer que ces expériences permettent d'éliminer une des relations.

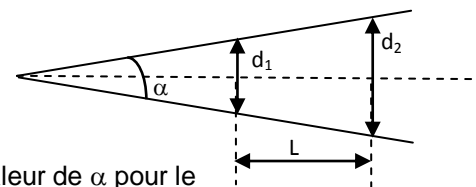
3. Etablir à l'aide de la relation retenue, l'expression de  $\frac{\ell_0}{\ell_1}$  en fonction de  $\lambda_1$  et  $\lambda_0$ . En déduire la valeur de  $\lambda_0$ .

Cette valeur est-elle en accord avec les indications de la notice?

### Comment utiliser le pointeur en toute sécurité ?

Depuis mars 1998, les pointeurs optique à lasers de classe 3 ne sont plu en vente libre car, dirigés de manière intempestive vers l'œil, ils peuvent provoquer de graves lésions oculaires.

On note  $d_1$  le diamètre du faisceau à la sortie du laser,  $d_2$  le diamètre du faisceau à une distance  $L$  et  $\alpha$  l'angle total de divergence du faisceau.



1. Montrer que  $\alpha = \frac{d_2 - d_1}{L}$ . ( pour les petits angles,  $\tan \alpha = \alpha$  ) Calculer la valeur de  $\alpha$  pour le pointeur étudié. ( $\alpha$  est calculé en radian)
2. On appelle *éclairage* la puissance lumineuse reçue par unité de surface. L'éclairage maximal  $E_{max}$  permis sur la cornée dépend de la longueur d'onde. Pour le pointeur étudié,  $E_{max} = 25 \text{ W.m}^{-2}$ . On peut calculer la distance minimale  $L_{min}$  à partir de laquelle le pointeur optique ne présente aucun danger par la relation

$$L_{min} = \frac{2}{\alpha} \sqrt{\frac{P}{\pi E_{max}}} - \frac{d_1}{\alpha}$$

P en W  
 E en  $\text{W.m}^{-2}$   
 $d_1$  en m

- 2.1 Montrer par une analyse dimensionnelle que cette relation est bien homogène (même unité pour chaque membre de l'égalité)
- 2.2 Calculer la distance minimale de sécurité pour le pointeur étudié.

### Exercice 2 : Identification d'un acide et dissociation.

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un professeur propose à ses élèves de déterminer la valeur du taux d'avancement final d'une transformation en effectuant une mesure pH-métrique et une mesure conductimétrique dans le but d'identifier un acide et d'étudier l'influence de la concentration de la solution sur la dissociation.

#### 1. Solution de départ


Une solution commerciale, notée  $S_0$ , d'un acide AH porte les indications suivantes :

Acide AH

$c_0 = 17,5 \text{ mol.L}^{-1}$

R36/R38 : Irritant pour la peau et les yeux

R37 : Irritant pour les voies respiratoires



Pour la suite, et tant qu'il n'aura pas été identifié, l'acide contenu dans la bouteille sera noté AH et sa base conjuguée  $A^-$ .

1. Quelles précautions doit-on prendre pour manipuler ce produit ?

## 2. Accès à la valeur du taux d'avancement final par une mesure pH-métrique

Dans une fiole jaugée de volume  $V = 500,0 \text{ mL}$ , partiellement remplie d'eau distillée, le professeur verse avec précautions  $1,00 \text{ mL}$  de la solution  $S_0$  d'acide  $AH$ , puis il complète jusqu'au trait de jauge. La solution obtenue est notée  $S_1$ .

- 2.1. Montrer que la valeur de  $c_1$ , concentration molaire en soluté apporté de la solution  $S_1$  vaut  $3,50 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .
- 2.2. On note  $x$  l'avancement de la réaction. Compléter les lignes 2, 3, 4 et 5 du tableau d'avancement donné en **annexe (à rendre avec la copie)** en fonction de  $c_1$ ,  $V$ ,  $x$ ,  $x_{\max}$  ou  $x_f$ .
- 2.3. Déterminer la valeur de l'avancement maximal de la réaction noté  $x_{\max}$  en considérant la transformation comme totale.

Les élèves, après avoir étalonné un pH-mètre, mesurent le pH de la solution  $S_1$  : ils obtiennent  $\text{pH}=3,1$ .

- 1.4. Montrer que la valeur de la concentration finale en ions oxonium  $[\text{H}_3\text{O}^+]_{1,f}$  vaut  $7,9 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ . En déduire la valeur de l'avancement final de la réaction noté  $x_{1f}$ .
- 1.5. La transformation associée à la réaction de l'acide  $AH$  sur l'eau est-elle totale ou limitée ? Justifier.
- 2.7. Donner la définition du taux d'avancement final d'une transformation chimique.
- 2.8. Calculer la valeur du taux d'avancement final  $\tau_1$ , de la transformation associée à la réaction de l'acide  $AH$  sur l'eau.

Sur leur énoncé de TP, les élèves ont à leur disposition quelques valeurs du taux d'avancement final de la réaction d'un acide sur l'eau pour des solutions de même concentration  $c_1$ .

Acide contenu dans la solution	Valeur du taux d'avancement final
Acide méthanoïque $\text{HCOOH}$	0,072
Acide éthanoïque $\text{CH}_3\text{COOH}$	0,023
Acide propanoïque $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	0,018

- 2.9. Identifier l'acide contenu dans la solution  $S_0$ .

## 3. Accès à la valeur du taux d'avancement final par une mesure conductimétrique

Dans la seconde partie de la séance, le professeur donne une solution aqueuse  $S_2$  de l'acide précédent à la concentration  $c_2 = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Les élèves procèdent à une mesure conductimétrique sur un volume  $V_2$  de cette solution : ils trouvent une conductivité de valeur  $\sigma_2 = 1,07 \times 10^{-2} \text{ S.m}^{-1}$ .

La réaction support de cette étude est toujours la réaction de l'acide  $AH$  sur l'eau écrite à la question 2.2.

On rappelle que la conductivité  $\sigma$  d'une solution s'exprime selon la loi :  $\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i]$  où  $[X_i]$  représente la concentration molaire d'une espèce ionique exprimée en  $\text{mol.m}^{-3}$  et  $\lambda_i$  la conductivité molaire ionique de cette espèce exprimée en  $\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1}$ .

On donne les valeurs des conductivités molaires ioniques des ions suivants

$$\lambda_{A^-} = 4,1 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{H_3O^+} = 35 \times 10^{-3} \text{ S.m}^2.\text{mol}^{-1}$$

- 3.1. Donner l'expression de la conductivité  $\sigma_2$  en fonction des concentrations molaires ioniques  $[H_3O^+]_{2,f}$  et  $[A^-]_{2,f}$

On négligera la contribution des ions hydroxyde  $[HO^-]$

- 3.2. En déduire l'expression de  $\sigma_2$  en fonction de la concentration finale en ions oxonium  $[H_3O^+]_{2,f}$  dans la solution  $S_2$  et des conductivités molaires ioniques  $\lambda_{A^-}$  et  $\lambda_{H_3O^+}$ .
- 3.3. Calculer la valeur de la concentration finale exprimée en  $\text{mol.L}^{-1}$  en ions oxonium  $[H_3O^+]_{2,f}$  dans la solution  $S_2$ .

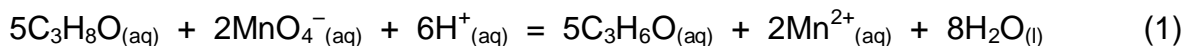
On admet que le taux d'avancement final  $\tau_2$  de la transformation étudiée est donné par l'expression suivante :

$$\tau_2 = \frac{[H_3O^+]_{2,f}}{C_2}$$

- 3.4. Calculer la valeur du taux d'avancement final  $\tau_2$  pour la transformation chimique entre l'acide AH et l'eau à la concentration  $c_2$ .
- 3.5. La valeur de  $\tau_2$  est-elle égale ou différente de celle de  $\tau_1$ , calculée à la question 2.8. ? Conclure sur l'influence de la concentration sur la dissociation d'un acide.

### Exercice 3 : Oxydation du propan-2-ol

Dans cet exercice, on étudie l'évolution temporelle de la réaction d'oxydation du propan-2-ol par les ions permanganate. Cette réaction aboutit lentement à la formation de la propanone. L'équation (1) associée à la réaction s'écrit :



La transformation associée sera considérée comme totale.

#### Préparation du mélange réactionnel

On introduit dans un erlenmeyer 50,0 mL d'une solution de permanganate de potassium de concentration  $c_0 = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$  et 50,0 mL d'une solution d'acide sulfurique en excès.

On place l'erlenmeyer sous agitation magnétique.

À l'instant  $t = 0$ , on ajoute 1,0 mL de propan-2-ol au contenu de l'erlenmeyer.

#### Étude de l'évolution de l'avancement :

Afin de représenter la courbe qui traduit l'évolution de l'avancement  $x$  de la réaction au cours du temps, on prélève à l'instant  $t$ , un volume  $V = 10,0 \text{ mL}$  du mélange réactionnel que l'on verse dans un bécher contenant 40 mL d'eau glacée.

On titre ensuite les ions permanganate contenus dans le bécher par une solution de sulfate de fer II de concentration  $c' = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ . Le volume équivalent  $V'_E$  obtenu permet ensuite d'en déduire l'avancement  $x$  de la réaction d'oxydation de l'alcool à l'instant  $t$ .

On renouvelle l'opération à différents instants et on trace la courbe donnée en **annexe**.

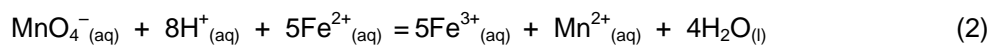
Données :

- Propan-2-ol :  
Masse volumique :  $\rho = 0,785 \text{ g.mL}^{-1}$  ;  
Masse molaire :  $M = 60,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;
- Couples oxydant/réducteur qui interviennent :  
 $\text{Fe}^{3+}_{(aq)}/\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$  ;  $\text{MnO}_4^-_{(aq)}/\text{Mn}^{2+}_{(aq)}$   
 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{(aq)}/\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{(aq)}$ .
- On rappelle que l'ion permanganate  $\text{MnO}_4^-$  a une coloration violette en solution aqueuse. L'ion manganèse  $\text{Mn}^{2+}$  est incolore.

### 1. Étude de la réaction support de titrage (réaction 2).

1.1. Pourquoi a-t-on introduit chaque prélèvement dans 40,0 mL d'eau glacée ?

1.2. Montrer que l'équation (2) support de titrage est :



1.3. Définir l'équivalence du titrage. Comment repère-t-on l'équivalence ?

1.4. Exprimer la quantité  $n_{\text{prél}}(\text{MnO}_4^-)$  d'ions permanganate dans le prélèvement à l'instant  $t$  en fonction de  $c'$  et  $V'_E$ . (vous pourrez vous aider d'un tableau d'avancement)

### 2. Étude de la réaction principale (réaction 1).

On peut considérer que la quantité  $n$  d'ions permanganate à l'instant  $t$  dans le mélange réactionnel est :

$$n_t(\text{MnO}_4^-) = 10x \cdot n_{\text{prél}}(\text{MnO}_4^-)$$

2.1. Exprimer puis calculer les quantités initiales d'ions permanganate et de propan-2-ol dans le mélange réactionnel que l'on notera respectivement  $n_0(\text{MnO}_4^-)$  et  $n_0(\text{prop})$

2.2. Compléter, avec des expressions littérales, le tableau d'avancement de la transformation associée à la réaction 1 fourni **en annexe à rendre avec la copie**.

2.3. Calculer l'avancement maximal de la réaction. Quel est le réactif limitant ?

2.4. Exprimer l'avancement  $x$  de la réaction en fonction de  $n_0(\text{MnO}_4^-)$ ,  $c'$  et  $V'_E$ .

### 3. Temps de demi-réaction.

3.1. Définir, à l'aide d'une phrase, le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ .

3.2. La courbe représentant l'évolution de l'avancement de la réaction 1 en fonction du temps est donnée **en annexe à rendre avec la copie**.

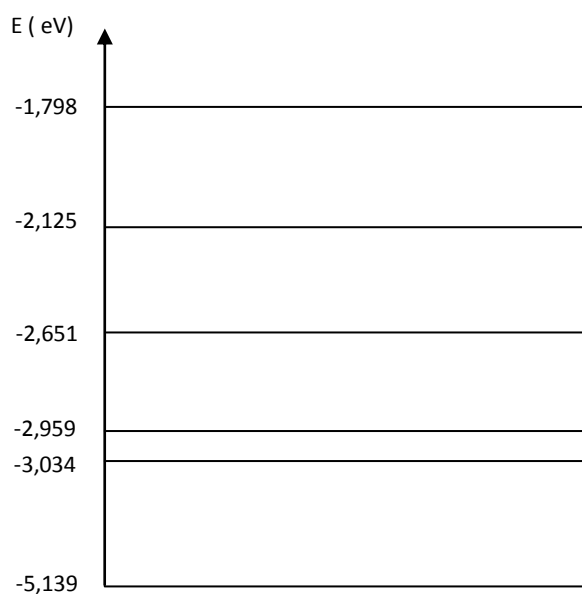
Déterminer  $t_{1/2}$ .

## Feuille Annexe

Nom :
Prénom

### Autour de L'hélium

#### Niveaux d'énergies du sodium



### Identification d'un acide

Ligne 1	équation de la réaction	$AH(aq) + H_2O(l) = A^- + H_3O^+$			
	État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (en mol)		
Ligne 2	État initial	0			
Ligne 3	En cours de transformation	x			
Ligne 4	État final	$x_f$			
Ligne 5	État maximal	$x_{max}$			

### Oxydation du propan-2-ol

Équation de la réaction		$5\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_{(\text{aq})} + 2\text{MnO}_4^-_{(\text{aq})} + 6\text{H}^+_{(\text{aq})} = 5\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{(\text{aq})} + 2\text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})} + 8\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$					
États du système	Avancement $x$ (mol)	Quantités de matière					
État initial	$x = 0$	$n_1$	$n_0$	Excès			Solvant
État intermédiaire	$x$			Excès			Solvant
État final	$x_{\text{max}}$			Excès			Solvant

Evolution de l'avancement de la réaction 1 en fonction du temps

